



VANDPLANLÆGNING:

Økonomisk analysegrundlag for vandområdeplaner

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 155

2019



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

[Tom side]

VANDPLANLÆGNING:

Økonomisk analysegrundlag for vandområdeplaner

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 155

2019

Line Block Hansen¹

Maria Konrad¹

Berit Hasler¹

Brian H. Jacobsen²

Jens Erik Ørum²

¹ Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab

² Københavns Universitet, Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Serietitel og nummer:	Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 155
Titel:	Vandplanlægning: Økonomisk analysegrundlag for vandområdeplaner
Forfattere:	Line Block Hansen ¹ , Maria Konrad ¹ , Berit Hasler ¹ , Brian H. Jacobsen ² , Jens Erik Ørum ²
Institutioner:	¹ Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab (ENVS) ² Københavns Universitet, Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi (IFRO)
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	http://dce.au.dk
Udgivelsesår:	Oktober 2019
Redaktion afsluttet:	September 2019
Faglig kommentering:	Louise Martinsen, Aarhus universitet, Institut for Miljøvidenskab. Mette Termansen, Københavns Universitet, Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi.
Kvalitetssikring, DCE:	Signe Jung-Madsen, DCE
Sproglig kvalitetssikring:	Ann-Katrine Holme Christoffersen, Aarhus universitet, Institut for Miljøvidenskab
Finansiell støtte:	Miljø og Fødevareministeriets ydelsesaftale vedr. Ressource- og samfundsøkonomi, aftaleår 2018 og 2019.
Bedes citeret:	Hansen, L.B., Konrad, M., Hasler, B., Jacobsen, B.H. & Ørum J.E. 2019. Vandplanlægning: Økonomisk analysegrundlag for vandområdeplaner. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 71 s. - Teknisk rapport nr. 155 http://dce2.au.dk/pub/TR155.pdf
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Rapporten sammenstiller tre økonomiske modeller: TargetEconN, SMART og Norsminde, der er udviklet på hhv. Aarhus Universitet og Københavns Universitet, til analyse af de økonomiske konsekvenser af det udskudte indsatsbehov i vandområdeplanerne 2021-27 (VP3). Datagrundlag og forudsætninger i modellerne sammenlignes. De tre modeller anvendes i et efterfølgende projekt vedr. følsomhedsanalyser for omkostningseffektiv implementering af indsatsbehovet i vandområdeplanerne, og dokumentationen af datagrundlag og forudsætninger danner grundlaget for at forstå forskelle i resultaterne mellem modellerne.
Emneord:	Vandrammedirektivet, vandområdeplaner, TargetEconN, SMART, Norsminde, omkostningseffektivitet, økonomiske modeller.
Layout:	Ann-Katrine Holme Christoffersen
Foto forside:	COLOURBOX26735051 (www.colourbox.dk)
ISBN:	978-87-7156-439-6
ISSN (elektronisk):	2244-999X
Sideantal:	71
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som http://dce2.au.dk/pub/TR155.pdf

Indhold

Sammenfatning	5
1 Indledning/baggrund	6
2 De tre modeller TargetEconN, SMART og Norsminde	8
2.1 TargetEconN (AU-DCE)	8
2.2 SMART-modellen (KU-IFRO)	12
2.3 Norsminde-modellen (KU-IFRO/AU-AGRO)	15
2.4 Opsamling af modelgrundlag	17
3 Virkemidler anvendt i de tre modeller	20
3.1 Omkostningsestimater for virkemidler	20
3.2 Effektestimater for udvaskning	24
3.3 Potentialeberegninger	27
4 Retention	34
5 Håndtering af Fødevarer- og landbrugspakken i de tre modeller	35
5.1 Dækningsbidrag	35
5.2 Udvasningssestimater	36
5.3 Markkort	37
6 Udgangspunkt for N-udvaskning i 2021 og den udskudte indsats	38
6.1 TargetEconN	38
6.2 SMART	38
6.3 Norsminde	38
7 Videreudvikling af modelgrundlag	40
7.1 Grundvand	40
7.2 Fosfor	40
7.3 Spildevand	42
8 Opsamling	44
Referencer	47
Bilag A: Afgrødegruppering anvendt i TargetEconN	51
Bilag B: Afgrødeaggregering i TargetEconN	53
Bilag C: Afgrødeinddeling for dækningsbidrag anvendt i TargetEconN	60
Bilag D: Udvasningssestimater anvendt i TargetEconN	63
Bilag E: Udpegningskort for minivådområder og vådområder	67
Bilag F: ID15-oplande i Danmark og i TargetEconN	69
Bilag G: Virkemidler: Effekt på udvaskning og omkostninger i SMART	70
Bilag H: Sædskifter og N-udvaskning i Norsminde-modellen	71

[Tom side]

Sammenfatning

I nærværende rapport opstilles og dokumenteres tre eksisterende økonomiske modeller til analyse af de økonomiske konsekvenser som følge af indsatser til reduktion af næringsstofftilførslen (dog afgrænset til kvælstof på nuværende tidspunkt) til kystvande. Modellerne er rumlige oplandsmodeller, der er egnede til at undersøge, hvordan forskellige valg med hensyn til forudsætninger om geografisk skala, anvendte virkemidler mv. påvirker omkostninger og effekter. De valg der er foretaget i modellerne og de foretagne opdateringer af modellerne beskrives. Opdateringerne er foretaget for at kunne analysere på indsatsbehovet i forbindelse med vandområdeplanerne 2021-2027 (VP3), som forventes at foreligge ultimo 2020. Der redegøres endvidere for, hvordan modellerne kan udvikles til også at analysere på reduktion af tilførslen af kvælstof til grundvand samt reduktion af tilførslen af fosfor til søer og kystvande. Modellerne der dokumenteres er TargetEconN (AU-DCE), SMART (KU-IFRO) og Norsminde-modellen (KU-IFRO/AU-AGRO).

I henhold til vandrammedirektivet, skal der opnås god tilstand i overfladevand og grundvand. Vandområdeplanernes indsatsprogram 2021-2027 skal her sikre en gennemførelsen af vandrammedirektivet. I den forbindelse ønskes opstillet et samlet økonomisk analysegrundlag for, hvordan forskellige forudsætninger i vandplanlægningen påvirker omkostninger, samt den geografiske fordeling af disse. Hensigten med at opstille og dokumentere tre modeller er, at der derved opnås et bedre grundlag for den økonomiske analyse. Den variation og heterogenitet, der er modellerne imellem, kan bidrage til at belyse konsekvenserne af at anvende forskellige aggregeringsniveauer og antagelser i modellerne, samt den usikkerhed/de konsekvenser, der er ved at anvende hhv. et højt eller et lavt detaljeringsniveau.

De tre modeller adskiller sig ved at operere på forskellig skala, dog med et fælles mål om at optimere valg af virkemidler på kystvandoplandsniveau. Beslutningsenheden i TargetEconN er den enkelte mark, i Norsminde-modellen er det den enkelte bedrift, og i SMART er beslutningsenheden det enkelte opland. Denne forskel i skala har betydning for, hvordan data håndteres i modellerne, også selv om der er gjort en stor indsats for at anvende de samme data. Data omfatter bl.a. de geografiske opgørelser af potentialer og effekter, der også anvendes af Miljø- og Fødevareministeriet i andre sammenhænge i arbejdet med vandområdeplanerne. Ved at ensrette inputdata, så vidt det er muligt, kan forskelle i modelresultater tilskrives forskelle i modelleringsforudsætninger. Hermed bidrager sammenligningen til en bedre forståelse af resultaterne fra de forskellige modeller.

Nærværende rapport indeholder udelukkende en dokumentation af de tre modeller. Analyserne af de tre modellers forskelligheder i forhold til den omkostningseffektive løsning af VP3 afrapporteres i et kommende projekt, der har til formål at udføre følsomhedsberegninger med modellerne baseret på detaljerede analyser af de specifikke modeloutput. Nærværende rapport, hvor fokus er en gennemgang af modellernes optimeringsrutiner, detaljeringsgrad og inputdata, samt datahåndtering, danner dermed grundlaget for de kommende analyser.

1. Indledning/baggrund

I henhold til vandrammedirektivet skal der opnås god tilstand i overfladevand og grundvand, senest i 2027. I forbindelse med tredje planperiode (vandområdeplanerne 2021-2027) for gennemførelsen af vandrammedirektivet har Miljø- og Fødevareministeriet ønsket, at der udføres økonomiske analyser af, hvordan forskellige forudsætninger i vandplanlægningen påvirker omkostninger samt den geografiske fordeling heraf. Rapporten er udarbejdet som en del af ydelsesaftalen om forskningsbaseret myndighedsbetjening mellem Miljø- og Fødevareministeriet og Københavns Universitet/IFRO, under Samfundsøkonomikontrakten, ved konsortiet Københavns Universitet/IFRO og Aarhus Universitet/DCE.

Formålet med det arbejde, der dokumenteres i denne rapport er, at videreudvikle og sammenligne eksisterende økonomiske modeller, således at de kan anvendes i forbindelse med økonomiske analyser til vandområdeplanerne 2021-2027 (herefter benævnt VP3). Tre forskellige modeller er videreudviklet, og beskrives og sammenlignes i denne rapport: TargetEconN (Konrad et al., 2014; Hasler et al., 2015, Hasler et al. 2019) (AU-DCE), SMART-modellen (Jacobsen, 2012; Jacobsen, 2016; Hansen og Jacobsen, 2016) (KU-IFRO) og Norsminde-modellen (Ørum et al., 2017) (KU-IFRO/AU-AGRO).

Der er i alle tre modeller fokus på reduktion af kvælstofudledning til kystvandoplande. Formålet med arbejdet har været at opdatere de eksisterende modeller til at kunne udføre en økonomisk analyse af omkostningerne, når et VP3-indsatsbehov foreligger. Modellerne giver en omkostningseffektiv valg af virkemidler og lokalitet i forhold til indsatskrav omfattende kvælstof til kystvandoplande, og udbygges i takt med at der etableres data til at indarbejde indsatskrav til grundvand, samt reduktion af fosforudledning til søerne i modellerne. Herudover undersøges datagrundlag for om muligt at inddrage øget spildevandsrensning som virkemiddel til reduktion af kvælstof- og fosfor til kystvandoplande og søer.

Modellernes optimeringsrutiner, inputdata og datahåndtering beskrives og sammenlignes. Modellerne har forskellig detaljeringsgrad for modellering af bedriftsadfærd og tilpasningsmuligheder, geografisk placering af potentialer og virkemidler, samt beregning af effekter og omkostninger af valgte virkemidler.

I sammenligningen af modellerne og deres forudsætninger lægges specifikt vægt på de forskelle og ligheder, der er mellem modellerne. I sammenligningen anvendes derfor den variation, der er på tværs af modellerne, til at belyse betydningen af forskellige detaljeringsgrader, herunder konsekvenser og usikkerheder forbundet med at anvende henholdsvis aggregerede data og data med et højt detaljeringsniveau.

Ved så vidt muligt at koordinere forudsætninger og datainput på tværs af modellerne, er det muligt at undersøge, hvad der betinger de enkelte modelresultater. Ligeledes er det muligt at udføre de samme følsomhedsanalyser med de tre modeller. Som eksempel kan det geografiske detaljeringsniveau for modelleringen mere specifikt analyseres i alle tre modeller ved at se på, hvorfor omkostningseffektiviteten adskiller sig fra hinanden i forskellige ID15-deloplande, og hvordan det kan tolkes i forhold til anvendte estimer,

data og modelspecifikationer. Derudover er det relevant at sammenligne, hvordan fordelingen af virkemidler er i forskellige ID15-oplande. Der skabes hermed et fundament for analyser af omkostninger ved et fremtidigt indsatsbehov i tredje planperiode frem mod 2027.

Modellerne anvendes i et efterfølgende projekt til følsomhedsanalyser af, hvad større eller mindre ændringer i modelforudsætningerne betyder for de beregnede omkostninger og omkostningseffektivitet.

Kapitel 2 beskriver inputdata, optimeringsrutiner og detaljeringsgrad for hver af de tre modeller. De inputdata, der beskrives, er data i forhold til afgrødedetaljering, dækningsbidrag og udvaskningsestimater. Modellerne beskrives hver for sig med TargetEconN først, så SMART og til sidst Norsminde-modellen. I kapitel 3 beskrives datagrundlag og forudsætninger i forhold til implementering af virkemidlerne i modellerne. De datalag der beskrives er virkemiddeleffekter, anvendte potentialeopgørelser og virkemiddelomkostninger. I forbindelse med potentialeopgørelserne for hvert virkemiddel, beskrives ligeledes hvordan der tages højde for eksisterende lovgivning, som har betydning for hvilke arealer, der antages at være til rådighed i 2021 til implementering af VP3. I kapitel 4 beskrives datagrundlaget for kvælstofretention. Kapitel 5 beskriver, hvordan der i modelopsætning og datalag for hver af de tre modeller tages højde for implementeringen af Fødevarer- og landbrugspakken. Specifikt diskuteres anvendelse af data i forhold til virkemiddeleffekter, potentialer og dækningsbidrag. I kapitel 6 specificeres det, hvilket udgangspunkt for N-udvaskning i 2021), i hver af de tre, og hvilke konsekvenser det kan have for den omkostningseffektive løsning af VP3. Her henvises til N-udvaskningen efter implementering af Vandplan 2 (VP2, vandområdeplan 2015-2021 (<https://mst.dk> > vandomraadeplaner-2015-2021 (24.09.2019))). Mulighederne for placering af virkemidler omkostningseffektivt i forhold til indsatskrav for kvælstof til grundvand og i forhold til udledning af fosfor til søer i modellerne, samt implementering af øget spildevandsrensning som kvælstof- og fosforvirkemiddel, beskrives i kapitel 7. Beskrivelsen indeholder modeltekniske overvejelser over indarbejdelsen i modellerne, samt specifikation af databehov- og datatilgængelighed. Kapitel 8 opsummerer hovedpunkterne af modelgennemgangen. Der lægges vægt på hvilke forskelle og ligheder, der er mellem de tre modeller, og hvilke konsekvenser det kan have for den omkostningseffektive løsning.

2. De tre modeller TargetEconN, SMART og Norsminde

I dette afsnit beskrives inputdata, optimeringsrutiner og detaljeringsgrad (skala) for hver af de tre modeller. De inputdata, der beskrives, er data i forhold til afgrødedetaljering, dækningsbidrag og udvaskningsestimater.

2.1 TargetEconN (AU-DCE)

TargetEconN er en geografisk-rumlig model, der bygger på data for markstrukturen for hele Danmark. Modellen kan anvendes til at beregne omkostningseffektiv opfyldelse af indsatskravene på kvælstof fastsat i vandområdeplanerne, samt bestemme omfang og placeringer af virkemidler på markniveau. Modellen kan anvendes til at beregne effekten af målrettet regulering, men også mere generel implementering af virkemidler. Modellen kan anvendes til at beregne de totale omkostninger ved opfyldelse af indsatskrav, samt de marginale omkostninger ved optimal implementering af forskellige virkemidler. Modellen opsættes til at optimere på flere miljømål, herunder reduktion af fosforudledning til søer og reduktion af kvælstofudledning til grundvand, når data er tilstede herfor. Tidligere versioner af modellen er sat op for Odense opland (Konrad et al., 2014) og Limfjordens opland (Hasler et al., 2015, Konrad et al., 2017; Hasler et al., 2019). TargetEconN-modellen i Hasler et al. (2015) blev anvendt i De Økonomiske Råd (2015) og den samme version af modellen er anvendt i Hasler et al. (2019) til at teste, hvordan den omkostningseffektive placering af virkemidler påvirkes af usikkerhed på retentionsforudsætningerne i modellen. Konrad et al. (2017) anvendte modelgrundlaget fra Konrad et al. (2014) i Limfjordsoplandet, og videreudviklede modelkonceptet til at kunne optimere på flere miljømål samtidig (kvælstofreduktion og reduktion af klimaeffekt). Modellen er i Konrad et al. (2017) opsat på Limfjordsoplandet og modelgrundlaget er også anvendt til kortlægning og analyse af synergier og trade-offs i forhold til hvordan flere økosystemtjenester påvirkes af den geografiske placering af udtagning af landbrugsjord fra om-drift (MAES-DK) (Termansen et al., 2017).

TargetEconN er efter den her beskrevne opdatering egnet til analyse af konsekvenserne på national skala, såvel som analyse på deloplands- og ID15-niveau. Modellen er programmeret og afvikles med det matematiske optimeringsprogram GAMS (General Algebraic Mathematical System), med optimering af geografisk placering af virkemidler ud fra viden om udvaskning fra eksisterende afgrødefordeling, omkostninger, virkemiddeleffekter og potentiale, samt N-retention.

2.1.1 Optimeringen i TargetEconN

TargetEconN-modellen minimerer omkostningerne ved at opfylde et miljømål. Optimeringsrutinen medfører, at modellen er egnet til at beregne optimal målrettet og differentieret placering af virkemidler under hensyn til forskelle i både omkostninger, potentialer og effekter mellem marker, ID15-oplande og større deloplande. Modellen foreskriver, hvor virkemidlerne geografisk bør placeres for at opnå den mest omkostningseffektive løsning.

Optimeringsproblemet beskrives som minimering af de samlede omkostninger, C :

$$\min_{x_{ik}} C = \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K COST_{ik}(x_{ik}), \quad (2.1)$$

hvor $x_{ik} \in \{0,1\}$.

De samlede omkostninger er udtrykt som summen af omkostningerne, $COST_{ik}$, ved at implementere virkemidler på markniveau. k repræsenterer virkemidlerne, $k \in \{1, 2, \dots, K\}$ og i repræsenterer markerne. Kontrolvariablen x_{ik} er binær og repræsenterer valget af virkemiddel k på mark i , $i \in \{1, 2, \dots, I\}$.

$$\sum_{k=1}^K x_{ik} \leq 1 \quad \forall i \in I. \quad (2.2)$$

Bibetingelsen i (2.2) beskriver, at der kun kan placeres ét virkemiddel med én given arealstørrelse per mark. Implementeringen svarer til det fulde potentiale for det givne virkemiddel på den givne mark. Årsagen til at det forudsættes, at der ikke kan implementeres mere end et virkemiddel per mark, er at en del virkemidler ikke kan implementeres samtidigt på samme areal (fx kan udtagning af landbrugsjord fra omdrift og reduceret kvælstofgødsning ikke implementeres samtidig på samme areal). Nogle virkemidler kan i realiteten dog godt implementeres på samme areal (fx efterafgrøder og reduceret kvælstofgødsning), men den samlede effekt på kvælstoftabet af flere virkemidler på et areal er ikke helt klar, og derfor antages der her, at samtidig implementering af flere tiltag på samme areal ikke er mulig.

Løsningen er begrænset af, at reduktionen af kvælstoftilførslen til et vandområde skal være lig med eller større end parameteren T_V (3.3), hvor T_V er indsatskravet (målsætningen) for den samlede reduktion af kvælstoftilførslen til vandområdet V fra markerne $i \in I_V$, hvor I_V er mængden af marker inden for vandområdet:

$$\sum_{i \in I_V} \left((1 - RET_s) \sum_{k \in ks} E_{ik} POT_{ik} x_{ik} + (1 - RET_{Total}) \sum_{k \in kt} E_{ik} POT_{ik} x_{ik} \right) \geq T_V \quad (2.3)$$

Effekten af virkemidlet k ved rodzonen for mark i , er beskrevet i kg N per hektar (ha), repræsenteret med parameteren E_{ik} . Hvert virkemiddel har et begrænset potentiale i hektar per mark, repræsenteret ved parameteren POT_{ik} .

I modellen er hver mark i et ID15-opland karakteriseret ved den grundvands- og overfladevands- kvælstofretention, som er specifik for oplandet (Højberg et al., 2015, se også kapitel 5). Grundvands- og overfladevandsretentionen er for de fleste virkemidler samlet i én parameter for totalretentionen: RET_{Total} . For virkemidlerne randzoner og vådområder/minivådområder er det antaget, at de er placeret så tæt på overfladevand, at der kan ses bort fra grundvandsretention. I praksis kan der være en lav grundvandsretention under randzoner. For spildevandsanlæg vil der ikke være en grundvandsretention, idet spildevandet ledes direkte til nærmeste overfladevand. Dermed regnes der kun med overfladevandsretentionen RET_s for disse virkemidler. ks er gruppen af virkemidler der kun reduceres i effekt af overfladevandsretentionen (randzoner og vådområder/minivådområder, spildevandsanlæg), medens kt er de resterende virkemidler, der reduceres i effekt af totalretentionen. Med hensyn til lavbundsarealer differentieres der ikke i forhold til retention (se dog differentiering i forhold til effekt i rodzonen, tabel 1).

Retentionsmodelleringen i modellen er forenklet i forhold til virkeligheden, når det gælder vådområder. For både minivådområder og vådområder vil

kvælstoftilbageholdelsen (retentionen) ændres ved implementering af et vådområde, dvs. at de virkemidler som implementeres i oplandet til fx minivådområdet og som påvirker kvælstoftilstrømningen fra oplandet vil ændre i effekten. I TargetEconN tages der ikke højde for denne synergi mellem placeringer af vådområder, hvilket betyder, at der er en risiko for at virkemiddel-effekten overvurderes.

Når datagrundlaget for fosfor er tilstede kan TargetEconN videreudvikles til at kunne håndtere flere miljømål i en samlet optimering. Dette betyder, at der tilføjes yderligere begrænsninger svarende til opfyldelsen af flere mål. I tillæg til målopfyldelse af indsatser til kystvandsoplande (3.3), skal målsætninger for kvælstof til grundvand, T_G , (3.4) og for fosfor til vandforekomster i fx søer, T_F , opfyldes (3.5).

For grundvand er der ikke fastsat indsatskrav, men ved indsatskrav på ID15-niveau kan modellen indarbejde grundvandsmålsætninger ved fx at opfylde mål for N-reduktion til rodzonen for at sikre grundvandskvaliteten i forhold til nitrat i grundvandet. For et ID15-område (hvor I_{ID15} betegner mængden af marker, der tilhører et bestemt ID15-område) gælder altså følgende:

$$\sum_{i \in I_{ID15}} \sum_k E_{ik} POT_{ik} x_{ik} \geq T_G \quad (2.4)$$

Den store forskel i forhold til overfladevand er, at målopfyldelsen sker i forhold til udvaskningen fra rodzonen på marken og ikke ved udledning af kvælstof til kysten. Det krav der stilles til målopfyldelse i rodzonen vil være korrigeret for den grundvandsretention, der er på den pågældende lokalitet.

Miljømålet om at begrænse fosfor opgøres i forhold til søer. Da der er forskning og udredning i gang, herunder et kommende virkemiddelkatalog for fosfor, vil der i den kommende tid foreligge resultater, der vil beskrive fosfor bedre ift. effekter af virkemidler, retention og transport til søerne, end vi kan nu. Enheden vil fortsat være opland til en given sø, men det kan være nødvendigt at introducere andre geografiske skalaer for opgørelse af belastningen af fosfor til søer end den, der anvendes for kvælstof. Dette kan først afgøres, når fosfordata er tilgængelige primo 2020. den nuværende modellering af fosfor i modellen er derfor utilstrækkelig på sigt da tabsvejene ikke kan modelleres, og de relevante virkemidler endnu ikke er beskrevet i tilstrækkelig grad.

Tabsvejene for fosfor adskiller sig således fra udvaskningen af kvælstof, og fosformodelleringen skal afspejle dette i modellen. Det handler især om at fosfor-effekten af arealanvendelses-virkemidler afhænger af mere markspecifikke forhold end for kvælstof, og tabsvejene kan også være forskellige fra kvælstof for en række virkemidler. Dette forhold gælder ikke for spildevand samt minivådområder, som udleder direkte til vandmiljøet. De samlede fosfortab modelleres som summen af reduktioner over de beskrevne tabsveje TV .

Dette kan specificeres i modellen ved at betegne de marker, der kan indgå i at mindske fosforbelastningen til den relevante vandforekomst, fx en sø. Data til modellering af tabsvejene for fosfor er endnu ikke tilgængelige men bliver det ultimo 2019/primo 2020, efter at et større fosforprojekt er afsluttet. Det er derfor ikke muligt på nuværende tidspunkt at beskrive de konkrete tabsveje.

2.1.2 Datalag i TargetEconN

Den grundlæggende beregningsenhed i TargetEconN er markniveau. I tabel 1 er detaljeringsgraden af data vedrørende afgrødefordeling, dækningsbidrag (fortrængt produktion) og udvaskningsestimer specificeret.

Tabel 1 Datalag i TargetEconN og detaljeringsgrad.

Afgrødefordeling	Markniveau, procentvis fordeling af afgrøder per mark, beregnet som et gennemsnit af afgrøderne for årrækken 2012-2016. Der arbejdes med 14 afgrødegrupper aggregeret ud fra 296 afgrøder indrapporteret via ansøgning om grundbetaling (se bilag A og B). Data kommer fra Basemap02 (Levin et al., 2017) og Miljø- og Fødevareministeriet (2012-2016).
Data for dyrkningsforhold, r	Data opgøres på markniveau Jordtype kort (JB kort baseret på Adhikari et al., 2015 og Gyldenkerne & Greve, 2015). Oplysning om økologisk dyrkning (kortlag baseret på Miljø og Fødevareministeriet, 2016a) (data er på markniveau). Gødet med husdyrgødning (data leveret af Hans Estrup Andersen, Bioscience, AU, baseret på viden om husdyrgødning på ejendomsniveau fra gødningsregnskaberne og viden om afgrødefordeling fra det Generelle Landbrugsregister) (data er på blokniveau). Opdelingen på høj- og lavbundsjord (data baseret på Larsen og Balslev Sørensen, 1996).
Dækningsbidrag, kr./ha	For hver af de 14 afgrødekategorier anvendes et dækningsbidrag differentieret mellem: økologisk og konventionelt dyrkede afgrøder, lerjord (JB 5-6) og sandjord (JB 1-4) samt dyrket ved anvendelse af mineralsk gødning eller med brug af husdyrgødning*. Omkostningen ved at implementere virkemidlet er forskellen i dækningsbidraget før og efter implementering. Der anvendes et gennemsnit for dækningsbidragene (Dækningsbidrag2, DB2) over årrækken 2013-2017. Data korrigeres med nettoprisindekset (jævnfør Finansministeriet, 2017 og Statistikbanken, PRIS115) til 2017-niveau. For afgrøderne kartofler, sædskiftegræs og majs anvendes dækningsbidraget for vandet sandjord på JB 1 og 3. For energiafgrøder (energipil) er dækningsbidraget differentieret mellem høj- og lavbundsjord for at afspejle forskelle i udbytte som følge af vandingsforhold (efter personlig meddelelse, Søren Ugilt Larsen, seniorspecialist, SEGES, 28.08.2018). Data kommer fra farmtalonline (SEGES, 2018).
Udvaskningsestimer p, kg N/ha	Udvaskningsestimerne er beregnet per afgrødekategori. Disse er leveret af Hans Estrup Andersen, Bioscience AU, og disse estimer svarer til de estimer der er anvendt i Miljø- og Fødevareministeriet, 2017) Udvaskningsestimerne per afgrødekategori linkes til de 14 afgrødekategorier i Basemap02 (se bilag D). Kvælstoftildelingen er baseret på data fra gødningsregnskaberne, samt data fra LOOP-oplandene. Udvaskningsestimerne er differentierede mellem: økologisk og konventionelt dyrkede afgrøder, lerjord (JB 5-10) og sandjord (JB 1-4), dyrket ved anvendelse af mineralsk gødning (< 0,8 DE/ha) eller med brug af husdyrgødning (>= 0,8 DE/ha)*, samt differentierede i forhold til om det er en afgrøde med/uden efterafgrøde. Effekten på lavbundsarealer antages at være halvdelen af effekten på lerjord (personlig kommunikation, Hans Estrup Andersen). Udvaskningseffekterne er baseret på NLES4 beregninger. Udvaskningsestimerne er beregnet som den gennemsnitlige udvaskning for årene 2011-2015, normaliseret med klimadata for 1990-2009.

Som det fremgår af tabel 1, anvendes en procentvis afgrødefordeling per mark over årrækken 2012-2016, som afspejler sædskiftet på marken for denne årrække. Dette er gjort for at sikre robuste estimer, således at det økonomiske resultat og effekten på udvaskningen ikke er afhængigt af et enkelt års afgrødevalg, men derimod afspejler et mere reelt sædskifte. Rækken af afgrøder der indgår i Basemap02 kan findes i bilag B. For at sikre robuste estimer er dækningsbidragene ligeledes beregnet som et gennemsnit over årrækken 2013-2017. Dermed er data for dækningsbidrag, afgrøderotation og udvaskning tidsmæssigt ikke i fuld overensstemmelse. Dette vurderes dog ikke have nogen afgørende betydning for resultaterne. Udvaskningsestimerne er estimeret som gennemsnit over årrækken 2011-2015, og de tager dermed ikke

højde for den ekstra anvendelse af kvælstof og eventuelle ændringer i udvaskningen, der i 2021 måtte være afstedkommet af bl.a. implementeringen af Fødevarer- og landbrugspakken (se kapitel 6).

Anvendelse af husdyrgødning er beregnet på markblokniveau af DCE og omregnet til antal dyreenheder per hektar areal, der modtager husdyrgødning. Fordelingen af husdyrgødning er baseret på viden om husdyrgødning på ejendomsniveau fra gødningsregnskaberne og viden om afgrødefordeling fra det Generelle Landbrugsregister. Herfra er anvendelsen af husdyrgødning fordelt ud på markblokniveau (på harmoniarealet på husdyrbrug, samt på planteavlsbedrifter, hvis disse har gødningsaftaler med husdyrbrug) (Personlig meddelelse, Hans Estrup Andersen, AU, 11.10.2018). Data er baseret på markkortet fra 2016 (Miljø- og Fødevarerministeriet 2010-2016).

Omkostninger ved at braklægge jord afspejles i modellen ved tabt dækningsbidrag. Disse er differentierede, som gengivet i tabel 1. Dermed er der en vis differentiering i forhold til regionale forhold. Men, der tages ikke hensyn specifikt til forskelle i jordpriser, der ud over bonitet også afspejler husdyrtætheden og evt. knaphed på jord til spredning af gødning. Aflønningen af jord (jordrenten) er ikke med i beregningen af dækningsbidragene. Efterspørgsel efter harmoniarealer til udspredding af husdyrgødning kan med andre ord påvirke jordprisen og denne påvirkning er ikke med i datagrundlaget og i modellen.

De estimater for effekter af virkemidler på udvaskningen, der anvendes i TargetEconN, er baseret på data for det indberettede gødningsforbrug i perioden 2011-2015. Hermed er et ændret gødningsforbrug, som følge af muligheden for at gøde mere i 2016 og i 2017 op til økonomisk optimum ikke medtaget, og det kan medføre at hele niveauet for udvaskning opgjort i 2021 undervurderes. Det evt. merforbrug i 2017 var endnu ikke kendt ved redaktionsgruppens afslutning. Det er muligt at udføre følsomhedsanalyser for evt. undervurdering af udvaskningsniveauerne ved at indarbejde forskellige forudsætninger for de anvendte udvaskningseffekter per afgrøde. Det kan også laves følsomhedsanalyse ved at indarbejde forskellige forudsætninger for fordelingen af husdyrgødningstildelingen og i begge tilfælde vurdere hvordan det påvirker omkostninger og udvaskning. Der kan ligeledes køres flere scenarier på størrelsen af den udskudte indsats til beregning af en totalomkostningskurve. Herved belyses de potentielle udsving i totalomkostningen ved at løse VP3-indsatsen under hensyntagen til usikkerhed i udvaskningsestimaterne.

2.2 SMART-modellen (KU-IFRO)

SMART-modellen giver en overordnet vurdering af omkostningerne ved at nå udvalgte indsatskrav i udvalgte oplande. I modellen indgår oplande som optimeringsenheden og der vælges således de virkemidler der billigst opfylder indsatskravet i et givet opland. Modellen er ikke geografisk-rumlig og arbejder således ikke med den geografiske placering af virkemidler, men arealet har i tidligere versioner været opdelt på fem retentionsklasser. Modellen afspejler således den situation, hvor der inden for et givet opland skal nås et mål og hvor enkelte lodsejere byder ind med en løsning uden at modellen geografisk konkret angiver hvor indsatsen sker. Modellen arbejder således i langt højere grad med de gennemsnitlige effekter af virkemidler i de enkelte områder og de gennemsnitlige omkostninger for de udvalgte virkemidler. Omkostningerne afspejler således mere de satser der foregår ved fx frivillige MVJ-ordninger end de tager udgangspunkt i det konkrete indkomsttab på en

given mark og et krav om hvordan den enkelte lodsejer skal agere. Modellen er i udgangspunktet rettet mod optimering af et miljømål, men kan justeres så flere mål indgår. Ofte vil dette ske via reduktion i potentialet af N-virkemidler eller ved at krav i forhold til andre miljømål (fx fosfor) indgår som obligatoriske virkemidler.

Fokus i modellen er alene på ændringer i udvaskning/udledning og ændringer i indtjening, hvorfor udvaskning, udledning og indtjening (sædskifte) i udgangspunktet ikke indgår i modellen. Datagrundlaget for modellen er således også noget mindre end fx TargetEconN da der ikke arbejdes med detaljeret geografisk placering af virkemidler. Potentialer for de enkelte virkemidler er de samme som de andre modeller, men de opgøres på oplandsniveau. Omkostningerne ved de enkelte virkemidler følger opgørelser i virkemiddelkataloget.

SMART-modellen har været brugt til nationale analyser. I tidligere versioner af modellen (Jacobsen, 2012) var indsatskravet opgjort på 23 hovedoplande. Virkemidlernes potentiale var fordelt på fem retentionsklasser for hvert hovedopland. Analysen viste således hvordan en placering af virkemidler efter retentionsklasser frem for gennemsnit øgede omkostningseffektiviteten. I en senere anvendelse (Jacobsen, 2016) var fokus indsatsbehovet på kystvandniveau (90). Her var effekten af virkemidlerne opgjort af DCA, Aarhus Universitet opgjort med udgangspunkt i retentionen opgjort på henholdsvis nationalt, hovedopland, kystvande eller ID15-niveau. Formålet med analysen var at foretage en national vurdering af omfanget af nødvendige virkemidler i de enkelte kystoplande, for at nå indsatskravet set i forhold til potentialet. SMART-modellen optimerer anvendelse af virkemidler i forhold til kvælstof, og den har ikke en geografisk interaktion på bedrifts- og markniveau, hvorfor det er vigtigt, at de anvendte potentialer for virkemidlernes anvendelse er opstillet på en måde, så virkemidlerne ikke overlapper. Det er således vigtigt med en kritisk vurdering af det samlede omfang af fx udtagning i modellen. Modellen afvikles som en regnearksmodel i Excel.

2.2.1 Optimeringen i SMART

Optimeringen sker i forhold til omkostningerne ved de enkelte virkemidler opgjort pr. kg N. Det vil sige, at virkemidlerne rangordnes for hver enkelt opland, og at de billigste vælges for hele det angivne potentiale i det givne opland, inden de næste virkemidler inddrages. Det er således vigtigt, at det valgte potentiale og omkostningsniveau nogenlunde rammer niveauet i oplandet. Der kan således i nogle tilfælde arbejdes med et maksimum for fx udtagning, da der ikke er en geografisk begrænsning for dette i modellen. Dette er med til at sikre, at flere virkemidler ikke placeres på det samme areal. Omvendt giver modellen ikke en mere præcis geografisk placering af det pågældende virkemiddel. Der indgår således mindre målretning end med de to øvrige modeller TargetEconN og Norsminde. Potentialerne og effekterne af de enkelte virkemidler er opgjort af Århus Universitet (AGRO). Det vurderes, at de opgjorte effekter foretaget af DCE til anvendelse i TargetEconN vil være på samme niveau da det er de samme modeller der anvendes (N-LES 4 og DK retentionskort). Effekterne for en del af virkemidlerne er opdelt på jordtype og husdyrintensitet.

Optimeringsproblemet beskrives som minimering af de samlede omkostninger, C :

$$\min_{x_{ik}} C = \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K COST_{ik}(x_{ik}), \quad (2.5.)$$

K repræsenterer her virkemidler og i er oplande.

Hvad angår indsatskravet (T) i opland i så skal summen af effekten af de udvalgte virkemidler være højere end indsatskravet for et givet opland.

$$\sum_{i \in I_V} \left((1 - RET_i) \sum_{ik} E_{ik} POT_{ik} x_{ik} + (1 - RET_{is}) \sum_{k \in ks} E_{ik} POT_{ik} x_{ik} \right) \geq T_i \quad (2.6)$$

POT angiver her potentialet for et givet virkemiddel (k) i opland (i). Andel af anvendelsen i oplandet er angivet med (x) der ligger mellem 0 og 1. Effekten (E) er opgjort i rodzonen og effekten korrigeres herefter for retentionen på den pågældende lokalitet. Retentionen (RET) varierer med oplandet. For nogle virkemidler (fx alm vådområder) vil retentionen (RET_{is}) typisk være lavere end gennemsnitsretentionen (RET_i). Effekten i rodzonen af et givet virkemiddel på en given lokalitet opgøres af Aarhus Universitet baseret på virkemiddelkataloget.

Da der ikke sker en planlægning på markniveau så er der ikke beregninger der styrer at virkemidlerne kun anvendes en gang på en given lokalitet. I stedet vurderes det ved gennemgang af resultater af det samlede anvendte areal til virkemidler set i forhold til det samlede areal for et givet opland. Dermed sikres, at det er muligt at implementere den beskrevne løsning.

For virkemidler koblet til øget spildevandsrensning så opgøres der for hvert opland et antal løsninger der reducerer kvælstoftabet. Disse løsninger vil være summen af de mulige udvidelser af spildevandsrensningen på flere lokaliteter som indgår i oversigten fra MST (se afsnit 7.3). Når der her arbejdes med grupper af løsninger er det fordi de geografisk er placeret på en anden måde end virkemidler på landbrugsarealerne. Ved at opstille en række løsninger for forbedret spildevandsrensning i hvert opland er det muligt at vurdere om disse løsninger er billigere end andre virkemidler.

Hvad angår etablering af yderligere bassiner for at reducere regnvandsbetings overløb, så indgår de også i det omfang, hvor løsningen vurderes som omkostningseffektiv i forhold til andre løsninger. Det kan også her være nødvendigt at kombinere flere indsats i samme opland (Jacobsen, 2016). Det vil i disse analyser af spildevand være relevant at arbejde med en givet værdi af reduceret fosfor, da modellen ikke selv beregner denne. Ved at værdisætte fosfor exogent, fås en realistisk vurdering af omkostning opgjort i kr. pr. kg N.

For grundvand kan et givet reduktionskrav opgøres som et krav til reduktion af N i rodzonen, men det kan også beregnes som en reduktion i potentialet for efterafgrøder i et givet opland. Der er ikke på nuværende tidspunkt opgørelser som muliggør at krav til grundvandet indgår.

Hvad angår fosfor så antages det, at krav til reduktioner i fosfortilførselen til udvalgte søer oversættes til krav omfattende reduktion i fosfortab fra landbrugsarealer som angivet ovenfor. Da der for fosfor er flere tabsveje ville dette aspekt skulle indgå i opgørelsen af indsatskravet. Det vil være muligt at indregne indsatsbehov i forhold til fosfor som en reduktion i potentialet for udvalgte virkemidler eller fx som et obligatorisk krav om et givet antal P-vådområder i et opland der indgår i løsningen. Modellen giver mulighed for at

beregne den samlede fosfor effekt af de N-virkemidler der indgår i løsningen på oplandsniveau.

2.2.2 Datalag i SMART

I den første version af modellen blev der arbejdet med 23 hovedvandsoplande. I den seneste version er beregningen foretaget på kystoplandsniveau (90 kystvandsoplande), og i dette projekt opdateres modellen til ID15-oplandsniveau.

I tabel 2 er detaljeringsgraden af data for afgrødefordeling, dækningsbidrag og virkemiddeleffekter specificeret.

Tabel 2 Datalag i SMART og detaljeringsgrad.

Afgrødefordeling	Afgrødefordeling i udgangspunktet indgår ikke i modellen, da denne er bygget op omkring omkostningerne per virkemiddel og effekterne per virkemiddel. Et givet virkemiddel har således samme effekt og omkostning hvis området har samme jordtype og husdyrintensitet.
Data for dyrkningsforhold	Jordtype fordeling indgår som gennemsnit for opland og anvendes ved fastsættelse af indtjeningstab pr. ha baseret på virkemiddelkataloget.
Dækningsbidrag per afgrøde, kr./ha	Der arbejdes med indkomsttab (Dækningsbidrag II) for de anvendte virkemidler og ved udtagning, tages der udgangspunkt i det gennemsnitlige indkomsttab for det pågældende opland. De anvendte omkostninger for fx efterafgrøder er baseret på nationale gennemsnit baseret på virkemiddelkataloget. (Eriksen et al., 2014). Der vil således ikke være variation i indkomsttab som følge af efterafgrøder inden for oplande i SMART-modellen. Omkostningerne per virkemiddel er nærmere beskrevet i kapitel 4. Opgørelsen af indtjeningstab er opgjort i forhold til jordtype som angivet i virkemiddelkataloget. Der er således lavere variation i indkomsttabet end i fx TargetEconN, da indtjeningen i udgangspunktet ikke indgår.
Udvaskningsestimater - Effekt af virkemidler, kg N/ha	Effekten af virkemidlerne er opgjort som kg N/ha og er beregnet af DCA og DCE i virkemiddelkataloget (Eriksen et al., 2014). De er således opgjort på ler- og sandjord og i relation til husdyrintensitet. Det vil sige, at effekten af for eksempel efterafgrøder er forskellig mellem hvert af ID15-oplandene, da jordtype og husdyrintensitet varierer. Derefter bestemmes effekten af det pågældende virkemiddel på den pågældende lokalitet ved at indregne retentionen opgjort på det ønskede niveau. Der anvendes den nationale retentionsopgørelse fra GEUS (Højbjerg et al., 2015). Der vil således ikke være variation i effekten af et givet virkemiddel i et givet opland i SMART-modellen da det er beregnet på et gennemsnit.

2.3 Norsminde-modellen (KU-IFRO/AU-AGRO)

Norsminde-modellen, bygger på en model udviklet i et samarbejdsprojekt mellem IFRO og AGRO, og er afprøvet på Norsminde Fjord-oplandet. Norsminde-modellen kan på et meget detaljeret niveau (mark, bedrift, delopland og opland) modellere effekten af målrettet regulering i et givent, afgrænset område; analyser for alle oplande vil imidlertid være meget ressourcekrævende da der kræves et indgående kendskab til marker og placering i forhold til placering af bl.a. minivådområder. I Norsminde-modellen er lokalt kendskab anvendt i forbindelse med udpegning af mulige kollektive virkemidler omfattende konkret lokalisering af minivådområder med eller uden matricer (Ørum et al. (2017).

2.3.1 Nye deloplande

I dette projekt afprøves modellen på andre deloplande end oplandet til Norsminde Fjord. Det er valgt at arbejde videre med andre oplande som adskiller sig fra Norsminde for at dække bredden i forskellige oplande. Der foretages derfor yderligere analyser for Skive Fjord+ (omfattende 12000071 Bjørnholms Bugt, Riisgårde Bredning, Skive Fjord og Lovns Bredning(157)), der er et

delopland til Limfjorden, Karrebæk Fjord (der omfatter 25000013 Karrebæk Fjord(35)), der er et opland på Sydvestsjælland, samt Vejle Fjord (der omfatter 111000057 Vejle Fjord (122, 123)), der er et opland i Østjylland.

Norsminde Fjord er et område med planteavl/svinebedrifter og et stort indsatsbehov, samt gode muligheder for brug af kollektive virkemidler. I modsætning hertil er Skive Fjord+ et område med kvæg og færre muligheder for kollektive vådområder, idet omfanget af dræning er mindre. Som anført ovenfor dækker beregninger ikke kun Skive Fjord, men også en række tilstødende deloplande, hvorfor det betegnes Skive Fjord+.

Karrebæk Fjord og Vejle Fjord adskiller sig fra de to foregående oplande ved omfang af nedbør samt variation i sædskifter og husdyrintensitet. I prioriteringen er der lagt vægt på, at oplandene er egnede til at adressere modellens usikkerheder, og at valget giver gode muligheder for sammenligning af resultater på tværs af de tre modeller.

2.3.2 Driftsøkonomisk adfærdsmodel i "Norsminde-modellen"

I Norsminde-modellen foretages valg af virkemidler ved hjælp af en driftsøkonomisk adfærdsmodel, hvor valget af virkemidler er styret af en såkaldt "skyggeafgift" på udledningen. Skyggeafgiften kan fortolkes som den marginale indtjening, landmanden går glip af ved at øge udnyttelsen af et givet virkemiddel svarende til 1 kg kvælstofudledning til kysten pr. hektar. Ved en økonomisk optimal kombination af virkemidler til at opnå et givet reduktionsmål i et opland som Norsminde Fjord vil denne marginalværdi, og dermed skyggeafgiften, være den samme for alle virkemidler og på alle bedrifter i oplandet. Det antages således, at bedrifterne, under forventning om en rimelig, men ikke adfærdsforstyrrende compensation, agerer økonomisk rationelt som om, der skulle betales afgift på den modelberegne udledning til oplandet.

Udtagning af jord samt etablering af vådområder og minivådområder besluttes ikke på den enkelte bedrift, men af oplandet eller staten. Kun virkemidler, der har en reduktionsomkostning for kvælstof udledt til kysten, der er lavere end den aktuelle afgift, tages i anvendelse. Det samme gælder for oplandets udtagning af jord samt etablering af vådområder og minivådområder. Reduktionsomkostningerne opgøres som driftsøkonomiske tab, uden indregning af afgiften. Der er ikke opstillet en formel for den opstillede adfærdsmodel, men den består grundlæggende af to elementer nemlig en optimering af valg af virkemidler på bedriftsniveau (som i de to forgående modeller) og så en optimering af valg af kollektive virkemidler for et givet afgiftsniveau. Afgiftsniveauet øges indtil der opnås den ønskede reduktion.

Ved at benytte en sådan skyggeafgift og metode sikres, at de valgte løsninger er økonomisk optimale. Afgiften er således kun et modelteknisk værktøj til at simulere den økonomisk optimale allokering af udledningsreduktionen. Der er ikke taget stilling til, om afgiften rent faktisk skal betales, eller hvordan den skal tilbageføres. Der er heller ikke taget stilling til, hvem der i sidste ende skal betale for udtagning af jord samt etablering af vådområder og minivådområder. Der er kun tænkt på at vælge de mest omkostningseffektive løsninger for hele oplandet. I analyserne er der således mere fokus på konsekvenserne af forskellige afgiftsniveauer end blot den ene løsning der lige præcis sikre at målet opnås.

Datalag i Norsminde-modellen

Den grundlæggende beregningsenhed for Norsminde-modellen er mark og bedriftsniveau. Hvor de andre modeller ikke tager sammenhæng og struktur inden for den enkelte bedrift i betragtning, anvendes bedriftsstrukturen (husdyrhold og harmoniarealer samt implementering af bedriftsbaserede regler og støtteordninger) i Norsminde-modellen som begrænsning for implementering af N-virkemidler. Endvidere arbejdes der med konkret placering af fx minivådområder på de valgte marker og effekten er baseret på den faktiske lokalitet. Det vil sige at virkemidler på dyrkningsfladen (fx efterafgrøder) reducerer udvaskningen, som igen reducerer fx minivådområders absolutte, men ikke relative effekt.

I tabel 3 er detaljeringsgraden af data for afgrødefordeling, dækningsbidrag og udvaskningsestimater specificeret.

Tabel 3 Datalag i Norsminde og detaljeringsgrad.

Afgrødefordeling	Markniveau baseret på mark data fra LBST for 2012-2017 På den baggrund fastlægges et typisk sædskifte for hver mark. Der er opstillet i alt 15 typesædskifter der anvendes til beregning af N-udvaskning (se bilag H).
Data for dyrkningsforhold, r	Jordtype kort (JB kort baseret på Adhikari et al., 2015). Oplysning om økologisk dyrkning (kortlag baseret på Miljø og Fødevareministeriet, 2016a) (data er på markniveau). Gødet med husdyrgødning (baseret på viden om husdyrgødning på ejendomsniveau fra gødningsregnskaberne fra LBST). Opdelingen på høj- og lavbundsjord (data fra kortforsyningen).
Dækningsbidrag, kr./ha	Omkostninger opgøres som reduktion i dækningsbidrag ved de pågældende virkemidler. Dækningsbidraget i udgangspunktet opgøres ikke. Data fra farmtalononline (SEGES, 2018) danner udgangspunkt for tab ved fx udtagning af landbrugsarealer og skift fra vinter- til vårsæd.
Udvaskningsestimater p, kg N/ha	Udvaskningen beregnes i modellen (N-LES 4) på baggrund af bl.a. jordtype, kvælstoftildeling (handels- og husdyrgødning), geografisk placering (nedbør, nettoafstrømning m.v.) for hvert af de 15 typesædskifter (Kilder: Kalkulemark (SEGES) og Kristensen et al. (2009) (se nærmere beskrivelse nedenfor). Udvaskningsestimaterne er beregnet som den gennemsnitlige udvaskning for årene 2011-2015, normaliseret med klimadata for 1990-2009.

Kvælstofudvaskningen beregnes med en model (GUUS), der svarer til brug af NLES4 (Ørum og Thomsen, 2017). Det er således med Norsminde-modellen beregnet N-udvaskningen internt for en given lokalitet. I forhold til de andre modeller så udregner Norsminde-modellen altså N-udvaskningen i modellen baseret på relevante parametre for den givne lokalitet. Det er således ikke sikkert, at den beregnede udvaskning og tab af N svarer til de officielle anvendte estimater anvendt i baseline fremskrivningerne for de respektive oplande.

2.4 Opsamling af modelgrundlag

Som det fremgår af ovenstående gennemgang, varierer de tre modeller i forhold til både inputdata, datahåndtering, optimeringsrutiner og detaljeringsgrad. Dermed kan resultaterne af beregningen af de erhvervsøkonomiske konsekvenser ved implementering af VP3 være forskellig. Nogle af de forskelle, der er mellem modellerne, kan testes i forhold til hvilke forskelle det giver i den endelige omkostningsberegning. I tabel 4 er skitseret i hovedtræk hvor de tre modeller adskiller sig fra hinanden i forhold til datalag, detaljeringsgrad og optimeringsrutine.

Tabel 4 Forskelle i datalag, detaljeringsgrad og optimeringsrutine mellem de tre modeller.

	TargetEconN	SMART	Norsminde
Geografisk placering af virkemidler og potentiale-specifikation	Markniveau	Opland	Bedriftsniveau (markniveau)
Optimeringsenhed	ID15/Kystvand		Bedriftsniveau
Bedriftssammenhæng (harmoniareal, grovfoderstruktur)	Ikke modelleret		Der er indlagt restriktioner i modellen mht. harmoniareal og grovfoder.
Udvasknings-estimerer der er anvendt i modellerne (input)	Per afgrøde i kg N/ha, beregnet ved NLES4 og for registreret input af gødning i perioden 2011-2015. Marginaludvaskningen stiger sandsynligvis med højere N-tildeling, men det er endnu ikke indarbejdet i modellen	Effekten af virkemidlerne er opgjort som kg N/ha og er beregnet af DCA og DCE med udgangspunkt i virkemiddelkataloget (Eriksen et al. 2014). Marginaludvaskningen stiger sandsynligvis med højere N-tildeling, men det er endnu ikke indarbejdet i modellen.	Udvaskningen og marginaludvaskning beregnes i modellen på baggrund N-LES 4 for en given lokalitet.
Beregning af udvasknings-effekt af virkemidler	Beregnes endogent i modellen som difference til udvaskningen fra eksisterende afgrødekombination på marken.	Eksogent input til modellen: Virkemiddeleffekterne er beregnet per ID15-opland ud fra en gennemsnitsbetragtning over bl.a. afgrødesammensætning og husdyrintensitet.	Beregnes endogent i modellen som difference til udvaskningen fra eksisterende afgrødekombination på marken.
Dækningsbidrag fra produktionen på arealerne i udgangspunktet, inden virkemidler er implementeret	Beregnet gennemsnitligt sædskifte per mark og DB2 ¹ for afgrøder 2013-2017, anvendes til beregning af ændring af DB ved implementering af virkemidler (tabt dækningsbidrag (DB2)).	DB2 anvendes til at beregne gennemsnitligt indkomsttab per ID15 opland	DB2 anvendes til at beregne indkomsttab per afgrøde i sædskiftet.
Omkostninger ved virkemidlet	Baseret på Eriksen et al. (2014) Virkemiddelkatalog for etablerings- og vedligeholdelseskostninger. Tab ved udtagning tager udgangspunkt i indtjening på marken inden udtagning. DB2 i udgangspunktet (gennemsnitligt sædskifte 2013-2017).	Baseret på Eriksen et al. (2014), virkemiddelkatalog. Tab ved udtagning tager udgangspunkt i en fast indkomsttab for en given jordtype.	

¹⁾ Det er i lighed med tidligere beregninger (Jensen et al., 2009; Jacobsen, 2012, Eriksen et al., 2014) anvendt Dækningsbidrag II (DBII) som mål for den tabte produktion (se Eriksen et al., 2014, side 14). DBII omfatter indtægterne fra produktionen fratrukket de variable omkostninger og kapacitetsomkostningerne, da det antages, at disse omkostninger vil spares. Afskrivninger til bygninger m.v. fratrækkes ikke, da disse antages ikke at blive berørt af arealvirkemidlerne. Hvis disse udgifter blev trukket fra, ville det beregnede økonomiske tab blive mindre. Maskinomkostningerne er dog medtaget som maskinstationstakster. Disse inkluderer de kapitalomkostninger, som maskinstationerne har. Det vigtige i denne forbindelse er, at den enkelte landmand ikke længere skal afholde disse udgifter ved ophør af driften på arealerne.

Som det fremgår af tabel 4, adskiller modellerne sig fra hinanden ved at TargetEconN og SMART ikke tager hensyn til grovfoderrestriktioner, dvs. der er ikke indlagt grænser for at der maksimalt må udtages et bestemt antal ha grovfoderareal (roer, majs og græs) svarende til, at den eksisterende kvægbestand ikke skal reduceres (eller at der i kvægproduktionen skal tillægges ekstra omkostninger til indkøb af grovfodererstatning). I Norsminde indlægges sådanne restriktioner på bedriftsniveau. I både TargetEconN og SMART, kan der indlægges et loft på kystvandoplandsniveau (evt. ID15-oplandsniveau), hvis der i et givet kystopland er en underproduktion af grovfoder som følge af der udtages arealer der anvendes til grovfoderproduktion. Dette kan have betydning for beregningen af de omkostningseffektive løsninger.

På linje med grovfoderrestriktionerne, indlægges i Norsminde-modellen restriktioner til sikring af forholdet mellem dyrket areal og husdyr (harmoniarealet). I TargetEconN og SMART, holdes der ikke eksplicit styr på harmo-

niarealet. Dog tages der implicit højde for forskelle i pris ved forskelle i dækningsbidrag på harmoniareal og ikke-harmoniareal. Udtages harmoniareal som brak, er der en omkostning til at transportere overskuds-husdyrgødning væk fra bedriften, men der er også besparelser på gødningsforbruget. Dette afspejles i TargetEconN og SMART i dækningsbidraget for afgrøder dyrket ved anvendelse af husdyrgødning, og dette er i de fleste tilfælde højere end for afgrøder dyrket uden husdyrgødning. Hvilken betydning det har for den omkostningseffektive løsning kan i TargetEconN undersøges ved at se på sammenhængen mellem husdyrintensiteten og harmoniarealet i et givent opland.

Anvendelse af udvaskningsestimater adskiller sig i modellerne ved, at der i TargetEconN anvendes estimater baseret på gødningsanvendelsen i 2011-2015 (dvs. før implementeringen af Fødevare- og landbrugspakken), mens udvaskningsestimaterne der anvendes i Norsminde-modellen er baseret på en antagelse om fuld kvoteudnyttelse (se også kapitel 6 om håndteringen af Fødevare og landbrugspakken). SMART anvender ikke niveauet for udvaskning i et opland men udelukkende kvælstofeffekten per virkemiddel per hektar (for fx efterafgrøder), hvilket derefter anvendes til beregningerne per ID15-opland, idet fokus ligesom for de øvrige modeller er på ændringen i udledningen. Beregningerne tager udgangspunkt i effekten i virkemiddelkataloget. Effekten af fx udtagning og skovrejsning opgøres absolut i SMART (kg N/ha). I SMART beregnes indsatsen for oplandet, men fokus er ikke på det konkrete udvaskningsniveau i oplandet. I Norsminde-modellen er det imidlertid muligt at vurdere om udvaskningen og udledning i udgangspunktet svarer til det der indgår i vandområdeplanerne.

Derved er både detaljeringsgrad og datainput forskelligt de tre modeller imellem og kan være årsag til forskelle i den endelige omkostningsberegning. For alle tre modeller gælder det, at udvaskningsestimaterne, der anvendes er baseret på NLES4. Der er en ny version af NLES på vej. Dermed vil der være ny viden som kan være relevant at implementere i modellerne frem mod VP3. I Norsminde anvendes den økonomisk optimale kvælstoftildeling udtrykt ved gødningstildelingen i 2017 (gødningsregnskaberne). Effekten af lavere kvælstoftildeling målt på udbytte og udvaskning beregnes her i forhold til faktisk kvælstofanvendelse i 2017. Når datagrundlaget er etableret til at vurdere den nuværende gødningstildeling, udbytteeffekt og effekt på udvaskningen vil dette kunne indarbejdes i SMART og TargetEconN.

Generelt gælder det, at der i SMART indgår mindre målretning end med de andre to modeller, da der anvendes aggregerede data på ID15-oplandsniveau mod markniveau i de to andre modeller, og at virkemidler ikke placeres geografisk, hvilket de gør i TargetEconN og Norsminde.

3. Virkemidler anvendt i de tre modeller

I opdateringen af modellerne er der så vidt muligt indarbejdet de samme kvælstofvirkemidler, og hvor muligt med de samme antagelser for effekt, potentiale og omkostninger (omkostningerne omfatter de samlede omkostninger, dvs. investeringer (annuierede), samt implementerings- og vedligeholdelsesomkostninger). Hvilke virkemidler, der indgår i de opdaterede modeller, fremgår af tabel 5. Hvilke estimater og forudsætninger, der anvendes på tværs af de tre modeller, beskrives i de følgende afsnit.

Tabel 5 Virkemidler i de tre modeller.

Virkemiddel	TargetEconN	SMART	Norsminde
Efterafgrøder			
Implementeret i vårafgrøder	X	X	X
Implementeret i vinterafgrøder	X	X	X
Energiafgrøder	X	X	-
Vådområder (reetablede)	X	X	X
Mellemafgrøder	X	X	X
Brak (ikke permanent)	X	X	X
Skovrejsning	X	X	-
Tidlig såning (af vintersæd)	X	X	X
Randzoner			
Smal (8 meter ud over de 2 obligatoriske)	X	X	X
Bred (10-20 meter)	-	X	-
Minivådområder	X	X	X
Afgrøder med høj N-optagelse			
roer	-	-	(X)
græs	X	X	(X)
frøgræs	-	-	(X)
Permanent udtagning	X	X	X
Reduceret N-tildeling (norm)			
10 %	X	X	X
20 %	X	X	X

De virkemidler, der indtil videre tages i betragtning (tabel 5), er virkemidler der er beskrevet i virkemiddelkataloget, Eriksen et al. (2014). Derudover er medtaget reduceret N-tildeling. Hvordan virkemidlet er anvendt i modellerne ses i tabel 6. Der er siden udgivelsen af virkemiddelkataloget i 2014 kommet flere virkemidler til (blandt andet nitrifikationshæmmere i gylle og okkeranlæg), men det dokumenterede vidensgrundlag er for nuværende ikke tilstrækkeligt til, at de nye virkemidler kan tages i betragtning i indeværende projekt. Der er iværksat et projekt angående opdatering og udvidelse af det eksisterende virkemiddelkatalog (projektet færdiggøres ultimo 2019), hvilket kan anvendes til yderligere opdatering af modellerne.

3.1 Omkostningsestimater for virkemidler

Det fremgår af tabel 6 hvilke omkostningsestimater der anvendes for hvert af virkemidlerne i forhold til eventuelle etableringsomkostninger samt implementerings- og vedligeholdelsesomkostninger. Omkostningerne er beregnet som årlige omkostninger.

For efterafgrøder er omkostningerne opgjort i forhold til jordtype og husdyrintensitet da effekten her er forskellig. Omkostningerne er forskellige fordi

der på sandjord anvendes alm. Rajgræs, mens der på lerjord anvendes Olieræddike/Gul sennep, ligesom såmetoden også er forskellig (radsåning/såning før høst).

For efterafgrøder implementeret i vinterafgrøder, betyder dette at landmanden må opgive vinterafgrøden (2-års vinterhvede) og skifte til en vårafgrøde (fx vårbyg). Omkostningerne ved dette er et lavere udbytte og dermed lavere indtjening. Virkemidlet er mest relevant på lerjord, idet der på sandjord dyrkes en noget højere andel vårbyg. Dertil kommer, at landmanden nu skal købe korn fremfor at anvende egen produktion og det har også en omkostning.

For vådområder er der en betydelig investering både i forundersøgelser og i selve implementeringen af vådområdet. I Eriksen et al. (2014) er de opgjort til henholdsvis 4.500 kr. og 35.000 kr. pr. ha opland. Samlet svarer til 1.579 og 2.905 kr. pr. ha ved henholdsvis uendelig tidshorisont og 20 årig tidshorisont (rente er 4 %). Dertil kommer så indkomsttabet, der i TargetEconN opgøres ud fra indtjeningen i udgangspunktet. I SMART-modellen er udgangspunkt den samlede omkostning inkl. indtjeningstab der i alt er opgjort til ca. 117.000 kr. pr. ha jf. Fødevarer- og Landbrugspakken (Jacobsen, 2017). Dette svarer til en årlig omkostning på ca. 4.678 kr. pr. ha (uendelig tidshorisont) og 7.860 kr. pr. ha ved 20 år (rente er 4 %). I Norsminde-modellen anvendes samme omkostningsniveau fremover.

Bemærk her, at omkostningen er opgjort pr. ha vådområde og ikke i forhold til oplandet til det pågældende vådområde, mens der for minivådområder arbejdes med effekt og omkostninger pr. ha opland, da det egentlige vådområde er meget lille.

For tidlig såning gælder, at der er meget forskel fra bedrift til bedrift og lokalitet i anvendelsen af tidlig såning af vinterhvede. I nogle tilfælde (scenarie 1) kommer der en mindre udbyttetigning og der skal kun lidt højere ukrudtsbekæmpelse. I andre tilfælde (scenarie 2) er der uændret udbytte, men der skal bruges flere omkostninger på ukrudtsbekæmpelse og endelig vil der være situationer (scenarie 3), hvor udbyttet falder og der samtidig skal bruges betydelig mere pesticider til ukrudtsbekæmpelse. I denne sammenhæng vurderes det at den nuværende potentiale primært er relateret til scenarie 2.

For minivådområder følger de angivne omkostninger de estimater der indgår i opgørelse af standardomkostninger for de første minivådområder udgivet af Landbrugsstyrelsen (vejledning om minivådområder 2018). Bemærk her at tilsagnet kun gælder etablering i 10 år, men der regnes her med en permanent etablering. Opgørelsen over de samlede omkostninger omfatter en række forskellige elementer og den er også opgjort for forskellige størrelser af minivådområder fra 0,2 ha til 2 ha, svarende til et opland på 20 til 200 ha (minivådområdet udgør typisk 1 % af oplandet). Der udtages således et langt mindre areal end ved etablering af traditionelle vådområder. For almindelige vådområder er det areal der udtages typisk over 10 ha. I nogle tilfælde kan minivådområdet placeres på arealer der ikke tidligere var i omdrift, men det antages her at det udtagne arealer var i omdrift. Samlet vil tabet af landbrugsindtjening dog være begrænset ved etablering af minivådområder. Omkostninger knyttet til vedligeholdelse af minivådområder over en længere tidsperiode er usikre på nuværende tidspunkt.

For udtagning er der en betydelig forskel mellem modellerne, idet SMART- og Norsminde-modellen anvender faste omkostninger pr. ha baseret på jordtype og husdyrintensitet, mens TargetEconN tager udgangspunkt i indtjeningen i udgangspunktet. Der vil således i TargetEconN være en større variation i omkostningen ved udtagning, idet indtjeningen i udgangssituationen kan være nul eller endda under 0. Tilgangen i de andre modeller svarer mere til de niveauer der indgår ved kompensation under MVJ-ordninger eller ekspropriering af landbrugsarealer. Denne modelforskel indgår også i anden udtagning med henblik på anden anvendelse (vådområder og skovrejsning).

Udtagning i Norsminde-modellen er for sandjord og lerjord beregnet til henholdsvis 3.500 og 6.200 kr./ha inkl. udgifter til pleje af arealet efterfølgende (Blicher-Mathiesen et al., 2014). Meromkostning ved udtagning af arealer med husdyr er på 1.200 kr./ha (Kronvang et al., 2014) plus omkostninger ved mistet harmoniareal (over 1 DE pr. ha) på 470 kr. pr. DE pr. Ha. Det svarer til en meromkostning på 330 kr. pr. ha ved 1,7 DE pr. ha. Ved udtagning af lavbundsjord er benyttet tilsvarende omkostninger som for udtagning af højbundsjord (Eriksen et al., 2014). I SMART-modellen er angivet et niveau for indkomsttab baseret på jordtypen i området.

For normreduktionen gælder at der principielt arbejdes med normreduktion i forhold til økonomisk optimal N-tildeling, selvom udgangspunktet for virkemidlerne er en årrække, hvor der blev tildelt under optimal N-tildeling. Udbyttefunktionen er baseret på en model (Kalkulemark) udviklet af SEGES til brug for Pilotprojekt for Ny Målrettet Arealregulering (Miljøstyrelsen, 2015). I modellen indgår en mulighed for at indregne en 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.

I SMART indregnes omkostningen som en fast omkostning ved en reduktion på 10 % eller 20 % uanset lokalitet. Omkostningen er opgjort ud fra de produktionsfunktioner og den tilgang der er anvendt i Norsminde-modellen. Der indgår således både proteintab og langsigtet udbytte tab i opgørelsen.

Tabel 6 Omkostningsestimater anvendt i hver af de tre modeller, kr./ha. Tab af dækningsbidrag og etableringsomkostninger.

Virkemiddel	TargetEconN	SMART	Norsminde
Efterafgrøder	Under 0,8 DE/ha	Over 0,8 DE/ha	
Implementeret i vårafgrøder	Ler	Sand	Ler
	229 kr/ha	284 kr/ha	165 kr/ha
	Omkostninger baseret på virkemiddelkataloget (Eriksen et al., 2014).		
Efterafgrøder implementeret i vinterafgrøder	Som i vårafgrøder med tillæg for tab i dækningsbidrag for de vinterafgrøder der dyrkes på marken, beregnet som forskel i DB mellem vinterafgrøder og vårafgrøder. For sandjorde >0,8 DE/ha tillægges en omkostning til foderkorn på 320 kr./ha.	Under 0,8 DE/ha Ler 2828 kr/ha	Over 0,8 DE/ha Sand 1584 kr/ha
Energiafgrøder	Omkostning beregnes som forskel mellem DB2 for marken i udgangspunktet og DB2 for energiafgrøder. Er beregnet for jordtyper Sandjord, højbund: 223 kr./ha Sandjord, lavbund: 1728 kr./ha Lerjord: 2480 kr./ha Afregningspris 44 kr./GJ. (Energipil kalkuler, SEGES, 31.08.2015. Opdateret efter personlig meddelelse, Søren Ugilt Larsen, seniorspecialist, SEGES, 28.08.2018)	Der anvendes en sats pr. opland baseret på Virkemiddelkataloget (Eriksen et al, 2014)	Energiafgrøder indgår ikke som virkemiddel i Norsminde modellen.
Vådområder (reetablerede)	Etableringsomkostninger plus forundersøgelse. 1579 kr./ha/år (2014 priser) (Eriksen et al, 2014,) ved uendelig tidshorisont. Ved 20 årig tidshorisont er den beregnede årlige omkostning til etablering og forundersøgelse beregnet til 2905 kr./ha/år (2014 priser). Annuiseringen af etablerings- og forundersøgelsesomkostninger er i Eriksen et al., 2014 foretaget med en 4 % diskonteringsrate. Hertil kommer årlige tabte dækningsbidrag. Estimatet er per hektar opland, men i og med der er tale om større vådområder, er det vådområdets størrelse, der indgår til sammenligning med de andre virkemidler. I SMART- og Norsminde-modellen anvender samme niveau for omkostninger ved etablering af vådområder som angivet ovenfor, mens indtjenings-tabet beregnes ud fra standard omkostninger ved udtagning i virkemiddelkataloget.		
Mellemafgrøder	Samme omkostning for alle tre modeller, fra Eriksen et al., 2014)	Under 0,8 DE/ha (345+400)/2= 372,5 kr./ha (gennemsnit)	Over 0,8 DE/ha (325+380)/2= 352,5 kr./ha (gennemsnit)
Brak (ikke permanent)	Tab beregnet som tabt DB2, beregning for hver model som beskrevet i tabel 5.		
Skovrejsning*	Omkostningen beregnes som DB 2 for tabt landrugsproduktion, fratrukket DB for skov for både SMART og TargetEconN. Dækningsbidrag for skov er negative for både løv og nål (Eriksen et al., 2014): Løv, lerjord: -2937 Løv, sandjord: -2997 Nål, lerjord: -284 Nål, sandjord: -339 Alle er beregnet uden tilskud	I SMART anvendes det tab af dækningsbidrag uanset type.	Skovrejsning indgår ikke i Norsminde-modellen
Tidlig såning (af vintersæd)	Der regnes for alle modeller med en omkostning på 272 kr./ha der er scenariet med højt bekæmpelsesindeks og uændret udbytte, baseret på Eriksen et al. (2014), virkemiddelkatalog. Det vurderes, at tidlig såning allerede anvendes som alternativ til efterafgrøder i de tilfælde hvor der er en gevinst, og at det billigste scenarie dermed er "opbrugt". Potentialet for tidlig såning er ikke opdelt på de tre scenarier der er anvendt i virkemiddelkataloget og der er derfor usikkerhed om den faktiske anvendelse i praksis.		
Randzoner smal bred	Tab beregnet som tabt DB2, beregning for hver model som beskrevet i tabel 4.		Indgår ikke som virkemiddel i Norsminde-modellen.

Tabel 6 – fortsat...			
Minivådområder (0,2 ha og 0,5 ha)	Udgifter til etablerings- og vedligeholdelse: Der anvendes en omkostning på 294.130 kr. per anlæg ved en anlægsstørrelse på 2.000 m² (0,20 ha minivådområde, svarende til et opland på 20 ha) (den mindste størrelse) (Miljø- og Fødevareministeriet 2018c. Ved 4 % rente og 25 års tidshorisont er omkostningen på 18.828 kr. per år pr. anlæg, mens den ved uendelig tidshorisont er på 11.765 kr. pr. år. Der kan argumenteres for både lang (uendelig) og kortere levetid (20 år) som angivet ovenfor (Jacobsen, 2017). Hertil kommer 12.000 kr. i vedligeholdelsesomkostninger over 10 år eller ca. 1.200 kr. pr. år. (Bek. om tilskud til projekter om etablering af konstruerede minivådområder, nr. 92 af 06/02/2018). Dette giver en omkostning på 1.001 kr./ha opland/år ved et opland på 20 ha (25 år) eller 648 kr. pr. ha ved uendelig levetid. Hertil kommer tabt dækningsbidrag der ligeledes fordeles ud på hektar opland. Estimatet er dermed per hektar opland og ikke sammenligneligt i kr./ha med de andre arealvirkemidler. Omkostningerne vil være lavere pr. ha for større minivådområder.		
Afgrøder med høj N-optagelse (græs)	Forskel i DB mellem eksisterende majsafgrøde og græs i omdrift plus en meromkostning da der produceres færre FE per hkg græs sammenlignet med majs. Den gennemsnitlige forskel i FE udbytte mellem slætgræs og majs er 1780 FE i årrækken 2013-2017 (SEGES, 2018). Forskellen i pris mellem de to grovfodertyper er ifølge farmtalonline ca. 14 øre, dvs. det er en merudgift på ca. 250 kr. per ha. (Der regnes ikke på roer og frøgræs).		Virkemidlet er ikke indarbejdet i Norsminde-modellen i nuværende version, men fx erstatning af majs med græs kan blive indarbejdet i løbet af 2019.
Permanent udtagning	Tab tager udgangspunkt i beregnet indtjening for sædskifte per mark inden udtagning. Der er således en større variation i indtjeningstab end i de andre modeller.	Der tages udgangspunkt i de opgjorte gennemsnitlige tab i virkemiddelkataloget (se tabel 4).	Tab af DB2 (uden husdyr) på sandjord og lerjord er beregnet til henholdsvis 3.500 og 6.200 kr./ha (Blicher-Mathiesen et al., 2014). Ved udtagning af lavbundsjord er benyttet tilsvarende omkostninger som for udtagning af højbundsjord (Eriksen et al., 2014).
Forbud mod omlægning af fodergræs	Dette virkemiddel er ikke med i modellerne.		
Reduceret N-tildeling 10 % 20 %	Tab baseres på beregninger fra Norsminde-modellen.		Der anvendes tabsfunktioner, som er udledt fra kalkulemark, hvor der på baggrund af udbyttetab som følge af lavere N-tildeling er estimeret et udbyttetab ved en given normreduktion.

* Der er i Eriksen et al. (2014) ikke opgjort omkostninger på sandjord for afgrødes. Det antages at omkostningerne kan overføres til sandjord som gjort for lerjord i Eriksen et al. (2014), ved at der regnes med en difference i dækningsbidragene.

** Negative dækningsbidragstab betyder at der er et tab fra skovbrugsproduktionen.

*** Effekten af reduceret N i forhold til optimum beregnes i modellen både i forhold til udbytte og brug af gødning.

3.2 Effektestimater for udvaskning

Det fremgår af tabel 7 hvilke effektestimater der anvendes i de tre modeller. Det er specificeret forskel om udvaskningen efter implementering sammenholdes med udgangspunktet (fx ved energiafgrøder for TargetEconN) eller der er angivet hvor meget et virkemiddel reducerer udvaskningen med ved implementering (fx mellemafgrøder for TargetEconN). For SMART-modellen gælder, at der for alle virkemidler regnes på en given effekt af virkemidlet uanset udgangspunktet.

Som det fremgår af tabel 7, er kvælstofeffekten af minivådområder og reetablerede vådområder forskellig mellem de tre modeller. I TargetEconN og SMART regnes med en fast effekt per vådområde (90 kg/N ha). For minivådområde er effekten givet specifikt for det enkelte minivådområde i TargetEconN i kg N/ha med effekt til kyst, mens der i SMART regnes med en fast effekt for alle vådområder (6,5 kg N/ha til kyst for minivådområder).

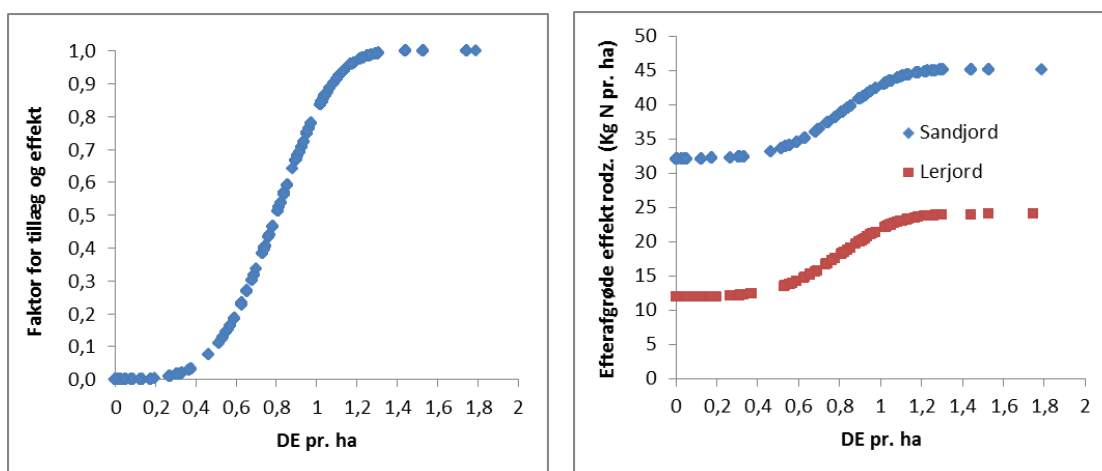
I Norsminde-modellen regnes med en varig og højere retentionen i oplandet til mini- og vådområdet. Der antages således en reduktionseffektivitet på 35

% og 50 % af kvælstofbidraget fra drænen for henholdsvis åbne minivådområder og vådområder med matricer (Ørum et al., 2017). Her afhænger effekten af minivådområder således af den aktuelle udvaskning fra rodzonen, drænfraction og den lokale afstrømningen. Dette niveau svarer ikke nødvendigvis til den nationale fastsatte effekt på 6,5 kg N/ha.

I Norsminde-modellen arbejdes således med en ændret retention ved implementering af mini- og vådområder, mens der i TargetEconN og SMART ikke tages dette hensyn. Det betyder, at effekten af andre virkemidler i oplandet (fx efterafgrøder vil have en lavere effektivitet og dermed lavere omkostningseffektivitet i Norsminde-modellen. I Norsminde korrigeres således for overlap mellem virkemidler og forskellige i overfladeretention, hvilket ikke er tilfældet i de to andre modeller.

Som beskrevet i tabel 7 indgår efterafgrøder i Norsminde-modellen med en effekt ligesom i de øvrige modeller; effekten varierer således mellem 32 og 45 kg N/ha på sandjord og 12 og 24 kg N/ha på lerjord alt efter husdyrintensitet.

Den udvaskningsreducerende effekt af efterafgrøder i tabel 7 indebærer dog 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 1), 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. Dette gøres for bedre at afspejle den effekt der er i praksis, hvor effekten af efterafgrøder gradvis bliver større med højere husdyrintensitet.



Figur 1 Faktor for tillæg (til venstre) og (til højre) den udvaskningsreducerende effekt af efterafgrøde fra rodzonen som anvendes i modellen.

Som det fremgår af tabel 7 anvendes typisk estimater som angivet i Eriksen et al. (2014). Fælles for modellerne er, at der for flere virkemidler anvendes en difference mellem udvaskning fra virkemidlets afgrøde og eksisterende afgrøde. Således anvendes ikke altid den samlede effekt, der angives i Eriksen et al. (2014), som er differencen til en gennemsnitsafgrøde. Dermed er der en forskel til nogle af de standardtal (administrative tal), der ellers anvendes i administrationen, fx anvendelse af en effekt på 33 kg N/ha for efterafgrøder. Modellerne kan sættes op til at anvende standardtal og det er dermed muligt at lave samme analyser med de administrative tal som følsomhedsanalyse.

Tabel 7 Effektestimater for udvaskning fra rodzonen anvendt i hver af de tre modeller (kg N /ha).

Virkemiddel	TargetEconN	SMART	Norsminde											
Efterafgrøder Implementeret i vårafgrøder Implementeret i vinterafgrøder	Disse effektestimater fra Eriksen et al. anvendes for SMART og TargetEconN: <table><tr><td colspan="2">Under 0,8 De/ha</td><td colspan="2">Over 0,8 DE/ha</td></tr><tr><td>Ler</td><td>Sand</td><td>Ler</td><td>Sand</td></tr><tr><td>12</td><td>32</td><td>24</td><td>45</td></tr></table> Tallene ovenfor angiver reduktion i udvaskningen. For SMART anvendes en gennemsnitlig effekt fordelt på jordtype og husdyrintensitet pr. opland	Under 0,8 De/ha		Over 0,8 DE/ha		Ler	Sand	Ler	Sand	12	32	24	45	Den reducerede udvaskning svarer til (Eriksen et al., 2014, 30-32). Husdyrintensitet indregnes så overgangen ikke er så skarp som i virkemiddelkataloget (Ørum et al., 2017).
Under 0,8 De/ha		Over 0,8 DE/ha												
Ler	Sand	Ler	Sand											
12	32	24	45											
Energiafgrøder	Lerjord: 10 kg N/ha Sandjord: 20 kg N/ha For SMART regnes med en gennemsnitlig effekt pr. ha baseret på jordtype i området. (Eriksen et al., 2014, 30-32).	-												
Vådområder (reetablerede)*	Der regnes med en gennemsnitlig fast effekt på 90 kg N/ha opland ved kyst.	Der er antaget 50 % effekt for kvælstoftransport via dræn.												
Mellemafgrøder	9-13 kg N/ha i reduceret udvaskning til rodzonen Eriksen et al. (2014). Der anvendes et gennemsnit på 11 kg N/ha som reduceret udvaskning.													
Brak (ikke permanent)	Der regnes med en udvaskning fra ikke-permanent brak på 13 kg N/ha til rodzonen fra lerjorde og 16 kg N/ha for sandjorde (Eriksen et al., 2014, tabel 1, s.74).	Der regnes med en reduktion i udvaskningen ved ikke-permanent brak på 35 kg N/ha til rodzonen fra lerjorde og 58 kg N/ha for sandjorde (Eriksen et al., 2014, tabel 7, s. 80).	NLES4 (beregnet internt i modellen)											
Skovrejsning	Der regnes med en udvaskning fra skov på 12 kg N/ha til rodzonen (Miljø- og Fødevareministeriet 2017).	Der regnes med en fast reduktionseffekt på 25 kg N på lerjord og 58 kg N på sandjord.(Eriksen et al., 2014, virkemiddelkatalog).	-											
Tidlig såning (af vintersæd)	5-8 kg N/ha i reduceret udvaskning til rodzonen. Eriksen et al. (2014). Der anvendes et gennemsnit på 6,5 kg N/ha.													
Randzoner smal bred	Der regnes med en udvaskning fra smalle randzoner på 12 kg N/ha til rodzonen (Eriksen et al., 2014). Der regnes ikke på brede/intelligente randzoner.	Effekten i rodzonen er ca. 40 kg N pr. ha og det antages at retentionen er som gennemsnit, selvom den kan være lavere i nogle tilfælde (Jacobsen, 2016). Omvendt så vil effekten pr. ha være lavere, hvor der er en betydelig del naturarealer, der også har en indflydelse på indtjeningsstab.	Indgår ikke.											
Minivådområder*	Den gennemsnitlige effekt er 6,5 kg N/ha opland til kyst for de egnede arealer og 3-4 kg N/ha for de potentielt egnede. I bilag E er gengivet kortudtrækket fra MFVM.	Den gennemsnitlige effekt er 6,5 kg N/ha for alle.	Norsminde-modellen kan beregne den konkrete effekt af udvalgte minivådområder og almindelige vådområder som en procentvis reduktion af tabet fra marken (Ørum et al., 2017).											
Afgrøder med høj N-optagelse (græs)	Fra DCE Bioscience (Miljø- og Fødevareministeriet, 2017) udvaskningsestimater for græs i omdrift. Effekten ved at implementere græs i omdrift er differencen mellem de to estimater. Der regnes ikke på roer og frøgræs.	Effekt er ikke beregnet i Eriksen et al. (2014). Effekt fastsættes i 2019 med analyser gennemført i Limfjordsområdet (Børgesen et al. 2018)..	Beregnes med udvaskningsmodel for den aktuelle afgrøde (NLES4). Der regnes lige nu ikke på foderroer, men kun med erstatning af majs med græs.											
Permanent udtagning	Der regnes med en udvaskning fra udtagede arealer på 12 kg N/ha til rodzonen efter udtagning, iht. Eriksen et al. (2014) Dvs. at udvaskningseffekten beregnes som udvaskningen i udgangssituationen og de 12 kg N/ha.	Der regnes med en fast effekt af udtagning baseret på jordtype.	Her beregnes udvaskning og N-tab til vandmiljø før og efter udtagning. Effekten er forskellen i de to beregninger.											
Forbud mod omlægning af fodergræs	Virkemidlet er ikke med i modellerne.													
Lavere N-norm 10 % 20 %	Der anvendes en marginaludvaskning på 20 %.		Effekt beregnes internt i modellen baseret på tilførsel på en given jordtype og lokalitet som beskrevet i afsnit vedr. Norsminde-modellen.											

* TargetEconN kan sættes op til en tilsvarende modellering af effekter.

3.3 Potentialeberegninger

Modellerne er sat op til at beregne omkostninger og effekter for opnåelse af VP3, og det potentiale der allerede er anvendt til VP2-virkemidler, skal derfor trækkes ud. Dette kræver at der anvises en entydig beskrivelse af hvordan VP2 implementeres. Denne overordnede beskrivelse fremgår af Fødevarer- og Landbrugspakken, men det er relevant at vurdere hvordan de to periode, VP2 og VP3, modelleres, hver for sig eller sammen. Hver af de to fremgangsmåder har forskellige konsekvenser i forhold til opfyldelse af den udskudte indsats og den afledte omkostningseffektivitet.

Fremgangsmåde 1

Den eksisterende regulering, inklusiv den målrettede regulering der er planlagt udført i VP2, udtages af potentialet, således at det er klart, hvor mange hektar der er tilbage i 2021 til implementering af VP3. Der kan for målrettet regulering anvendes efterafgrøder eller en sandsynlig blanding af de mulige virkemidler (se bilag H). Hvis der alene vælges at opfylde kravene med efterafgrøder i vårsæd vil potentialet i VP3 begrænses til efterafgrøder i vintersæd eller tidligere såning og mellemafgrøder.

For kollektive virkemidler anvendes de opstillede mål i VP2, som fordeles geografisk.

Fremgangsmåde 2

I den anden metode summeres indsatskrav i VP2 ved målrettet regulering med den udskudte indsats i VP3 og løses under et. Der skelnes således ikke mellem om indsatsen skal opnås ved målrettet regulering i VP2 eller den udskudte indsats i VP3. Fordelen ved dette er at der fremstår en samlet løsning for at nå målene i 2027. Fordelen ved at løse den udskudte indsats og den målrettede regulering under et er, at der ikke sker en sub-optimering baseret på en løsning frem til 2021, fx kan implementering af virkemidler som minivådområder låse for andre virkemidler efterfølgende.

De to tilgange giver forskellige svar som kan belyses i følsomhedsanalyser, hvor effekterne af ændrede forudsætninger undersøges. Det vurderes, at begge tilgange vil være relevante og der vil være forskelle imellem modellerne af hvordan den problemstilling bedst tackles og specielt hvordan VP2-virkemidlerne fordeles geografisk når det ikke styres gennem optimering i modellerne (TargetEconN og Norsminde).

I det følgende gennemgås hvordan beregningen af potentialet for hvert af virkemidlerne til opnåelse af målsætningen i VP3 opgøres med udgangspunkt i fremgangsmåde 1. Med potentiale menes der det potentiale, der formodes at eksistere i 2021 efter at VP2-virkemidlerne er implementeret i VP2-vandplanperioden (2015-2021), samt i forbindelse med anden lovgivning, fx lov om jordbrugets anvendelse af gødning og om plantedække (LBK nr. 996 af 25/06/2018). For at beregne dette potentiale er der foretaget en beregning i hver model for at tage højde for implementeringen af VP2. For alle tre modeller beregnes VP2-implementering så indsatsbehovet i VP2 opnås for N.

Begrænsningen i potentialet i 2021, der tager højde for VP2-implementeringen foretages med forskellige tilgange i de tre modeller, mens det nævnte totale ton N, der skal opnås under VP2, rammes præcist.

De VP2-virkemidler der korrigeres for er følgende:

- Godkendte indberettede arealer for skovrejsning, samt arealer med tilsagn
- Planlagte vådområdeprojekter
- Planlagte minivådområdeprojekter
- Etablerede eller realiserede lavbundsprojekter
- Miljøfokusområder (MFO): Efterafgrøder der implementeres i forbindelse med MFO (5 % af bedriftens areal for konventionelle bedrifter over 15 ha).
- Målrettet regulering: Der opstilles krav om et yderligere indsatskrav der opgøres i ha efterafgrøder i 2019-2021. Indsatskravet er 142.000 ha efterafgrøder i 2019/20 og det vil stige frem mod 2021 til over 350.000 ha, såfremt kravet alene skal opfyldes med brug af efterafgrøder. I forbindelse med implementeringen vil det være muligt at erstatte efterafgrøder med en række af de tidligere angivne virkemidler (tidlig såning, mellemafgroder, normreduktion og udtagning). Der er angivet en vekselkurs mellem efterafgrøder og disse alternativer (Ørum et al., 2018). Der kan anvendes alternative afgrøder, men vi antager at der kun anvendes efterafgrøder. Der regnes med en gennemsnitlig effekt for efterafgrøder i målrettet regulering på 33 kg N/ha¹ (Miljø- og Fødevareministeriet, 2018a).

I tillæg til de kollektive ordninger under VP2 (punkt 1-4), og efterafgrødeordningerne (punkt 5 og 6) tages der højde for følgende² i forhold til begrænsning af potentialet til opfyldelse af VP3:

- Pligtige efterafgrøder og alternativer³ for bedrifter over 10 ha og afhængig af anvendelsen af husdyrgødning ($> 0,8$ DE/ha). Pligtige efterafgrøder kan benyttes som MFO (se punkt 5), dog må der ikke her benyttes alternativer.
- Husdyrefterafgrøder der har sammenhæng til husdyrgodkendelser (muligt krav om udlægning af efterafgrøder/alternativer for at neutralisere N-udvaskningen fra driftsudvidelser). Husdyrefterafgrøder kan benyttes som MFO (se punkt 5). For MFO gælder dog, at der ikke må benyttes alternativer.

3.3.2 Kollektive virkemidler: Skovrejsning, vådområder, minivådområder, lavbundsprojekter

Til opfyldelse af VP2, er der planlagt implementeret en række kollektive virkemidler som nævnt i punkt 1-4 ovenover. VP2 løber til 2021, og det er derfor ikke alle de planlagte ton N, der er realiserede endnu i 2019. I dette projekt regnes der med, at alle planlagte ton N realiseres via de specifikke projekter. Dermed skal alle de i tabel 8 beskrevne N-effekter (i tons) trækkes ud af potentialet før analyse af VP3-implementeringen. De kollektive virkemidler, der er etablerede eller hvor der er givet tilsagn til realisering, placeres enten rumligt optimalt (TargetEconN- og Norsminde-modellen) eller fratrækkes det overordnede potentiale på kystopladsniveau fordelt ud på ID15-oplande (SMART). De resterende ton N for de kollektive indsatser, der skal opfyldes i

¹ I den fremadrettede modellering for VP3 anvendes der forskellige tilgange til beregningen af udvaskningen fra efterafgrøder som beskrevet i tabel 8 (Effekttestimater for udvaskning), men for den beregnede VP2-effekt er det anvendt en gennemsnitligt udvaskning på 33 kg/ha.

² Dertil kommer efterafgrøder der implementeres i forbindelse med gennemførelse af en ikke-forringelsesindsats som følge af Fødevare- og landbrugspakken. Disse trækkes ikke ud af VP3-potentialet.

³ Alternativer er: mellemafgroder, brak, energiafgroder, tidlig såning, randzoner og reduceret N-kvote, dertil kommer afbrænding af fiberfraktion der ikke anvendes som virkemiddel i nogle af de tre modeller. Frøgræs, der efter høst fortsætter som efterafgrøde kan anvendes som efterafgrøde.

løbet af VP2, skal ligeledes placeres rumligt og/eller trækkes ud af potentialet. Der redegøres herfor i nedenstående. I tabel 8 er det samlede nationale mål for de kollektive virkemidler opgjort.

I Norsminde-modellen er virkemidlerne opdelt på fladevirkemidler (efterafgrøder, tidlig såning og normreduktion m.fl.), Dræn-virkemidler (minivådområder og vådområder), samt udtagning af arealer. Det antages herefter at placeringen af drænvirkemidler er udpeget, og udtagning således at vådområder placeres hvor det er optimalt (lavbundsarealer), dernæst placeres minivådområder, hvor det er omkostningseffektivt. Fladevirkemidlerne besluttet af bedriften og de placeres herefter omkostningseffektivt på de enkelte bedrifter.

Tabel 8 Kollektive virkemidler og planlagt indsats.

	Samlede indsats i VP2, tons	Forventet indsats i VP2 i ha	Effekt (kg N/ha)	Tilsagn givet til projekter, ha
Vådområder	1252,7	Ca. 14.000 ha	90	
Lavbundsprojekter	150	Ca. 4000 ha	37,5	502 (11 projekter)
Minivådområder	900	1.000 projekter af 1 ha (100.000 ha opland)	9	
Skovrejsning	150	Ca. 5.000 ha	30	1192 (355 projekter)

Kilde: Vandområdeplanerne 2015-2021. GIS-lag leveret fra MST med realiserede eller etablerede projekter samt skovrejsningsprojekter med tilsagn kommer fra Miljøstyrelsen. Projekterne der er oplyst er dem Miljøstyrelsen har kendskab til frem til og med marts 2018.

Note: Den indsats der er noteret planlagt som del af VP2, er reelt en samlet indsats for VP2 og initiativer som følge af Fødevarer- og landbrugspakken.

Note: som angivet er effekten af minivådområder nu opgjort til 6,5 kg N/ha mod tidligere 9 kgN/ha, hvorfor det areal der kræves for at nå målet på 900 tons er øget fra 100.000 ha til 138.000 ha.

Ud over de i tabel 8 nævnte kollektive virkemidler, trækkes etablerede fosforvådområder ud af potentialet, da disse ligeledes skal trækkes fra inden yderligere implementering. Fosforvådområder dækker over et areal på i alt 148 ha på nationalt plan og er fordelt på 16 projekter. De er geografisk placeret i GIS-lag leveret fra MST.

For skovrejsningsprojekter gælder det, at der er en række projekter, hvor der er givet tilsagn til gennemførelse, og tilsvarende en række projekter, hvor der er udbetalt tilskud. Således er projekter hvor der er givet tilskud (næsten) en delmængde af projekter hvor der er givet tilsagn. Arealerne stemmer ikke 100 % overens, da det udbetalte tilskud kan være for et areal der er lidt mindre (større) end det ansøgte, og ligeledes kan der være projekter hvor der er givet tilskud, men som ikke er at finde i data med tilsagn. De projekter, der trækkes ud af VP3-potentialet, er projekter, hvor der er udbetalt tilskud, da det er det mest opdaterede GIS-lag, og dertil kommer de projekter, der er søgt om tilsagn til, men hvor der endnu ikke er sket udbetaling.

For at danne et udgangspunkt for modelleringen i 2021 er der behov for at potentialerne placeres geografisk korrekt. I Norsminde-modellen og i TargetEconN⁴ trækkes de implementerede arealer i tabel 8 ud af potentialet baseret på markkortet for 2016. I SMART summeres arealet for de forskellige projekter på ID15-oplande og trækkes ud af det samlede potentiale på ID15-

⁴ For TargetEconN kan ikke alle hektar genfindes i markkortet i Basemap02. Dem der kan genfindes trækkes ud af markkortet. Ved beregning af udgangspunktet for udvaskning fratrækkes dog det fulde antal ton der skal opnås i VP2.

oplandsniveau. Målet er at beregne et realistisk og ensartet potentiale for 2021 som udgangspunkt for modelleringen af VP3 i de tre modeller.

Virkemiddelimplementering som skal til for at VP2 er indarbejdet i modellerne, er ikke helt opfyldt ved den ovenstående placering af virkemidler. Det resterende areal, der skal trækkes ud af potentialet for VP3 (differencen mellem realiserede/etablerede projekter og planlagte antal ton opnået i VP2), som vedrører de virkemidler hvor der ikke er data for forventet placering, bliver for TargetEconN- og Norsminde-modellen placeret i markkortet enten omkostningseffektivt ved brug af modellernes optimeringsrutiner eller ud fra største effekt/laveste omkostning. Dette er besluttet da der ikke er data for forventet placering.

I SMART begrænses potentialet på ID15-niveau.

Til placering af de i tabel 8 nævnte virkemidler, er der anvendt en række forudsætninger, som kan adskille sig fra de reelle implementeringer når VP2 er gennemført i 2021. Vi har anvendt de samme kriterier som MST lægger til grund for vurderinger af effekten af VP2, for at potentialevurderingen for VP3 skal være konsistent med dette grundlag. Der anvendes således standarddefekter oplyst fra Miljøstyrelsen:

- for skovrejsning anvendes en udvaskningseffekt på 30 kg N/ha,
- for vådområder på 90 kg N/ha og
- for lavbundsprojekter på 37,5 kg N/ha,
- For minivådområder anvendes de effekter, der er angivet i udpegningsskortet (se bilag E)
- Alle effekter angivet til kyst.

Retentionsforudsætninger er disse:

- For minivådområder er der indregnet gældende overfladeretention på ID15-niveau.
- For skov-, vådområde- og lavbundsprojekter er der indregnet en gennemsnitsretention i VP2. Dermed tages der ikke hensyn til forskelle i retention ved placering af disse virkemidler eller til forskelle i udvaskning fra eksisterende afgrøde. De placeres derfor i TargetEconN, og Norsminde udelukkende hensyn til omkostningerne på dyrkningsfladen (anlæg, vedligehold og tabt dækningsbidrag).

Placeringen af disse virkemidler minder således om en budproces, hvor virkemidler og placering med laveste omkostninger udvælges. For TargetEconN og Norsminde, hvor virkemidlerne placeres på markniveau, har det betydning hvilke virkemidler der placeres først. Dette skyldes, at virkemiddelimplementeringen vil konkurrere om de samme arealer, dem med de laveste dækningsbidrag. Der er to mulige måder at placere virkemidlerne på: 1) lade modellerne placere dem omkostningseffektivt ved at lade alle virkemidler (skov, lavbund, vådområder og minivådområder) indgå samtidig eller 2) lade modellen køre af fire omgange med et virkemiddel per gang der herefter låser de omkostningsminimerede placeringer. Ved 2), skal vælges hvilket virkemiddel der placeres først og efterfølgende rækkefølge. En måde er at placere vådområder og lavbundsprojekter først, da effekten er størst her og potentialet mere begrænset end både skov og minivådområder. Herefter minivådområder efter samme argumentation og til sidst skov. For Norsminde er det 2)

der er fremgangsmåden, for de to øvrige modeller er det 1). Hvordan virkemidlerne reelt bliver placeret vides som nævnt ikke endnu i VP2, og den modelberegnete rumlige placering af virkemidlerne (relevant for TargetEconN og Norsminde) kan derfor adskille sig fra den kommende reelle placering. Det kan have betydning for potentialeberegningerne i udgangspunktet i 2021. Nye potentialeberegninger, der er offentliggjort efter kalibreringen af modellerne, vil indarbejdes i den efterfølgende anvendelse af modellerne.

For minivådområder indlægges yderligere to kriterier (Landbrugsstyrelsen 2018):

- Størrelsen af de minivådområder, der implementeres, skal være på minimum 0,2 ha, og dette indebærer et krav om et drænopland på mindst 20 ha. Potentialet for minivådområder begrænses i TargetEconN til markblokke der er minimum 20 ha. (maksimum 200 ha) (Miljø- og Fødevareministeriet 2018b). For minivådområder der er 0,5 ha, begrænses potentialet til markblokke der er minimum 50 ha. Pga. begrænsningen af oplande med markblokke vil potentialet være mindre end det faktiske potentiale.
- Af de 20 ha opland, skal mindst 80 % være landbrugsareal i omdrift.

Der vil i nogen tilfælde være flere mindre marker der kan lægges sammen således at de når over grænsen på 20 ha, men der er usikkerhed om hvor ofte det i praksis er muligt. Det kan her være relevant at sammenholde den forventede placering af fx minivådområder i vandplanerne med den nu sandsynlige placering af minivådområder med udgangspunkt i det nye potentialekort.

I Norsminde-modellen tages der udgangspunkt i de enkelte marker og der placering af dræn m.m., hvorved det er muligt relativt præcist at angive hvor minivådområder kan etableres. Effekten vil typisk være anderledes end det nationale gennemsnit.

Opsummerende er VP2-implementeringen modelleret ved at udvaskningseffekten er fast for virkemidlerne inklusive gennemsnitlig retention, dvs. (uden hensyn til variationer i retention, jordtype etc. Forskelle i omkostninger afgør placeringen.

3.3.3 MFO, pligtige efterafgrøder, husdyrefterafgrøder og målrettet regulering

I beregningen af potentialet for implementering af VP3 i 2021, skal der som beskrevet i foregående afsnit tages højde for, at der allerede er optaget areal til opfyldelse af eksisterende regulering. Det drejer sig om: de pligtige efterafgrøder, MFO, husdyrefterafgrøder og målrettet regulering (som givet i bilag 1 til VP2).

Til justering af potentialet, har IFRO og AGRO, for hvert ID15-opland beregnet hvor mange hektar der er anvendt til opfyldelse af hver af de ovenover nævnte krav til implementering af efterafgrøder, tidlig såning, mellemafgrøder og brak samt reduceret norm (der er ikke regnet på energiafgrøder og randzoner).

Tallene er baseret på de forudsætninger der var tilgængelige ved redaktionens afslutning (01/12-2018). Beregningen er dokumenteret i Ørum et al. (2018). Det skal bemærkes, at anvendelsen af efterafgrøder med alternativer

er baseret på analyse af landmænds/bedrifters valg i forhold til omkostningseffektivitet i situationen 2021. Ved implementering af ny målrettet regulering i 2021-2027 må det formodes at omkostningseffektiviteten ændres, dvs. at landmændenes valg mellem efterafgrøder og alternativer ændres hvorved potentialerne, der tages udgangspunkt i 2021, ændres. Dermed skal udgangspunktet i 2021 ses som et øjebliksbillede. I bilag H er angivet det omfang af virkemidler der var nødvendige for at nå kravene om målrettet regulering på ca. 3.500 tons N i 2021.

3.3.4 Opgørelse af potentiale

Det areal der er tilbage til implementering af virkemidler til opfyldelse af målsætningen for VP3 (2021-2027) fordeles ud på virkemidlerne som beskrevet i tabel 9.

Tabel 9 Opgørelse af potentialer for virkemidler i de tre modeller.

Virkemiddel	TargetEconN	SMART	Norsminde
Efterafgrøder Implementeret i vårafgrøder.	Alle arealer med vår(korn) afgrøder* (uden udlæg) i rotation.		Alle arealer i omdrift, hvor det er praktisk muligt at etablere en efterafgrøde. Sædskifteændring: Vintersæd efter vintersæd kan omlægges til vårsæd efter vintersæd med efterafgrøde.
Implementeret i vinterafgrøder (forstået som alternativer som tidlig såning, mellemafgrøder og reduceret N-kvote).	Alle arealer med vinter(korn)afgrøder* (uden udlæg) i rotation.		Majshelsæd skal kunne omlægges til sædskiftegræs dog omkostning til indkøb af grovfoder baseret på SEGES analyser.
Energiafgrøder	Alle arealer i omdrift		-
Vådområder (reetable-rede)	Fra kortdata via Miljø og Fødevareministeriets Geoserver (kortdata.fvm.dk/download/WMSWFS) hentes udpegningskortet for minivådområder (minivaadområdekort2019). Heri ligger også potentialet for almindelige vådområder. Kortet viser i hvilke områder der er potentiale for etablering af vådområder. De arealer der anvendes er arealer beliggende på lavbund i ådal (mørkerøde arealer, se bilag E).		
Mellemafgrøder	Der anvendes 25 % af det samlede areal med vinter(korn)afgrøder i rotation (vinterhvede, -rug, -triticale og andre vintersåede afgrøder, dog ikke helsæd og grønkorn). Det vurderes hvor meget areal der bliver en del af den omkostningseffektive løsning og om det er realistisk. Der kan være behov for at stramme potentialet til kun 10 %. Antagelsen om 25 % af vinterkornarealet er tidligere anvendt i Andersen et al. (2012).		
Brak (ikke permanent)	Alle arealer i omdrift.		
Skovrejsning	Alle arealer i omdrift.		-
Tidlig såning (af vintersæd: vinterhvede, -rug og -triticale)	Der regnes med 30 % af vintersædsarealet med raps/bælgsæd som forfrugt (Ørum og Thomsen, 2016). Potentialet reduceres som følge af landbrugets begrænsede muligheder for at komme tidligt i jorden i forhold til fx maskin- og mandskabskapacitet (Eriksen et al. 2014) og klima.		
Randzoner (smalle)	Der anvendes kortlag for udpegningen for MFO randzoner (10 meter randzone langs alle vandløb) og søer (søer > 100 m ²) beliggende i landzone i opdyrket område med krav om forbud mod sprøjtning, dyrkning og gødskning. Tema ligger på kortdata (https://kortdata.fvm.dk/download/Groenne-Krav). Fra de 10 meter fratrækkes de obligatoriske 2 meter bræmmer jævnt Vandløbsloven. Kortet er leveret fra MST.		
Minivådområder	Fra kortdata via Miljø og Fødevareministeriets Geoserver (kortdata.fvm.dk/download/WMSWFS) hentes udpegningskortet for minivådområder (minivaadområdekort2019). Kortet viser i hvilke områder der er potentiale for etablering af minivådområder. De arealer der anvendes er de "egnede arealer" (mørkegrønne), de "potentielt egnede arealer der er drænede" (mørkeblå) (se bilag E) samt 10 %** af de "potentielt egnede arealer" (mørkegule) samt en korrektion af markblokstørrelse, således at kun markblokke over 20 ha er del af potentialet, som følge af kravet om en minimum oplandsstørrelse på 20 ha (Miljø- og Fødevareministeriet 2018b).		
Afgrøder med høj N-optagelse (græs)	Alle majs arealer. Der regnes med at græs erstatter majs i foderproduktionen.		
Permanent udtagning	Alle arealer i rotation		
Forbud mod omlægning af fodergræs	-	-	-
Lavere N-norm 10 % 20 %	Alle arealer i omdrift, idet nogen vil have anvendt reduceret N-tildeling som et virkemiddel under målrettet regulering.		

* For TargetEconN anvendes estimer beregnet af Jens Erik Ørum, for hvor stort et vår- og vinterafgrødeareal der skal trækkes ud af potentialet som følge af, at arealet allerede er med udlæg.

** De 10 % er skønnet af Seniorforsker Christen Duus Børgesen, AGRO- AU, ud fra en vurdering af fordelingen af jordtyper i kategorier. En måde at trække de 90 % ud af potentialet er ved at se på effekten per kystvandomland (ID15-opland), og kun anvende de 10 % af arealerne med højest forventet effekt.

4. Retention

I alle tre modeller anvendes retentionskort på ID15-niveau. Retentionskortet der anvendes er tilsendt fra Miljøstyrelsen, og det er revideret i forhold til Højberg et al. (2015) i forhold til en række små kystvande ved Fyn, hvor det var nødvendigt at underopdele et ID15-opland for at disse små kystvande havde et opland. Der arbejdes med i alt 3.137 oplande⁵. Hvert ID15-opland er knyttet til et kystvandopland og et hovedvandopland. Dermed er det muligt at regne med et mere aggregeret retentionskort.

Retentionen på ID15-niveau kan korrigeres til kystvand-/hovedvandoplandsniveau som i (4.1):

$$\sum_{\text{Opland}} (\text{Retention}_{\text{ID15}} * \text{Landbrugsareal}_{\text{ID15}}) / \sum_{\text{Opland}} \text{Landbrugsareal}_{\text{ID15}} \quad 4.1$$

Opland er her enten kystvandopland eller hovedvandopland. Retention på anden skala end ID15-skala, kan anvendes til at teste følsomheden i modelresultater som følge af retentionsændringer. Specielt for randzoner er der en betydelig forskel på, om der anvendes retention på kystoplandsniveau eller på ID15-niveau. I sidste gennemførte analyse i SMART i 2015 var retentionen for bred randzone (20 meter) 27 % ved, mens retentionen for smalle randzoner kun var 13 % da disse arealer er placeret tæt ved vandløbet. Dertil kommer at reduktionen i udvaskningen ved brede randzoner er højere fordi de smalle randzoner i højere grad består af arealer der ikke er i omdrift. I SMART er denne forskel speciel, fordi man her har søgt at opgøre den vandløbsnære retention. For de andre virkemidler er der ikke foretaget denne opdeling, da deres placering ikke adskiller sig så meget fra den gennemsnitlige retention i kystvandoplandet. I tidligere vurderinger blev retentionen koblet til randzoner sat til 10 % (Jensen et al., 2015).

Der arbejdes på ny typeinddeling og afgrænsning af kystvande i forhold til en ændret retentionsopgørelse i et projekt ledet af Karen Timmermann (AU-DCE) og Anders Erichsen (DHI). Modellerne kan opdateres til eventuelle nye oplandsgrænser og indsatser, såfremt der kan kobles til markniveau eller ID15-niveau.

⁵ For TargetEconN gælder det, at når retentionskortet kobles med markdata, er der en række ID15 oplande hvor der ikke er koblet nogen marker til i forhold til de arealer der er medtaget i Basemap02. Grunden hertil er, at en række arealer kan ligge i større skovområder eller langs kysten hvor der ikke er registreret nogle marker eller i byområder (Personlig meddelelse, Gregor Levin, Seniorrådgiver, Aarhus Universitet, 17.08.2018). Således arbejdes der i Basemap02 med 3.027 unikke ID15 oplande. I bilag F er vist hvor de ID15 der ikke arbejdes med i TargetEconN er placeret, hvilket primært er ID15-oplande i Københavnsområdet.

5. Håndtering af Fødevarer- og landbrugspakken i de tre modeller

Aftalen om Fødevarer- og landbrugspakken (FLP) (Regeringen et al., 2015) blev offentliggjort i december 2015 med implementering i løbet af 2016 og 2017. Pakken indeholder flere initiativer, men dem som er koblet til kvælstof omfatter primært fire områder: en lempelse af kvælstoftildelingen (skift til økonomisk optimale normer), udeladelse af yderligere efterafgrøder, ændrede regler vedr. opfyldelse af krav om Miljøfokusarealer (MFO), samt kollektive virkemidler og målrettet regulering (Regeringen et al., 2015; Jacobsen, 2017).

For at kunne regne på de erhvervsøkonomiske konsekvenser af implementeringen af indsatskrav i 3. vandplanperiode, er det vigtigt at udgangspunktet for udvaskning og potentialer i 2021 svarer til den forventede situation i 2021. Det vil sige, at der tages hensyn til at landbruget kan gødske op til økonomisk optimum ligesom der tages højde for anden eksisterende kvælstofregulering som fx de pligtige efterafgrøder og husdyrefterafgrøder. I det følgende beskrives det, hvordan der i TargetEconN, SMART og Norsminde tages højde for implementeringen af Fødevarer- og Landbrugspakken i forhold til anvendte dækningsbidrag, udvaskningsestimer og opgjorte potentialer.

5.1 Dækningsbidrag

I alle tre modeller beregnes omkostningerne ved virkemidler med udgangspunkt i de tabte dækningsbidrag som beskrevet i tabel 6. For TargetEconN betyder dette, udbyttet og indtjeningen i udgangspunktet er baseret på femårige gennemsnit over høstårene 2013/14-2017/18 for de enkelte afgrøder. Dermed indgår årene efter implementering af FLP i gennemsnittet, hvorved der tages forbehold for ændringer i forbruget af kvælstof, udbytte og udbyttepriser som følge af FLP. Det er vigtigt at anvende gennemsnit, da prisniveauet i et enkelt år kan være styret af ændringer i udbud og efterspørgsel i det specifikke år. I forhold til FLP giver dette dog en udfordring specielt i forhold til udbytter og kvælstofanvendelse, idet der i gennemsnittet indgår to år med den lave N-norm (2013/2014 og 2014/2015), et år med en norm 7 % under optimum (2015/2016) (Mikkelsen og Albrechtsen, 2017) og to år med mulighed for fuld N-norm (2016/2017 og 2017/2018). Det kan som led i følsomhedsanalyserne teste, hvordan en forventning om højere dækningsbidrag i 2017 og frem influerer på den omkostningseffektive løsning i 2021. For SMART og Norsminde gælder at opgørelser for tab af indtjening ved fx udtagning også vil være baseret på dækningsbidragsopgørelser fra år, hvor der ikke var optimal N-tildeling. Det forventes at omkostningerne ved fx udtagning vil blive højere når beregningerne baseres på at der i udgangspunktet sker en optimal kvælstoftildeling.

Nye analyser foretaget af DCE (Blicher-Mathiesen et al. 2019 (Novana)) og IFRO (Jacobsen, 2019) viser, at N-normudnyttelsen af den samlede kvote de sidste fire år har været stort set på samme niveau (ca. 94 %). Landmænd har således udnyttet en stor andel af den merkvote de har fået tildelt, men analyserne indikerer også, at mange landmænd med husdyr, har udnyttet kvoten fuldt ud, mens bl.a. planteavlere ikke i alle tilfælde har udnyttet kvoten fuldt ud. Nærmere analyser af den faktiske kvoteudnyttelse foretages i 2019 og det

vil hjælpe til at vurdere om omkostningerne ved normreduktion som virkemiddel kan differentieres. En vurdering af merindtjeningen, som følge af de højere normer, har ikke været let, idet indtjeningen påvirkes af andre forhold. Fx blev udbytterne i 2016 påvirket af megen nedbør og i 2018 af tørke.

For SMART-modellen er normreduktionen opgjort som kr. pr. ha og det vil tage udgangspunkt i fuld kvoteudnyttelse i udgangspunktet. I Norsminde-modellen er antagelsen som angivet at gødningstildelingen i 2017 er den optimale kvælstoftildeling.

5.2 Udvaskningsestimater

I **TargetEconN** anvendes udvaskningsestimater som gennemsnit over perioden 2011/12-2015/16 hvorved der ikke tages hensyn til et eventuelt ændret kvælstofforbrug og deraf afledt udvaskning som følge af FLP. Dermed kan udvaskningen være underestimeret.

Udvaskningsestimaterne er beregnet med NLES4 og er baseret på landbrugsgets indrapporterede gødningsforbrug. Ved beregning af udvaskningsestimaterne fandtes der ikke indrapporterede gødningsdata for 2016/2017 og 2017/2018. Der er beregnet udvaskningsestimater for 2015/2016, men for TargetEconN er det besluttet at udelade dette år, fordi 2015/2016 repræsenterer en delvis implementering af landbrugspakken. Når der foreligger data for en længere årrække efter FLP (fx 2016-2019) og opdaterede udvaskningsestimater, er det muligt at lægge disse ind i modellen for udvaskning efter implementering af FLP og sammenligne til før FLP. For at tage højde for et eventuelt højere udvaskningsniveau efter implementeringen af FLP, er det muligt at foretage en følsomhedsanalyse på udvaskningsestimaterne. Ifølge Blicher-Mathiesen et al. (2018) ses en gennemsnitlig stigning i udvaskning på ca. 8 % fra 2015-2016 i LOOP-oplandene. Nationalt er der ifølge Danmarks Statistik (Statistikbanken, tabel KVAEL2) sket en stigning i forbruget af handelsgødning fra i 2015/2016 til 2016/17 med ca. 28 %.

I **SMART** anvendes estimater fra Eriksen et al. (2014) og de vil blive opdateret når der foreligger nye estimater.

I **Norsminde-modellen** er NLES4 implementeret som en integreret del af modelgrundlaget (GUUS-modellen), og der regnes derfor på udvaskningsestimater baseret på en forventet tildeling af kvælstof ud fra økonomisk optimum. Udvaskningsberegningerne er fortsat baseret på empiriske data fra 2007-2011. Der tages hensyn til implementeringen af Fødevarer- og landbrugspakken ud fra en forventning om, at landbruget udnytter den fulde kvælstofkvote, svarende til gødningsanvendelsen i 2017.

For alle tre modeller gælder det, at der i beregningen af det potentiale der står til rådighed i 2021 til implementering af VP3, tages hensyn til allerede implementeret lovgivning i forbindelse med landbrugsarealet (fx de pligtige efterafgrøder) (se detaljer i kapitlerne foran). Derudover tages hensyn til den målrettede regulering som følge af Fødevarer- og landbrugspakken, hvor der stilles krav om bl.a. implementering af virkemidler i perioden 2019-2021. Yderligere blev der i FLP besluttet implementering af en række kollektive indsatser, herunder vådområder, minivådområder og skovrejsning, hvilke også trækkes ud af potentialet.

5.3 Markkort

I TargetEconN- og Norsminde-modellen tages der udgangspunkt i markkortet fra 2016, hvilket betyder en eventuel ændring i afgrøderotationen som følge af FLP er inkluderet i modellerne. Til bestemmelse af afgrøden per mark i TargetEconN, anvendes fordelingen af afgrøder per mark over årrækken 2012-2016 for at afspejle et 5-årigt sædskifte. Dermed tages der ikke højde for evt. ændringer i sædskiftet som følge af FLP (for 2016), men kun forbehold for den eventuelle ændring der skete i 2016. Markkort for efterfølgende år haves ikke.

I Norsminde-modellen blive de faktisk dyrkede afgrøder anvendt som baggrund for valget af en af de 15 typesædskifter angivet i bilag H1.

I **SMART** anvendes aggregerede data baseret på markkortet fra 2016. Markkortet kan i alle tre modeller opdateres løbende som nye markkort bliver tilgængelige via indberetningssystemet.

6. Udgangspunkt for N-udvaskning i 2021 og den udskudte indsats

Det udgangsniveau for udvaskning der er angivet i bilag 1 til VP2 (Miljø- og Fødevareministeriet, 2016) er ikke nødvendigvis det samme som det udgangspunkt som de beskrevne modeller vil beregne i deres optimeringsrutiner, men pga. modellernes beregningsmetoder influerer det ikke nødvendigvis på resultatet. Der forklares derfor i det følgende for hver af modellerne hvordan udgangspunktet for udvaskning i 2021 beregnes i hver af de tre modeller, og hvorvidt det har indflydelse på beregningen af omkostningseffektiviteten af implementeringen af VP3.

Den nuværende belastning der regnes med i VP2 til opgørelse af udvaskningen af kvælstof til vandmiljøet i 2012 er et simpelt gennemsnit over årrækken 2010-2014. Beregningen viser en kvælstoftilførsel på ca. 56.800 tons. Dertil kommer en belastning på 5.200 tons som følge af lempelserne i landbrugspakken i 2015 der korrigeres ved implementering af målrettede efterafgrøder. Baselinebelastningen i 2021 blev inden VP2 beregnet til ca. 56.000 tons (Vandområdeplanerne, Bilag 1) Herfra skal fratrækkes den planlagte effekt af kvælstofindsatsen 2015-2021 der inkluderer kollektive virkemidler, målrettet regulering og data for spildevandsrensning. I alt regnes med en udskudt effekt på ca. 6.200 tons der skal løses med VP3 for at nå målbelastningen på ca. 44.700 tons N (Bilag 1 til VP2).

Alt efter hvordan en models beregningsrutine er, kan udgangsniveauet for udvaskning have stor betydning for den endelige omkostningseffektivitet.

6.1 TargetEconN

Udvaskningen i udgangspunktet (2012) beregnes ved hjælp af udvaskningsestimater beregnet som gennemsnit over årene 2011-2015. Udvaskningen kan være over/underestimeret som følge af anvendelsen af gennemsnitsværdier for udvaskning eller som følge af aggregerede afgrødegrupperinger i TargetEconN (se tabel 1). Fra den beregnede udvaskning per ID15-opland (summeret fra markniveau) trækkes effekten af de planlagte og etablerede indsatser under VP2 (kollektive virkemidler samt MFO, spildevandsindsats og målrettet regulering). Der regnes med en effekt på 33 kg N/ha for efterafgrøder.

Herudover vil indsatsbehovet i TargetEconN ligesom for SMART, være de 6.200 tons N fordelt på oplandene.

6.2 SMART

I SMART analyseres ændringer og ikke absolutte niveauer hvorfor fokus for VP3 vil være de 6.200 tons N og omkostningerne ved at nå dette reduktionskrav.

6.3 Norsminde

Udvaskning beregnes med anvendelse af GUUS-modellen (Ørum og Thomsen, 2017). Modellen er kalibreret til NLES4-kørsler for samtlige DMI-klimagrid. Data er klimakorrigerede i forhold til 2005-2011, differentieret i for-

hold til jordbundsforhold (ler, humus og C/N forhold) baseret på kvadratnettet og afstrømning baseret på DMI-klimagrid. Øvrige væsentlige parametre er husdyrintensitet, gødningsniveau og sædskifte (afgrøderækkefølge).

Effekt af efterafgrøder og permanent udtagning beregnet med NLES4/GUUS følger grundlæggende effekter angivet i Eriksen et al. (2014). Effekt af udtagning og efterafgrøder baseres på virkemiddelkataloget, er dog korigeret for ikke kategorisk (dvs. med kontinuert) effekt af stigende husdyrintensitet som beskrevet i Norsminde-rapporten (Ørum et al., 2017).

Det er muligt at kalibrere udvaskningsmodellen for de enkelte ID15, så den beregnede udvaskning og udledning fra et ID15-opland svarer til en målt udvaskning fra samme periode og ID15 under forudsætning af en given gødnings- og arealanvendelse samt viden om placering af efterafgrøder. En sådan kalibrering er vanskelig, usikker og ressourcekrævende, men gennemført for de seks ID15-oplande i Norsminde Fjord vandopland i Ørum et al. (2017). Omkostninger ved normreduktioner er beregnet som i Ørum et al. (2017) samt Ørum og Thomsen (2016).

7. Videreudvikling af modelgrundlag

Hver af de tre modeller er sat op til at indarbejde tab af kvælstof til grundvand og tab af fosfor til overfladevand når data foreligger. Datagrundlaget hertil er dog ikke fuldstændigt endnu. Modellerne er også sat op til at implementere spildevandsindsats. Det beskrives i det følgende, hvordan fosformålsætning i VP2, spildevand som virkemiddel og reduktion af N-udledning til grundvand implementeres i hver af modellerne, dels i forhold til hvad der har været muligt i indeværende projekt og hvad der forventes muligt fremover, når data fremkommer i forbindelse med andre igangværende projekter.

7.1 Grundvand

Miljøstyrelsen ønsker, at modellerne sættes op til at kunne omkostningsminimere på kvælstof tabt til grundvand på samme måde, som der regnes på kvælstof tabt til kystvandet. Generelt vil der med de indsatser, der gøres i VP3, også ske en forbedring af grundvandet. Målet for grundvand er ikke opgjort, men kan anvendes i modellerne, hvis det opgøres som Kg N til rodzonen. Der er i VP2 ikke fastlagt en særskilt forbedringsindsats af hensyn til grundvand, men i modelopsætningen for beregninger for VP3 vil der på et senere tidspunkt evt. kunne indgå et indsatsbehov på ID15-niveau for grundvand. Der indregnes ikke effekt af særlige drikkevandsinteresser.

For **TargetEconN** vil der optimeres på grundvandsindsatsen ved at modellen sættes op til at køre med multiple målsætninger (se afsnit 2.1.1), dvs. optimere på implementeringen af virkemidler ved opnåelse af flere mål – grundvands og kystvandsmål. For at kunne udføre denne type optimering af reduktioner af kvælstof til grundvandet, er det nødvendigt at definere.

- indsatser for ID15-områder.
- specificering af grundvandsvirkemidler og deres effekt, evt. antage at effekten til rodzonen svarer til grundvandseffekten, eller at specificere hvor meget kvælstof der når grundvandet (retention mellem rodzone og grundvandsmagasin).

I **SMART** og **Norsminde** vil de krav, der måtte være for grundvandet, som i TargetEconN, kunne håndteres enten som et krav til reduceret udvaskning fra rodzonen eller som et minimumskrav til udtagning/efterafgrøder inden for givne ID15-områder, der sikrer grundvandskvaliteten.

7.2 Fosfor

MST ønsker, at modellerne sættes op til at kunne omkostningsminimere på fosfor tabt til søer samt fosfor tabt til vandløb og kystvand på samme vis som der regnes på kvælstof tabt til kystvande. Inden for dette projekts tidsmæssige afgrænsning, er det ikke muligt at implementere fosfor i modellerne som selvstændigt mål, da virkemiddeleffekterne endnu ikke er kendte. Alternativt regnes derfor kun på en afledte effekt på fosfor som følge af optimeringen på kvælstof i oplandene. Dette kan kun ske for implementering af minivådområder samt spildevand. Det afgøres ikke hvor fosfor tabes til i oplandet (hvilke søer og vandløb, da det forudsætter kendte tabsveje), men kun hvor meget fosfor der tilbageholdes i rodzonen som følge af de implementerede minivådområder, inden for hvert opland. Der anvendes et estimat for fosfor på 25 kg

P/ha minivådområde/år. Estimatet er et gennemsnit baseret på (Eriksen et al., 2014). Det bemærkes, at estimatet er givet per hektar minivådområde og IKKE pr hektar opland som estimerne for kvælstofeffekt er.

For **TargetEconN**, er det muligt at optimere på fosforindsatsen, da modellen som nævnt kan sættes op til at køre med multiple målsætninger (afsnit 2.1.1), dvs. optimere på implementeringen af virkemidler ved opnåelse af flere mål. For at kunne optimere på fosfor tabt til søer, er det nødvendigt med data på:

- Indsatsbehov i målsatte søer (dette er givet i bilag 2 til VP2)
For de søer, hvor et indsatsbehov over for fosfor kan opgøres, er der på landsplan opgjort et nettoindsatsbehov på ca. 103 tons (opgjort ved indregning af effekt af indsats til evt. opstrøms beliggende søer). Det har ikke været muligt at beregne et indsatsbehov for søer uden et defineret afløb, ligesom der heller ikke er beregnet et indsatsbehov til søer med ukendt tilstand i VP2. Bruttoindsatsbehovet til de enkelte søer fremgår af bilag 2 til VP2.
- Potentiale for implementering af fosforvirkemidler, herunder fosforvådområder og specificering af effekt opnået i søen.

Der skal etableres ca. 900 ha fosforvådområder med en effekt på mindst 5 tons fosfor i søer. Fordelingen af fosforvådområder mellem hovedvandsoplande er foretaget forholdsmæssigt ud fra det enkelte hovedvandoplands andel af det samlede indsatsbehov. For hovedvandsoplande, hvor den beregnede indsats var < 50 kg fosfor, blev indsatsen udtaget af hovedvandoplandet og fordelt forholdsmæssigt på oplande med indsatser >50 kg. Den påtænkte fordeling af vådområdeindsatsen fremgår af bilagene til bekendtgørelse om indsatsprogrammer for vådområdedistrikter (BEK nr. 1521 af 15/12/2017).

Sørestaurering i VP2 er som udgangspunkt fastlagt, hvor fosforpåvirkning af en sø er ophørt, men hvor en aktiv indsats er påkrævet, hvis søen inden for 1-2 vandområdeplanperioder skal opnå god tilstand. I VP2 er der fastlagt en restaureringsindsats for 24 søer. For 11 af de 24 søer er den fastlagte indsats overført fra VP1. Det fremgår af bilag 2 til VP2, at der til en række af disse 11 søer stadig er et indsatsbehov for fosfor.

Der er etableret en opkøbsordning for dambrug. Det forventes, at der i planperioden opkøbes ca. 50 dambrug med en forventet effekt på ca. 10 tons fosfor.

Ud over de ovenstående beskrevne indsatser, vil også andre dele af vandområdeplanens indsatsprogram bidrage til at forbedre søernes tilstand. Det gælder fx øget spildevandsrensning.

Der kan i 2019 leveres data på:

- GIS-lag oplande til søer
- GIS-lag søer målsat i VP2
- Fosforindsatsbehov fremgår af VP2 bilag 2
- Data på udlagte fosforvådområder
- Søer, hvor der er i gangsat restaurering
- Hvor der er opkøbt dambrug

Dog gælder for fosfor at tabsveje er komplicerede og der er derfor en risiko for, at virkemidler måske nok har en effekt for en type af fosfortab, men ikke nødvendigvis dækker flere tabsveje.

For **SMART** og **Norsminde** vil der lige som i **TargetEconN** være muligt at indarbejde multiple målsætninger bl.a. hvor de oversættes til konkrete indsatskrav der tilgodeser flere P-tabs veje (fx randzoner). Der kan i begge modeller ske en opsamling af den samlede fosforeffekt. Fosformålsætninger og virkemidler er endnu ikke implementeret, men afventer endelig datagrundlag mv.

7.3 Spildevand

Spildevandsrenseanlæg reducerer spildevandets indhold af både fosfor og kvælstof. Det er derfor et virkemiddel, der skal indgå som virkemiddel for både fosfor- og kvælstofindsatsen. Der ses dels på spildevandsforsyningers renseanlæg (renseanlæg), regnbetingede overløb og ukloakerede ejendomme i spredt bebyggelse.

Fra Miljøstyrelsen (Pulsdatabasen; BBR) leveres følgende data (data opdateres i 2019):

- Placering af spildevandsanlæg med KMS koordinat (og placering i ID15-opland).
- Trinvis opgradering af rensetrin på renseanlæg indtil anlægget er fuldt udbygget til maksimal fjernelse af fosfor og kvælstof.
- Installation eller udbygning af overløbsbassiner ved regnbetingede overløb, så udløbsmængden reduceres til ca. 250 m³ overløbsvand pr. oplandshektar pr. år.
- Installation af decentralt SOP (skærpet krav til reduktion af organisk stof og fosfor samt skærpet krav til nitrifikation) renseanlæg på ukloakerede ejendomme i spredt bebyggelse.
- Tilknytning af effekter i kg N og kg P for hver anlægsoptimering/udbygning.
- Tilknytning af omkostninger i kr. pr. kg N og kg P for hver anlægsoptimering/udvidelse.

I tabel 10 er illustreret, hvordan data er sat op i forhold til hver af de tre typer af anlæg.

Tabel 10 Spildevandsdata for forskellige typer af anlæg.

	Udbygning 1	Udbygning 2	Udbygning 3	Udbygning 4
Renseanlæg	MBN	MBNDK	MBNDKF	MBNDKFe
N og reduktion, kg N (P)/år	Udledning i baseline minus udledning efter implementering af udbygning 1	Udledning i baseline minus udledning efter implementering af udbygning 2	Udledning i baseline minus udledning efter implementering af udbygning 3	Udledning i baseline minus udledning efter implementering af udbygning 4
Omkostninger, DKK	Udbygning 1	Udbygning 1 + udbygning 2	Udbygning 1 + udbygning 2 + udbygning 3	Udbygning 1 + udbygning 2 + udbygning 3 + udbygning 4
Real rente ved annuiering	3	3	3	3
Løbetid	40	40	40	40
Rumlig placering	UTM32-ETRS89. X,Y koordinaterne markerer udløbsrørets slutning.	Samme som udbygning 1	Samme som udbygning 1	Samme som udbygning 1

Anlæg i forbindelse med regnbetingede overløb	Forsinkelsesbassin
N og reduktion, kg N (P)/år	Udledning i baseline minus udledning efter implementering af udbygning 1
Omkostninger, DKK	Udbygning 1
Rente ved annuiering (renteforudsætninger som anbefalet af Finansministerie)	3
Løbetid	50
Rumlig placering	UTM32-ETRS89. X,Y koordinaterne markerer udløbsrørets slutning.

Anlæg i forbindelse med spredt bebyggelse	Lokal rensning – minirensanlæg (SOP)
N og reduktion, kg N (P)/år	Udledning i baseline minus udledning efter implementering af udbygning 1
Omkostninger, DKK/ år (investering plus årlige drift og vedligehold)	Udbygning 1
Rente ved annuiering (real renten) (renteforudsætninger som anbefalet af Finansministeriet).	4.
Løbetid	15
Rumlig placering	KoordinatØst, KoordinatNord

Note: Data er dokumenterede i COWI (2014, 2017).

Data er pt. fra 2017. For mere robuste estimater opdateres data løbende til gennemsnit over kommende år. Data, der anvendes i dette projekt, er derfor midlertidige. Som for de arealbaserede kollektive virkemidler, er der i spildevandsdata taget hensyn til den spildevandsindsats, der er forudsat gennemført i VP2. Det drejer sig om en spildevandsindsats svarende til 44,3 ton kvælstof per år.

Spildevandsrenseanlæggene i **TargetEconN** indgår på lige fod med andre kvælstofvirkemidler. Det vil sige, anlæggene indgår med potentiale, effekt og omkostning, og de indgår i den omkostningseffektive løsning i de oplande, hvor dette er optimalt. Da modellen endnu ikke er opsat til at omkostningsminimere på fosforindsatsen, beregnes den afledte fosforeffekt ved optimering på kvælstof i kystvandet.

Med hensyn til retention, regnes kun med overfladevandsretentionen.

For **SMART** og **Norsminde**, er spildevand og tilknyttede virkemidler endnu ikke implementeret, men de ville kunne indgå på linje med andre virkemidler.

8. Opsamling

I dette projekt er tre modeller sammenlignet i forhold til model specifikationer og datalag. Alle tre modeller er egnede til analyse af omkostningerne ved implementering af VP3.

Modellernes datagrundlag er opdateret og så vidt muligt forsøgt ensrettet, således at en sammenligning af modelresultater kan fokuseres på enkelte forskelle i inputdata og i opsætningen af modellerne.

Det skelnes i mellem implementering af VP2 med beregning af potentiale for opnåelse af indsatsbehovet i VP2, hvor der er fastsat forventede effekter af indsatserne, dvs. som besluttet i VP2, samt den efterfølgende fremadrettede modellering af opfyldelse af indsatkravet i VP3. Til modelleringen af VP3 anvendes de beregningsforudsætninger og beregningsrutiner som er beskrevet i nærværende rapport til at omkostningseffektivt placere virkemidler til at opfylde det udskudte indsatsbehov.

I tabel 11 er skitseret de største forskelle mellem modellerne i forhold til inputdata og modelspecifikationer og i tabel 13 er skitseret de største forskelle i forhold til modellering af virkemidler (effekt, potentiale og omkostninger).

Tabel 11 Forskelle i modelspecifikationer og datainput til beregninger i VP3.

	TargetEconN	SMART	Norsminde
Geografisk placering af virkemidler og potentialespecifikation	+		+
Optimeringsenhed	Mark	ID15	Bedriftsniveau
Bedriftssammenhæng (harmoniareal, grovfoderstruktur)			Der er indlagt restriktioner i modellem mht. harmoniareal og grovfoder.
Udvaskningsestimater	Per afgrøde, beregnet ved NLES4 og registreret input af gødning i perioden 2011-2015.	Effekt er baseret på NLES4 beregninger i virkemiddelkataloget.	Per afgrøde inklusiv forfrugt i sædskiftet, beregnet ved NLES4 og antagelse om anvendelse af gødning op til økonomisk optimum (fuld kvoteanvendelse).
Udvaskningsestimater for kollektive virkemidler	Der anvendes standardværdier		Effekten beregnes for den pågældende lokalitet.
Effekt af virkemidler i marken	Difference til udvaskningen fra eksisterende afgrøde.	Anvendelse af virkemiddeleffekter per ID15-opland ud fra en gennemsnitsbetragtning over bl.a. afgrødesammensætning og husdyrintensitet.	Difference til udvaskningen fra eksisterende afgrøde.
Dækningsbidrag	Per afgrøde. Som gennemsnit for de enkelte mark over fem år, tilnærmet sædskifte.	Gennemsnitligt indkomsttab per ID15-opland.	Per afgrøde i sædskiftet.

Tabel 12 Forskel mellem modeller i forhold til geografisk niveau for modellering af virkemidler.

	TargetEconN	SMART	Norsminde
Hele landet	X	X	Nej
Kystopland	X	X	Udvalgte oplande
ID15-niveau	X	(X)	X
Bedriftsniveau			X

Som det fremgår af tabel 11 og tabel 12 er der større og mindre forskelle de tre modeller imellem. Forskellene vil betyde, at modellernes bud på den mest omkostningseffektive løsning er forskellige. De forskelle der antages at udgøre den største forskel, er den geografiske implementering af virkemidler i forhold til målsætningen i kystvandsoplande. TargetEconN og SMART understøtter analyser på nationalt og regionalt niveau, mens Norsminde understøtter implementering på bedrifts- og kystvandoplandsniveau. Norsminde er sat op for få oplande, og er velegnet til analyser af konkrete, detaljerede reguleringsinitiativer og de dermed knyttede, kortsigtede, driftsøkonomiske barrier og omkostninger. TargetEconN og SMART dækker hele landet, er ikke begrænset af den nuværende bedriftsstruktur og kræver ikke samme detaljeringsgrad i beskrivelsen af reguleringsinitiativerne.

Det vurderes, at TargetEconN vil give en større økonomisk gevinst ved målretning end SMART, idet der er større variation i indtjeningstab og kvælstofeffekt med udgangspunkt i den geografiske variation. Det betyder omvendt, at der er med TargetEconN stilles større krav til at fremme den konkrete placering af virkemidler på den angivne lokalitet til de anførte omkostninger.

Udover at de tre modeller er opdaterede, så er de også gjort klar til at kunne håndtere optimering af fosforindsatsen, spildevandsindsatsen og tab af kvælstof til grundvandet. Fosfor, grundvand og spildevand kommer til at indgå i hver af de tre modeller, når data foreligger. Geografiske niveauer og tabsveje skal afklares, virkemiddeleffekter skal specificeres, herunder datagrundlaget for bindingskapacitet, overfladeafstrømning, erosion ift. fosfor.

Af de tre modeller, er det kun TargetEconN der pt. kan håndtere målsætninger og virkemidler for fosfor, spildevand og grundvand, men for denne model gælder det også, at fosforeffekter og grundvandsindsatskrav først kan indarbejdes når data er klar. Geografiske niveauer og tabsveje skal afklares.

Der er identificeret en række forskelle mellem modellerne, som giver grundlag for følsomhedsanalyser af betydningen for resultaterne. Nogle af disse er fx modelleringen af effekt af virkemidler, og om der kan implementeres flere virkemidler på samme arealer med additive effekter. Nogle virkemidler kan jo i realiteten godt implementeres på samme areal (fx efterafgrøder og reduceret kvælstofgødskning), mens andre ikke kan eller vil have en lavere effekt af virkemidler nedenstrøms. Den samlede effekt på kvælstoftabet af flere virkemidler på et areal er ikke altid summen af effekterne ved de individuelle virkemidler og antagelser herom er derfor vigtige for følsomhedsanalyser. Summen vil sandsynligvis ikke svare til summen af de individuelle effektestimater.

Retentionsmodelleringen i modellen er baseret på tilgængelige retentionskort, og er vigtig for den omkostningseffektive løsning. Hvis retentionen er

overvurderet/for høj, påvirker det omkostningerne i opadgående retning, og omvendt hvis den er for lavt sat.

Der tages i forskellig grad hensyn til additivitet i modellerne således at etablering af fx efterafgrøder opstrøms til fx minivådomåder, vil betyde at der tilføres mindre N, hvilket reducerer den absolutte effekt (ikke den relative) og det vil øge omkostningerne pr. kg N. Følsomhedsanalyser vil kunne afdække effekterne af additivitet kontra at der ikke tages hensyn til samspil.

Der er med disse tre modeller et grundlag for at kunne analysere de økonomiske konsekvenser af fremtidige krav i vandområdeplanerne med henblik på at nå målene i vandrammedirektivet, samt forskelle i forudsætningerne som fx additivitet. De tre modeller er forskellige i bl.a. detaljeringsgrad og anvendelse af rumlig placering af virkemidler, mens en række for modelleringen af andre forhold er søgt anvendt de samme grunddata. Modellerne vil således kunne belyse den variation der kan være i modellernes anbefalinger til valg af omkostningseffektive virkemidler og deres placering.

Referencer

Adhikari, K.; Hartemink, A.E.; Minasny, B.; Kheir, R.B.; Greve, M.B. & Greve, M.H., 2014: Digital Mapping of Soil Organic Carbon Contents and Stocks in Denmark, PLoS One 9(8), e105519.

Andersen, H.E.; Jensen, P.N.; Vinther, F.P.; Sørensen, P.; Hansen, E.M.; Thomsen, I.K.; Jørgensen, U. & Jacobsen, B., 2012: Virkemidler til N-reduktion – potentialer og effekter. Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. 30. januar 2012.

Andersen, H.E., Aarhus Universitet, Bioscience. Personlig meddelelse.

Blicher-Mathiesen, G., Rasmussen, A., Rolighed, J., Estrup Andersen, H., Vodder Carstensen, M., Grewy Jensen, P., Wienke, J., Hansen, B. & Thorling, L., 2018: Landovervågningsoplande 2016. NOVANA. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 273, 2018.

COWI, 2014: Virkemidler overfor punktkilder. Udarbejdet for Naturstyrelsen, august 2014. Tilgængelig via: https://mst.dk/media/121111/71_virkemidler-overfor-punktkilder-rapport-fra-cowi-august-2014.pdf

COWI, 2017: Udarbejdelse af spildevandsindsatsprogrammer til reduktion af kvælstofbelastningen i 4 spildevandsbelastede kystvandoplande. Udarbejdet for Styrelsen for Vand og Naturforvaltning (SVANA), januar 2017. Tilgængelig via: <https://mst.dk/media/128655/76-cowi-spildevandsrapport-april-2017.pdf>

De Økonomiske Råd, 2015: Miljø og Økonomi. De økonomiske Råd, formandskabet. Tilgængelig via: <https://dors.dk/files/media/rapporter/2015/m15/m15.pdf>

Eriksen, J.; Jensen, P.N. & Jacobsen, B., 2014: Virkemidler til realisering af 2. generations vandplaner og målrettet arealregulering. DCA rapport nr. 052. December 2014. Aarhus Universitet, DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug.

Finansministeriet, 2017: Vejledning i samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger. August 2017. Tilgængelig via: <https://www.fm.dk/publikationer/2017/vejledning-i-samfundsøkonomiske-konsekvensvurderinger>

Gyldenkerne, S. & Greve, M.H., 2015: For bestemmelse af drivhusgasudledning ved udtagning/ekstensivering af landbrugsjorder på kulstofrige lavbundsjorder. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 47 s. - Teknisk rapport fra DCE -Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 56. Tilgængelig via: <http://dce2.au.dk/pub/TR56.pdf>

Højberg, A.L.; Windolf, J.; Børgensen, C.D.; Trolldborg, L.; Tornbjerg, H.; Blicher-Mathiesen, G.; Kronvang, B.; Thodsen, H. & Ernsten, V., 2015: National kvælstofmodel. Oplandsmodel til belastning og virkemidler. Metode rapport. De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland. Øster Voldgade 10, 1350 København K.

Hasler, B., Konrad, M., Hansen, L.B., Jacobsen, B. & Ørum, J.E. (under udarbejdelse, publicering i 2019). Erhvervs og socioøkonomiske konsekvenser ved fuld implementering af vandrammedirektivet i 2027. Rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi.

Hasler, B., Hansen, L.B., Andersen, H.E. & Konrad, M., 2015: Modellering af omkostningseffektive reduktioner af kvælstoftilførslerne til Limfjorden: Dokumentation af model og resultater. Aarhus University, DCE - Danish Centre for Environment and Energy.

Jacobsen, B.H., 2012: Analyse af omkostningerne ved en yderligere reduktion af N-tabet fra landbruget med 10.000 tons N. Udredning 2012 / 26. Notat til Miljø- og Fødevareministeriet. Tilgængelig via: https://static-curis.ku.dk/portal/files/176920154/IFRO_Udredning_2016_09.pdf

Jacobsen, B.H., 2016: Analyse af omkostninger ved scenarier for en reduktion af N-tabet i relation til Fødevare- og Landbrugspakken 2015. Udredning 2016 / 9. Notat til Miljø- og Fødevareministeriet. Tilgængelig via: https://static-curis.ku.dk/portal/files/176920154/IFRO_Udredning_2016_09.pdf

Jacobsen, B.H., 2017: Beregning af kvælstofskyggepris med udgangspunkt i Fødevare- og Landbrugspakken. Udredning 2017/ nr. 8. Tilgængelig via: https://curis.ku.dk/ws/files/179405531/IFRO_Udredning_2017_08.pdf

Jacobsen B.H. & Hansen, A.L., 2016: Economic gains from targeted measures in agriculture based on detailed nitrate reduction maps. Science of the Total Environment. 556, 264-275.

Konrad, M.T.; Andersen, H.E.; Thodsen, H.; Termansen, M. & Hasler, B., 2014: Cost-efficient reductions in nutrient loads; identifying optimal spatially specific policy measures. Water Resources and Economics 7, pp. 39-54.

Konrad, M.T.; Andersen, H.E.; Gyldenkerne, S. & Termansen, M., 2017: Synergies and Trade-offs in Spatially Targeted Water Quality and Climate Change Mitigation Policies, Land Economics 93:2, p. 309-327.

Kristensen, K., Waagepetersen, J., Børgesen, C.D., Vinther, F.P., Grant, R. & Blicher-Mathiesen, G., 2009: Genestimering og videreudvikling af modellen N-LES til beregning af kvælstofudvaskning fra landbrugsjord N-LES₃ til N-LES₄. i CD Børgesen, J Waagepetersen, TM Iversen, R Grant, B Jacobsen & S Elmholt (red), Midtvejsevaluering af vandmiljøplan III: Hoved- og baggrundsnotater. bind 142, Aarhus Universitet, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, s. 97-100.

Larsen, P. & Balslev Sørensen, M. (eds) 1996: Geografiske data hos Afdeling for Arealanvendelse. Lavbund og okker. SP rapport nr. 6, april 1996. Statens Planteavlsforsøg, Forskningscenter Foulum.

Larsen, S.U., 2018: Kalkulation for pil – direkte flisning. Farmtalonline.dk, SEGES. Tilgængelig via: <https://farmtalonline.dlbr.dk/Navigation/NavigationTree.aspx>

Landbrugsstyrelsen, 2018: Minivådområder. Tilgængelig via: <http://lbst.dk/landbrug/natur-og-miljoe/minivaadomraader/#c48420>

Levin, G.; Iosub, C.-I.; Rudbeck-Jepsen, M., 2017: Basemap02 - Technical documentation of the method for elaboration of a land-use and land-cover map for Denmark. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy. Technical Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 95. Tilgængelig via: <http://dce2.au.dk/pub/TR95.pdf>

Mikkelsen, M.H. & Albrechtsen, R., 2017: Fremskrivning af landbrugets ammoniakemission 2016-2035. Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. 22. marts 2017. Tilgængelig via: http://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2017/DCE_Notat_vedr_ammoniak-fremskrivning_2016_2035.pdf

Miljø og Fødevareministeriet, 2016a: Markkort over økologiske marker 2016. Miljø og Fødevareministeriet. København.

Miljø og Fødevareministeriet, 2016: Vandområdeplan 2015-2021. Miljø og Fødevareministeriet. Styrelsen for Vand- og Naturforvaltning. København. Tilgængelig via: <https://mst.dk/natur-vand/vandmiljoe/vandomraadeplaner/vandomraadeplaner-2015-2021/vandomraadeplaner-2015-2021/>

Miljø- og Fødevareministeriet, 2010-2016: Field parcel maps 2010 – 2016.

Miljø- og Fødevareministeriet, 2017: Derogation Report 2017. Danish Report in accordance with the Commissions Decisions 2005/294/EC, 2008/664/EC, 2012/659/EU and 2017/847/EU. Ministry of Environment and Food, Denmark. December 2017. Miljø- og Fødevareudvalget 2017-18. MOF Alm. del Bilag 175 Offentligt.

Miljø- og Fødevareministeriet, 2018a: Aftale om målrettet regulering – Et nyt paradigme for miljøreguleringen af dansk landbrug. Miljø- og Fødevareministeriet, Departementet. Den 16. januar 2018.

Miljø- og Fødevareministeriet, 2018b: Minivådområdeordningen. Vejledning om tilskud til etablering af minivådområder. Miljø- og Fødevareministeriet. Landbrugsstyrelsen. Februar 2018.

Miljø- og Fødevareministeriet, 2018c Minivådområdeordningen. Etablering af åbne minivådområder og minivådområder med filtermatrice. Miljø- og Fødevareministeriet. Landbrugsstyrelsen. Maj 2018. Vejledningen er i høring.

Miljøstyrelsen, 2015: Pilotprojekt for ny målrettet arealregulering er offentliggjort. Tilgængelig via: <https://mst.dk/service/nyheder/nyhedsarkiv/2015/jan/pilotprojekt-for-ny-maalrettet-arealregulering-er-offentliggjort/>

Petersen, A.H., Lundhede, T.H., Bruun, H.H., Heilmann-Clausen, J., Thorsen, B.J., Strange, N. & Rahbek, C., 2016: Bevarelse af biodiversiteten i de danske skove. En analyse af den nødvendige indsats, og hvad den betyder for skovens andre samfundsgoder. Center for makroøkologi, evolution og klima (CMEC). Tilgængelig via: <https://macroecology.ku.dk/other-publications/biodiversity-danish-forests/CMEC-skovrapport-2016-v2.pdf>

Regeringen (Venstre), Konservative, Dansk Folkeparti og Liberal Alliance, 2015: Aftale om Fødevarer- og landbrugspakke. 22. december 2015. Tilgængelig via:

http://mfvm.dk/fileadmin/user_upload/FVM.dk/Dokumenter/Landbrug/Indsatser/Foedevare- og landbrugspakke/Aftale_om_foedevare- og landbrugspakken.pdf

SEGES, 2018: Budgetkalkulerne 2014-2016. farmtalonline.dk

Termansen, M.; Konrad, M.T.H.; Levin, G.; Hasler, B.; Thorsen, B.J.; Aslam, U.; Andersen, H.E.; Bojesen, M.; Lundhede, T.H.; Panduro, T.E. & Strange, N., 2017: Udvikling og afprøvning af metode til modellering af økosystemtjenester og biodiversitetsindikatorer - med henblik på kortlægning af synergier og konflikter ved arealtiltag. Bind. 226, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi.

Ørum, J.E., 2015: Beskrivelse af det miljøøkonomiske modelapparat anvendt af IFRO til udredning af differentieret arealregulering for NAER i 2014. Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. IFRO Dokumentation, Nr. 2015/2.

Ørum, J.E. & Thomsen, I.K., 2016: Vurdering af model og økonomiske beregninger af bedriftscases for målrettet regulering (MR). Frederiksberg: Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavnsuniversitet (IFRO Udredning 2016 / 27). Tilgængelig via:

https://curis.ku.dk/ws/files/178539589/IFRO_Udredning_2016_27.pdf

Ørum, J.E. & Thomsen, I.K., 2017: Gridbaseret udvaskningsmodel for udvalgte sædskifter (GUUS4) - simpel, kvadratisk udvaskningsmodel kalibreret til NLES4. Frederiksberg: Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. (IFRO Dokumentation 2017/4).

Ørum, J.E.; Kjærgaard, C.; Thomsen, I.K., 2017: Landbruget og vandområdeplanerne: omkostninger og implementering af virkemidler i oplandet til Norsminde Fjord. Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. IFRO Rapport, Nr. 258. Tilgængelig via: https://curis.ku.dk/ws/files/178737610/IFRO_Rapport_258.pdf

Ørum, J.E.; Jacobsen, B.H. & Thomsen, I.K., 2018: Beregning af støttesats til målrettet regulering 2020 og 2021. Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet.

Bilag A: Afgrødegruppering anvendt i TargetEconN

Basemap02 bygger på markkortet for 2016 og tilbage i tid (Miljø- og Fødevarerministeriet, 2010-2016; Levin et al., 2017). Da marker kan ændre størrelse over tid som følge af marksammenlægninger og strukturændringer, er det nødvendigt at gøre visse antagelser.

For hver enkelt mark skal hovedafgrøden angives for hver af de fem år 2012-2016. Herefter beregnes for hver mark den procentvise sammensætning af afgrøder. Dette skal dels imitere den afgrøderotation der er på den enkelte mark i løbet af et femårigt sædskifte og dels sikre at resultaterne er mere robuste, således at det ikke er den valgte afgrøde i et enkelt år der er bestemmende for den generelle omkostningseffektivitet ved implementeringen af VP3.

Hvis en mark i 2015, tidligere var splittet i to marker, samles disse to marker til en mark og afgrøden antages at være den afgrøde der arealmæssigt fylder mest. For overskuelighedens skyld foretages denne "aggregering" af marker ikke for alle noterede afgrøder i GLR men for hovedafgrøderne (arealmæssigt dominerende) og de afgrøder der er nødvendige for estimering af effekter i forhold til fx etablering af efterafgrøder. I tabel A er givet hvilke afgrødekategorier der arbejdes med i TargetEconN og hvor mange hektar hver af kategorierne dækker over (opgjort i 2016, før potentialekorrektion). Hvilke afgrødekategorierne dækker over er desuden angivet i bilag B. Ved valg af afgrødekategorier er der taget udgangspunkt i størrelsen af arealanvendelsen for de enkelte afgrøder. Desuden er der skelnet mellem vår- og vinterafgrøder for at kunne specificere anvendelsen af bl.a. virkemidlet efterafgrøder.

Tabel A Afgrødegrupper i data og den procentvise fordeling mellem afgrødegrupper samt fordeling i Danmark (Statistikbanken tabel AFGI: 2016).

Afgrødekode	Afgrødenavn	Areal 2016, ha	Arealfordeling 2016, %	Arealfordeling DST 2016, %
1	Bælgsæd	37.600	1.3	0,6 (bælgsæd til modenhed)
2	Blomster i væksthuse	2.231	0.1	0,08 (planteskoleareal samt væksthuseareal)
3	Energiafgrøde	9.484	0.3	-
4	Foderroer	4.602	0.2	0,2
5	Frø til udsæd	73.438	2.6	2,8
6	Frugt og Bær	5.932	0.2	0,23
7	Græs i omdrift	264.881	9.5	10,3 (græs- og kløvermark i omdrift)
8	Grøntsager	13.145	0.5	0,4 (frilandsgrøntsager samt ærter til konserver)
9	Havre	54.379	1.9	2,0
10	Helsæd, vår	41.440	1.5	2,3 (korn og bælgsæd til ensilering - helsæd)
11	Helsæd, vinter	6.099	0.2	Se 10
13	Juletræer og pyntegrønt	19.670	0.7	0,8
14	Læggekartofler	6.384	0.2	0,2
15	Majs	186.649	6.7	6,8 (majs til opfodring)
16	Other	177	0.0	0,42
17	Skov	20.834	0.7	-
18	Spisekartofler	9.600	0.3	0,5
19	Stivelseskartofler	31.171	1.1	1,0 (kartofler til melproduktion)
20	Sukkerroer	33.350	1.2	1,3

21	Udyrket	72.319	2.6	2,6 (øvrige afgrøder og udyrket mark samt uden afgrøde)
22	Vårbyg	610409	21.9	22,7
23	Vårhvede	17.659	0.6	0,6
24	Vårrops	636	0.0	0,0
25	Vårrug	14	0.0	-
26	Vårtriticale	1.808	0.1	-
27	Vedvarende græs	267.796	9.6	8,8 (græsarealer uden for omdriften samt braklægning med græs)
28	Vinterbyg	112.378	4.0	4,2
29	Vinterhvede	575.306	20.6	21,6
30	Vinterraps	165.740	5.9	6,2
31	Vinterrug	102.574	3.7	3,8 (vår- og vinterrug)
32	Vintertriticale	8.598	0.3	0,8 (triticale og andet korn til modenhed)
99	Landbrug ikke specificeret	37.060	1.3	-
Total		2.793.362	100.0	

Afgrødekategorien "Landbrug, ikke specificeret" (99), dækker over arealer der i 2016 ikke er søgt tilskud til og derfor 'forsvinder' fra markkortet. Ifølge Gregor Levin er dette et problem der arbejdes med, med blandt andet flyovervågning for at afkode hvad der sker med disse marker. Umiddelbart forbliver de landbrugsarealer. Dermed er det arealer der fortsat vil være underlagt N-regulering. For nogle af markerne kan afgrøden specificeres ved hjælp af markblokkortet, dette gælder for nogle arealer med vedvarende græs, hvorefter disse er flyttet til "vedvarende græs" (Personlig meddelelse, Gregor Levin, Seniorrådgiver, AU, 2018). Man kunne argumentere for at lade marker der i 2016 har afgrødekode 99 og i 2015 har en reel afgrødekode, overtage 2015 afgrødekoden ved antagelse om at marken fortsætter med samme anvendelse. Hermed overgår 6.558,4 ha til en af de andre afgrødekategorier, mens der fortsat er 30.501,7 hektar med afgrødekoden 99. Der kan ikke argumenteres for at gå længere tilbage end 2015 for at hente en afgrødekode da det her bliver uvist hvad arealerne anvendes til og i hvilken grad de gødes. Vi vælger derfor at lade alle arealer med afgrødekode 99 indgå med et potentiale for implementering af virkemidler på 0. Dette giver en fejlmargen i forhold til hvordan VP3 løses, da der kan gemmes arealer i afgrødekode 99 hvor der potentielt kunne implementeres et virkemiddel med en N-effekt. I yderste konsekvens kunne det være afgørende for et ID15-opland i forhold til at opfylde målsætningen for N-udvaskning. En mulighed er efter at have kørt analyserne at zoome ind på de ID15-oplande hvor marginalomkostningen er meget høj eller hvor målsætningen ikke kan nås, og se om der er arealer der har afgrødekode 99 og kunne være afgørende for modellens resultater.

Bilag B: Afgrødeaggregering i TargetEconN

I tabel B er givet hvordan afgrødedata i Basemap02 er aggregeret til afgrødegrupperingen anvendt i TargetEconN. Opgørelsen er på basis af rådata, dvs. før potentialekorrektion.

Tabel B Afgrødeaggregering i projektet ud fra afgrødedata i Basemap02.

Afgrødegruppe i TargetEconN og tilhørende afgrøder i Basemap02	Areal 2016, ha	Arealfordeling inden for afgrødegruppen, %
Blomster i væksthushus	2231.2	100.0
Blomsterløg	20.3	0.9
Containerplads 4, vedplanter	15.9	0.7
En- og to-årige planter	306.5	13.7
Lukket system 1, en-årige	4.7	0.2
Lukket system 2, stauder	0.4	0.0
Lukket system 3, vedplanter	0.1	0.0
Medicinpl., en- og toårige	28.3	1.3
Medicinpl., stauder	0.3	0.0
Planteskolekulturer, stauder	128.9	5.8
Planteskolekulturer, vedplanter, til videresalg	1671.5	74.9
Potteplanter	6.2	0.3
Småplanter, en-årige	1.9	0.1
Snitblomster og snitgrønt	11.7	0.5
Solhat	0.3	0.0
Stauder	31.3	1.4
Tagetes, sygdomssanerende plante	2.9	0.1
Bælgsæd	37599.7	100.0
Bælgsæd blanding	31.0	0.1
Bælgsæd, andre typer til modenhed blanding	54.9	0.1
Bælgsæd, flerårig blanding	0.3	0.0
Græs med vikke og andre bælgplanter, under 50 %	58.8	0.2
Græsmarksbælgplanter	56.5	0.2
Hestebønner	10847.1	28.8
Korn + bælgsæd under 50 % bælgsæd	3013.6	8.0
Korn og bælgsæd, grønkorn, under 50 % bælgsæd	1101.4	2.9
Korn og bælgsæd, helsæd, under 50 % bælgsæd	9517.1	25.3
Sojabønner	11.5	0.0
Sødlupin	251.2	0.7
Ærtehelssæd	7795.5	20.7
Ærter	4860.8	12.9
Energiafgrøde	9483.7	100.0
EI	25.7	0.3
Elefantgræs	65.8	0.7
Lavskov	161.1	1.7
MFO - EI	1.1	0.0
MFO - Lavskov	208.7	2.2
MFO - Pil	2977.5	31.4
MFO - Poppel	1561.2	16.5
Pil	2508.9	26.5
Poppel	1968.8	20.8
Rørgræs	5.0	0.1

Foderroer	4602.3	100.0
Blanding, andre industriafr.	4.9	0.1
Cikorierødder	9.5	0.2
Fodergulerødder	0.3	0.0
Fodermarvkål	28.0	0.6
Fodersukkerroer	4549.3	98.8
Kålroer	10.4	0.2
Frugt og Bær	5932.0	100.0
Anden buskfrugt	82.3	1.4
Anden træfrugt	37.7	0.6
Blandet frugt	65.6	1.1
Blomme med undervækst af græs	35.6	0.6
Blomme uden undervækst af græs	38.4	0.6
Blåbær	76.0	1.3
Brombær	3.1	0.1
Containerplads 1, frugtbuske	6.6	0.1
Containerplads 2, en-årige	13.5	0.2
Hassel	36.2	0.6
Havtorn	2.5	0.0
Hindbær	35.1	0.6
Hindbær, stiklingeopformering	5.4	0.1
Humle	0.2	0.0
Hyben	122.3	2.1
Hyld	12.6	0.2
Jordbær	1231.9	20.8
Pærer	320.3	5.4
Rabarber	65.8	1.1
Ribs	224.3	3.8
Ribs, stiklingeopformering	11.6	0.2
Rønnebær	31.3	0.5
Solbær	741.6	12.5
Solbær, stiklingeopformering	6.4	0.1
Spisedruer	0.2	0.0
Stikkelsbær	39.2	0.7
Storfrugtet tranebær	0.3	0.0
Surbær	17.5	0.3
Surkirsebær med undervækst af græs	376.5	6.3
Surkirsebær uden undervækst af græs	484.1	8.2
Sødkirsebær med undervækst af græs	131.8	2.2
Sødkirsebær uden undervækst af græs	57.3	1.0
Trækvæde	2.7	0.0
Vindrue	91.7	1.5
Æbler	1524.5	25.7
Frø til udsæd	73437.8	100.0
Bederoefrø	68.0	0.1
Bladbedefrø, rødbedefrø	49.8	0.1
Blanding af markfrø til udsæd	36.1	0.0
Blomsterfrø	74.2	0.1
Chrysanthemum Garland, frø	168.0	0.2
Dildfrø	1.7	0.0
Engrapgræsfrø (marktype)	2338.2	3.2
Engrapgræsfrø (plænetype)	4818.9	6.6
Engsvingelfrø	525.4	0.7

Grønkålfrø	0.5	0.0
Gulerodsfrø	5.4	0.0
Hundegræsfrø	4408.3	6.0
Hvene frø, alm. og krybende	167.5	0.2
Karsefrø	140.1	0.2
Kinesisk kålfrø	319.8	0.4
Kløverfrø	3863.9	5.3
Kommenfrø	0.0	0.0
Kørvelfrø	36.3	0.0
Kålfrø (hvid- og rødkål)	46.7	0.1
Majroefrø	24.4	0.0
Pastinakfrø	3.7	0.0
Persillefrø	50.5	0.1
Purløgsfrø	184.0	0.3
Radisefrø (inklusive olieræddikefrø)	110.0	0.1
Rajgræsfrø, alm.	21003.3	28.6
Rajgræsfrø, alm. 1. år, efterårsudlagt	4405.4	6.0
Rajgræsfrø, ital.	329.0	0.4
Rajgræsfrø, ital. 1. år efterårsudlagt	368.8	0.5
Rajsvingelfrø	621.9	0.8
Rajsvingelfrø, efterårsudlagt	119.9	0.2
Rapgræsfrø, alm.	99.8	0.1
Rucolafrø	5.0	0.0
Rødsvingelfrø	17990.3	24.5
Skorzonerodfrø	102.4	0.1
Spinatfrø	5958.7	8.1
Svingelfrø, stivbladet	838.3	1.1
Svingelfrø, strand-	3717.6	5.1
Timianfrø	25.4	0.0
Timothe frø	407.2	0.6
Valmuefrø	3.6	0.0
Græs i omdrift	264881.0	100.0
Græs under 50 % kløver/lucerne, meget lavt udbytte	2995.3	1.1
Græs med kløver/lucerne, under 50 % bælgepl. (omdrift)	183229.2	69.2
Græs og kløvergræs uden norm, over 50 % kløver (om-	124.2	0.0
Græs og kløvergræs uden norm, under 50 % kløver	5402.8	2.0
Græs til fabrik (omdrift)	50.3	0.0
Græs til udegrise, omdrift	835.1	0.3
Græs til udegrise, permanent	6.4	0.0
Græs uden kløvergræs (omdrift)	51500.1	19.4
Græs under 50 % kløver/lucerne, ekstremt lavt udbytte	1364.1	0.5
Græs under 50 % kløver/lucerne, lavt udbytte (omdrift)	14781.5	5.6
Græs, rullegræs	412.2	0.2
Kløver til slæt	222.1	0.1
Kløvergræs til fabrik	64.2	0.0
Kløvergræs, over 50 % kløver (omdrift)	975.2	0.4
Lucerne, lucernegræs, over 50 % lucerne (omdrift)	158.1	0.1
Lucerne, slæt	819.0	0.3
Lucernegræs, over 25 % græs til slæt inkl. eget foder	1226.0	0.5
Miljøgræs MVJ-tilsagn (80 N), omdrift	279.1	0.1
Permanent lucerne og lucernegræs over 50 % lucerne	37.3	0.0
Permanent lucerne til fabrik	9.0	0.0
Permanent lucernegræs over 25 % græs, til fabrik	10.0	0.0

Rajgræs, efterårsudl. hybrid	94.4	0.0
Rajgræs, hybrid	285.7	0.1
Grøntsager	13144.9	100.0
Agurker	11.6	0.1
Asier	71.0	0.5
Asparges	191.0	1.5
Bladpersille	36.5	0.3
Bladselleri	60.6	0.5
Blanding bredbladet afgrøde, frø/kerne	9.7	0.1
Blomkål	369.4	2.8
Boghvede	20.4	0.2
Broccoli	363.3	2.8
Centnergræskar	284.3	2.2
Courgette, squash	28.1	0.2
Grønkål	80.2	0.6
Grøntsager, andre (drivhus)	19.1	0.1
Grøntsager, andre (friland)	68.7	0.5
Grøntsager, blandinger	443.8	3.4
Gulerod	2274.9	17.3
Hamp	622.9	4.7
Hvidkål	265.9	2.0
Jordkokker, konsum	151.5	1.2
Kinakål	62.9	0.5
Knoldselleri	93.0	0.7
Krydderurter (undtagen persille og purløg)	56.3	0.4
Løg	1532.1	11.7
Mandelgræskar	11.1	0.1
Moskusgræskar	0.3	0.0
Oliehør	102.0	0.8
Pastinak	176.3	1.3
Porre	364.4	2.8
Purløg	10.5	0.1
Quinoa	7.6	0.1
Rodpersille	112.6	0.9
Rosenkål	32.0	0.2
Rødbede	325.0	2.5
Rødkål	189.6	1.4
Salat (drivhus)	2.4	0.0
Salat (friland)	725.9	5.5
Savoykål, spidskål	269.4	2.0
Solsikke	24.0	0.2
Spinat	169.1	1.3
Suktermajs	461.9	3.5
Svampe, champignon	2.4	0.0
Tomater	16.9	0.1
Ærter, konsum	3024.6	23.0
Havre	54379.0	100.0
Vinterhavre	5.5	0.0
VårHavre	54373.5	100.0
Helsæd, vinter	6098.8	100.0
Blanding af efterårssåede kornarter	1640.1	26.9
Blanding af vinterkorn, grønkorn	110.3	1.8
Blandkorn, efterårssået helsæd	26.6	0.4

Grønkorn af hybridrug	8.5	0.1
Grønkorn af vinterbyg	132.4	2.2
Grønkorn af vinterhavre	1.1	0.0
Grønkorn af vinterhvede	2105.8	34.5
Grønkorn af vinterrug	1593.2	26.1
Grønkorn af vintertriticale	1.6	0.0
Vinterbyg, helsæd	24.1	0.4
Vinterhvede, helsæd	306.4	5.0
Vinterrug, helsæd	144.0	2.4
Vintertriticale, helsæd	4.7	0.1
Helsæd, vår	41439.7	100.0
Blanding af vårkorn, grønkorn	1672.5	4.0
Blanding af vårsåede kornarter	2057.0	5.0
Blandkorn, vårsået, helsæd	231.8	0.6
Grønkorn af vårbyg	16838.9	40.6
Grønkorn af vårhavre	1766.3	4.3
Grønkorn af vårrug	1627.0	3.9
Grønkorn af vårtriticale	10.8	0.0
Grønkorn af vårhvede	1051.6	2.5
Vårbyg, helsæd	15269.4	36.8
Vårhavre, helsæd	708.3	1.7
Vårhvede, helsæd	206.2	0.5
Juletræer og pyntegrønt	19670.0	100.0
Juletræer og pyntegrønt på landbrugsjord	19616.7	99.7
Pyntegrønt, økologisk jordbrug	53.3	0.3
Landbrug ikke specificeret	37060.1	100.0
Landbrug intensivt, midlertidige afgrøder, markblokkort	15713.0	42.4
Landbrug intensivt, permanente afgrøder, markblokkort	946.8	2.6
Landbrug, ikke klassificeret, markblokkort	20400.3	55.0
Læggekartofler	6383.9	100.0
Kartofler, lægge-	6383.9	100.0
Majs	186648.9	100.0
Majs til modenhed	6027.5	3.2
Silomajs	180621.4	96.8
Other	176.8	100.0
Medicinpl., vedplanter	2.3	1.3
Øvrige afgrøder	174.5	98.7
Skov	20834.4	100.0
20-årig udtagning af agerjord med frivillig skovrejsning	585.9	2.8
20-årig udtagning med tilsagn om skovrejsning fra NST	705.0	3.4
Bæredygtig skovdrift	361.9	1.7
Bæredygtig skovdrift i Natura 2000-område	417.0	2.0
Nyplantning i skov med træhøjde under 3 m	229.1	1.1
Offentlig skovrejsning	574.1	2.8
Skov, markblokkort	1423.7	6.8
Skovdrift, alm.	4047.1	19.4
Skovlandbrug	51.4	0.2
Skovrejsning i projektområde, som ikke er omfattet af til-	60.7	0.3
Skovrejsning på tidl. landbrugsjord 1	6063.5	29.1
Skovrejsning på tidl. landbrugsjord 3	5666.8	27.2
Statslig skovrejsning	648.1	3.1
Spisekartofler	9600.3	100.0
Kartofler, spise-	9600.3	100.0

Stivelseskartofler	31171.0	100.0
Kartofler, andre	4371.2	14.0
Kartofler, stivelses-	26799.8	86.0
Sukkerroer	33350.2	100.0
Sukkerroer til fabrik	33350.2	100.0
Udyrket	72318.6	100.0
20-årig udtagning	3945.6	5.5
Anden anvendelse på tilsagnsarealer	4.4	0.0
Bar jord	15.7	0.0
Blomsterbrak	133.8	0.2
Braklagte randzoner	19.4	0.0
Ikke støtteberettiget landbrugsareal	49.0	0.1
Lysåbne arealer i skov	254.8	0.4
MFO Vådområder eller lavbundslande med udtagning	1465.4	2.0
MFO-Blomsterbrak	576.9	0.8
MFO-Slåningsbrak	26251.2	36.3
MFO-udyrtet areal ved vandboring	19.3	0.0
Miljøtiltag, ej landbrugsarealer	2087.9	2.9
MVJ ej udtagning, ej landbrugsjord	25076.3	34.7
Naturarealer, ansøgning om miljøtilsagn	867.1	1.2
Naturarealer, økologisk jordbrug	1847.3	2.6
Rekreative formål	4499.8	6.2
Slåningsbrak	4492.7	6.2
Udyrtet areal ved vandboring	51.0	0.1
Vildtafgrøder	476.4	0.7
Vådområder eller lavbundslande med udtagning	10.0	0.0
Vådområder med udtagning	165.3	0.2
Økologisk sommerbrak	9.4	0.0
Vedvarende græs	267796.0	100.0
Hønsegård, permanent græs	54.3	0.0
Landbrug ekstensivt, markblokkort	12743.9	4.8
Miljøgræs MVJ-tilsagn (0 N), omdrift	21982.5	8.2
Miljøgræs MVJ-tilsagn (0 N), permanent	40836.4	15.2
Permanent græs og kløvergræs uden norm, over 50 %	139.4	0.1
Permanent græs og kløvergræs uden norm, under 50 %	31414.4	11.7
Permanent græs til fabrik	26.1	0.0
Permanent græs ved vandboring	23.5	0.0
Permanent græs, fabrik, over 6 tons	39.8	0.0
Permanent græs, lavt udbytte	21849.7	8.2
Permanent græs, meget lavt udbytte	13384.5	5.0
Permanent græs, normalt udbytte	102602.2	38.3
Permanent græs, uden kløver	12641.7	4.7
Permanent græs, uden udbetaling af økologi-tilskud	0.5	0.0
Permanent græs, under 50 % kløver/lucerne	9681.0	3.6
Permanent kløver til fabrik	1.0	0.0
Permanent kløvergræs, over 50 % kløver/lucerne	356.3	0.1
Udnyttet græs ved vandboring	18.8	0.0
Vinterbyg	112377.9	100.0
Vinterbyg	112377.9	100.0
Vinterhvede	575306.0	100.0
Vinterhvede	537950.5	93.5
Vinterhvede, brødhvede	37355.5	6.5
Vinterraps	165740.3	100.0

Blanding af oliearter	190.7	0.1
Gul sennep	199.2	0.1
Rybs	9.3	0.0
Vinterraps	165341.1	99.8
Vinterrug	102573.7	100.0
Vinterhybridrug	81113.4	79.1
Vinterrug	21460.3	20.9
Vintertriticale	8598.2	100.0
Vintertriticale	8598.2	100.0
Vårbyg	610408.6	100.0
Vårbyg	610408.6	100.0
Vårhvede	17659.3	100.0
Vårhvede	16657.1	94.3
Vårhvede, brødhvede	1002.1	5.7
Vårraps	636.3	100.0
Vårraps	636.3	100.0
Vårrug	13.9	100.0
Vårrug	13.9	100.0
Vårtriticale	1807.6	100.0
Vårtriticale	1807.6	100.0
Total	2793362.1	100.0

I modelleringen af omkostningseffektivitet, ses der af datamæssige hensyn bort fra frugt og bær samt grøntsager som potentiale for implementering af virkemidler. De to grupper af afgrøder dækker over en lang række meget forskellige afgrøder (jf. tabel B) med hensyn til både effektestimater og dækningsbidrag. Med hensyn til effektestimater findes der ikke data i NLES4. Ligeledes, findes der ifølge Kristian Thorup Kristensen (Personlig meddelelse, Kristian Thorup Kristensen, Professor, KU, 5. og 10. oktober 2018), ikke valide data for udvaskning til anvendelse i indeværende modelsammenhænge som følge af de små arealer hver afgrødetype optager af landbrugsarealet. Det er dog ikke irrelevant at se på disse afgrødetyper inden for gartnerisektoren idet udvaskningen for grøntsager kan forventes at være 3-4 gange højere end for de konventionelle kornafgrøder og ligeledes kan højere udvaskning forventes fra frugtavlen. Der kan dog argumenteres for at afgrøderne i en omkostningsminimeringssituation ikke vil indgå i den omkostningseffektive løsning, da afgrøderne er højværdi afgrøder.

Bilag C: Afgrødeinddeling for dækningsbidrag anvendt i TargetEconN

For at afspejle et 5-årigt sædskifte beregnes dækningsbidrag og udvaskning i baseline ud fra en procentvis fordeling af afgrøderne i årrækken 2012-2016. Året 2016 er udgangspunktet for Basemap02-leveringen, dvs., der er tages udgangspunkt i 2016 markstrukturen og herfra er markerne fulgt tilbage til 2012, med de antagelser der er givet ovenover i forhold til dominerende afgrøder. Det antages, at sammensætningen af afgrøder i 2016 ikke har ændret sig afgørende i forhold til at landbrugspakken blev implementeret gradvist henover 2016. Til gengæld, kan forbruget af kvælstof have ændret sig, hvorfor der for beregning af dækningsbidrag anvendes et gennemsnit over årrækken 2013-2017. For hvert af årene 2013-2016 korrigeres dækningsbidraget med forbrugs- og lønindekset, således at alle tal er i 2017-priser. Herefter tages et gennemsnit. Link mellem Basemap02 kategorier og farmtalononline er givet i tabel C1, mens dækningsbidragene fremgår af tabel C2.

Tabel C1 Afgrødekategorien hentet fra farmtalononline (SEGES 2018) og kobling til Basemap02.

Afgrødekode (Basemap02)	Afgrøde (Basemap02)	Afgrøde (SEGES, 2018)
1	Bælgsæd	I Basemap02 fylder bælgsæd i alt 1,3 % af arealet (37.600 ha). Heraf udgør hestebønner 10.848 ha. Det er besluttet at anvende hestebønner som proxy. Afgrøden gødes ikke og der findes derfor ikke et estimat for konventionelt dyrkede hestebønner med gødning. Der anvendes her estimatet som for uden gødning, da der i Basemap02 findes sådanne arealer som følge af husdyropgørelsen. For konventionelt dyrkede hestebønner på sandjord findes ikke et estimat. Produktionen i Basemap02 er meget lille (3106 ha), og der overføres derfor det lignende estimat som for økologisk produktion.
2	Blomster i væksthushus	Ikke del af potentialeopgørelsen
3	Energiafgrøde	Der anvendes kalkuler fra SEGES, 31 august 2015. Kalkulerne anvendes differentieret i forhold til tørstof niveau. 6 TS svarer til sand på højbundsjord, 10 TS svarer til sand på lavbundsjord og 12 TS svarer til lerjord (Personlig meddelelse, Søren Ugilt Larsen, Seniorspecialist, SEGES, 28.08.2018).
4	Foderroer	Vi overfører det konventionelle estimat til disse arealer.
5	Frø til udsæd	Rajgræsfrø og rødsvingel er de to dominerende afgrøder i frøkategorien med 29 % rajgræs og 24,5 % rødsvingel. I Basemap02 finder vi den procentvise fordeling mellem de to afgrøder på henholdsvis ler og sandjord (der anvendes den samme fordeling på sandjord med vanding som for sandjord) og fordelt mellem økologisk og konventionel produktion samt med/uden dyr. For rødsvingel findes kun opgørelser for konventionel produktion uden husdyrgødning på lerjord. Det besluttet derfor udelukkende at basere frø til udsæd på rajgræs.
6	Frugt og Bær	Ikke del af potentialeopgørelsen
7	Græs i omdrift**	Der er i budgetkalkulerne fem typer af sædskiftegræs: Sædskiftegræs med 70 % afgræsning, sædskiftegræs med 4 slæt, sædskiftegræs med 5 slæt, sædskiftegræs med 1 slæt + afgræsning og sædskiftegræs med ½ slæt + staldfodring. Ifølge SEGES (Personlig meddelelse, Torben Spanggaard Frandsen, Specialkonsulent, SEGES, 16.08.2018), er et bud på fordelingen mellem de fem typer: 15/35/35/12/3 %. Ser man nærmere på budgetkalkulerne, eksisterer der ikke tal for sædskiftegræs med 5 slæt. Således fordeler det sig med 15 % til afgræsning, 70 % til slæt og 15 % til kombination af slæt og græs. For økologiske bedrifter er det kun de to første kalkuler (afgræsning og slæt) der er tal for. I Basemap02 data er det ikke muligt at skelne afgræsning og slæt afgrødetyper fra hinanden, her er den største kategori for både konventionel og økologisk drift 'Græs med kløver/lucerne, under 50 % bælglpl. (omdrift)', der for de konventionelle bedrifter tæller 64 % og for de økologiske 84 % af alt omdriftsgræs. Det er ikke umiddelbart muligt helt stringent at koble afgrødetyperne i Basemap02 med de afgrødekategorier der anvendes i farmtalononline for omdriftsgræs.

		For SMART-modellen anvendes udelukkende sædskiftegræs med slæt. Det besluttes derfor ligeledes at anvende denne for alle omdriftsgræsser og på tværs af alle farmtypekategorier (konv./øko, jordtype mv.).
8	Grøntsager	Ikke del af potentialeopgørelsen
9	Havre	Havre
10	Helsæd, vår	De to største kategorier er vårbyg helsæd med 37 % og grønkorn af vårbyg med 41 %. For økologiske bedrifter er den største afgrøde vårbyg helsæd med 38 %, grønkorn udgør 41 %, men her findes der ikke nogen kalkule i farmtalonline. For konventionelle bedrifter er grønkorn den største med 47 %, herefter vårbyg helsæd med 37 %. Det besluttes at anvende vår helsæd på tværs af alle kategorier for alle vårhelsædsarealer.
11	Helsæd, vinter	De to største kategorier er 'blanding af efterårssåede kornarter' med 27 % og grønkorn af vinterkorn 62,9 %. For økologiske bedrifter er de to største kategorier grønkorn af vinterkorn med 35 % og blanding af efterårssåede kornarter med 57 %. I farmtalonline findes dog ikke kalkuler for hverken vinterhelsæd eller grønkorn for økologiske bedrifter. Der anvendes derfor samme kalkuler som for konventionelle bedrifter. Der er i Basemap02 tale om et areal på 2267 ha med økologisk vinterhelsæd. For konventionelle bedrifter er grønkorn den største kategori med 80 % og herefter vinterhelsæd med 9,5 %. Der findes dog ikke kalkuler for grønkorn i farmtalonline. Det besluttes at anvende kalkulen for vinterhelsæd på tværs af alle kategorier for alle vinterhelsædsarealer.
13	Juletræer og pyntegrønt	Ikke del af potentialeopgørelsen
14	Læggekartofler**	Der findes ikke kalkuler i farmtalonline for arealer med læggekartofler med husdyrgødning. Der findes alligevel sådanne arealer som følge af den anvendte husdyrfordeling. Vi anvender her de tilsvarende estimater for arealer uden husdyrgødning. For konventionelle bedrifter findes heller ikke kalkuler for arealer uden husdyrgødning på sandjord, ikke vandet. Her overføres kalkulen for den økologiske produktion.
15	Majs**	Den største afgrøde er silomajs (majs helsæd) med 97 %. Der anvendes kalkulen for majs helsæd for alle kategorier.
16	Other	Ikke del af potentialeopgørelsen
17	Skov	Ikke del af potentialeopgørelsen
18	Spisekartofler**	Der findes ikke kalkuler for spisekartofler i farmtalonline for arealer med husdyrgødning. Der findes alligevel sådanne arealer som følge af den anvendte husdyrfordeling. Vi anvender her de tilsvarende estimater for arealer uden husdyrgødning. For konventionelle bedrifter findes heller ikke kalkuler for arealer uden husdyrgødning på sandjord, ikke vandet. Her overføres kalkulen for den økologiske produktion.
19	Stivelseskartofler**	Der findes ikke kalkuler for stivelseskartofler i farmtalonline for arealer med husdyrgødning. Der findes alligevel sådanne arealer som følge af den anvendte husdyrfordeling. Vi anvender her de tilsvarende estimater for arealer uden husdyrgødning. For konventionelle bedrifter findes heller ikke kalkuler for arealer uden husdyrgødning på sandjord, ikke vandet. Her overføres kalkulen for den økologiske produktion.
20	Sukkerroer	Sukkerroer
21	Udyrket	Ikke del af potentialeopgørelsen
22	Vårbyg	Der er i farmtalonline kalkuler for både vårbyg og vårbyg med udlæg. Kalkulerne er kun marginalt forskellige. I Basemap02 er frøgræsarealet i 2016 med vårbyg som forfrugt på 37.366 ha og omdriftsgræs med vårbyg som forfrugt på 23.277), altså relativt små arealer. Det er besluttet kun at anvende vårbyg kalkulen.
23	Vårhvede	Vårhvede
24	Vårraps	For økologisk produktioner er der ikke en kalkule for vårraps og i Basemap02 er der også kun 45 ha. Disse 45 ha får samme kalkule som for de konventionelle bedrifter.
25	Vårrug	Vinterrug
26	Vårtriticale	Vintertriticale
27	Vedvarende græs	For økologisk produktion eksisterer der kun en kalkule hvilket er 'vedvarende græs til afgræsning'. Denne anvendes for økologisk produktion. For økologisk produktion er det i Basemap02 afgrøden 'Permanent græs, normalt udbytte' der er den største i kategorien vedvarende græs med 40 %.

		For konventionel bedrift findes tal for alle fire kalkuler – dog langt fra på alle kategorier (jordtype mv.). I Basemap02 er der ingen arealer med 'MVJ reduceret N-tilførsel'. MVJ og græs uden norm dækker 34,2 % af alt permanent græs, mens 'permanent græs, normalt udbytte' dækker 38 %. Kalkulen for MVJ uden norm findes kun på lerjord for konventionelle bedrifter. Det er besluttet at bruge kalkulen for 'vedvarende græs til afgræsning' for alt vedvarende græs på tværs af alle kategorier
28	Vinterbyg	Vinterbyg
29	Vinterhvede	Der anvendes en fordeling mellem kalkulen for 1 års vinterhvede og kalkulen for 2-års vinterhvede på 60/40 til første årshvede generelt over alle kategorier (Personlig meddelelse, Marianne Haugaard-Christensen, konsulent, SEGES, 16.08.2018). Lignende fordeling kan opgøres i Basemap02 ved at antage at første års hvede er hvis forfrugten er alt andet end korn, i så fald er fordelingen 39/61 til 1-års/2-års hvede i Basemap02 for 2016/2015. For økologisk produktion findes ikke kalkuler for 2-års hvede selvom det i Basemap02 udgør 54 % af alt vinterhvedearealet. Der anvendes derfor udelukkende kalkulen for førsteårs hvede for økologiske bedrifter.
30	Vinterraps	Vinterraps
31	Vinterrug	Der anvendes en fordeling mellem vinterrug og vinterrug hybrid på 20/80 til vinterrug hybrid efter arealopgørelse i Basemap02
32	Vintertriticale	Vintertriticale
99	Landbrug ikke specificeret	Ikke del af potentialeopgørelsen

Note: På grund af manglende data på afgrødekategorierne blomster i væksthuse, grøntsager, other, og frugt/bær udgår disse fra optimeringen. Det vil sige, arealerne indgår i modellen uden potentiale for implementering af VP3. Der er i alt tale om 0,8 % af det samlede areal i datagrundlaget. Yderligere kan der ikke implementeres virkemidler på arealer af kategori "Udyrket" og "Landbrug ikke specificeret" samt skovarealer og juletræer/pyntegrønt. Der er her tale om i alt 4 % af det samlede areal, hvoraf skov og juletræer udgør 0,14 % af arealet.

**For afgrødekategorierne stivelseskartofler, læggekartofler, spisekartofler, majs og sædskiftegræs antages det at der vandes på alle grovsandede jorde (JB 1 og 3). Dvs., der anvendes dækningsbidraget i budgetkalkulerne for vandet sandjord. Derudover anvendes generelt kun dækningsbidraget for sand uden vanding.

***For alle år mangler der i budgetkalkulerne fuldendte opgørelser for økologiske læggekartofler. Der mangler et høstudbytte og en afsætningspris hvorfor det kun er omkostningerne der er opgjort. Dækningsbidraget for konventionel produktion overføres til den økologiske produktion i alle år. Der er tale om 148 ha økologisk areal med læggekartofler. Derudover mangler der for årene 2013 og 2014 høstudbytter for økologisk vinterbyg og økologisk vinterrug hybrid. Dækningsbidraget for konventionel produktion overføres til den økologiske produktion i begge år. Der er tale om 1.107 ha økologisk vinterbyg og 13.411 ha økologisk vinterrug hybrid. I 2014 er budgetkalkulerne deslige mangelfulde for økologisk sædskiftegræs, vedvarende græs og vårhelsæd. Her mangler der en afsætningspris. For de tre afgrøder anvendes afsætningsprisen i 2013, der for alle afgrøder var 1,44 kr./FEN.

Bilag D: Udvaskningsestimater anvendt i TargetEconN

I TargetEconN anvendes udvaskningsestimater baseret på den gennemsnitlige udvaskning i årene 2011/12-2015/16 og klimakorrigeret til årrækken 1990-2009. Anvendt kvælstof per afgrøde er baseret på registerdata omfattende alle danske landbrug (der søger EU's enkeltbetaling) og udvaskningen er herefter beregnet ved anvendelse af NLES4. Dette er de nyeste tilgængelige estimater. I tabel D1 er listet de afgrødekategorier der er medtaget i NLES4 beregningen af udvaskningsestimaterne. Desuden er vist hvordan de kobler til Basemap02 afgrødestrukturen anvendt i TargetEconN. Udvaskningsestimaterne fremgår af tabel D2.

Tabel D1 Afgrødekategorier for udvaskningsestimater og kobling til Basemap02 anvendt i TargetEconN.

Afgrødekode, (Basemap02)	Afgrøde (Basemap02)	Afgrøde, udvaskning (Bioscience DCE, dokumenteret i Miljø- og Fødevareministeriet, 2017)
1	Bælgsæd	Ært
2	Blomster i væksthuse	Udgår
3	Energiafgrøde	Energiafgrøde
4	Foderroer	Foderroer
5	Frø til udsæd	Frø
6	Frugt og Bær	Udgår
7	Græs i omdrift	Græs i omdrift
8	Grøntsager	Udgår
9	Havre	Vårkorn Vårkorn med efterafgrøde Vårkorn med udlæg
10	Helsæd, vår	Helsæd, vår
11	Helsæd, vinter	Helsæd, vinter
13	Juletræer og pyntegrønt	Juletræer
14	Læggekartofler	Kartofler
15	Majs	Majs Majs med efterafgrøde
16	Other	Udgår
17	Skov	Skov
18	Spisekartofler	Kartofler
19	Stivelseskartofler	Kartofler
20	Sukkerroer	Sukkerroer
21	Udyrket	Udgår
22	Vårbyg	Vårkorn Vårkorn med efterafgrøde Vårkorn med udlæg
23	Vårhvede	Vårkorn Vårkorn med efterafgrøde Vårkorn med udlæg
24	Vårraps	Vårraps
25	Vårrug	Vårkorn Vårkorn med efterafgrøde Vårkorn med udlæg
26	Vårtriticale	Vårkorn Vårkorn med efterafgrøde Vårkorn med udlæg
27	Vedvarende græs	Vedvarende græs
28	Vinterbyg	Vinterkorn Vinterkorn med efterafgrøde Vinterkorn med udlæg
29	Vinterhvede	Vinterkorn Vinterkorn med efterafgrøde Vinterkorn med udlæg
30	Vinterraps	Vinterraps
31	Vinterrug	Vinterkorn Vinterkorn med efterafgrøde Vinterkorn med udlæg
32	Vintertriticale	Vinterkorn Vinterkorn med efterafgrøde Vinterkorn med udlæg
99	Landbrug ikke specificeret	Udgår

Note: Ved opgørelsen af udvaskningsestimater fordelt på afgrødekategorier er der sat et minimumskriterium på 100 ha/år hvorfor det ikke har været muligt at beregne et udvaskningsestimat for hver af de specificerede afgrødegrupper anvendt i TargetEconN (Personlig meddelelse, Hans Estrup Andersen, Seniorforsker, AU, 2018). I tabel D2 er givet udvaskningsestimater fordelt på afgrødekategorier og differentieret mellem jordtyper, om der er tildelt husdyrgødning og om afgrøden er dyrket økologisk. Desuden indgår vårkorn med efterafgrøde, vårkorn med udlæg, majs med efterafgrøde, vinterkorn med efterafgrøde og vinterkorn med udlæg. For en række kombinationer er overført estimater da der her mangler et estimat, men hvor kombinationen eksisterer i Basemap02. Der er i parentes angivet for hvert overført estimat hvor mange ha det drejer sig om.

Tabel D2 Udvaskningsestimater i kg N/ha og i parentes antal hektar med afgrødekombination hvor et estimat er overført.

Afgrøde, TargetEconN	Afgrøde (Bioscience DCE, dokumenteret i Miljø- og Fødevarerministeriet, 2017)								
		Økologisk dyrket				Konventionelt dyrket			
		Lav DE/ha		Høj DE/ha		Lav DE/ha		Høj DE/ha	
		Sand	Ler	Sand	Ler	Sand	Ler	Sand	Ler
Bælgssæd	Ært	139	92	139 (12714)	92 (2333)	129	76	129 (7168)	76 (3836)
Blomster i væksthuse	Udgår								
Energiafgrøde	Energiafgrøde	20	20	20	20	20	20	20	20
Foderroer	Foderroer	20)	(3)	(40)	(0,76)	54	56 (136)	70	56
Frø til udsæd	Frø	20	12	20 (383)	12 (231)	23	12	23 (11757)	12 (9679)
Frugt og Bær	Udgår								
Græs i omdrift	Græs i omdrift	25	16	40	29	26	18	56	42
Grøntsager	Udgår								
Havre	Vårkorn	99	63	104	69	103	62	116	83
	Vårkorn med efterafgrøde	44	27	44	29	46	28	55	37
	Vårkorn med udlæg	42	25	46	27	44	22	56	35
Helsæd, vår	Helsæd, vår	51	31	55	42	37	28	61	48
Helsæd, vinter	Helsæd, vinter	51 (336)	37 (492)	51	37	61 (266)	27	61	48
Juletræer og pyntegrønt	Juletræer	30	31	30 (27)	31 (6)	36	35	36 (578)	35 (160)
Læggekartofler	Kartofler	54	36	54 (39)	36 (0)	73	48	75	48 (209)
Majs*	Majs	138 (411)	100 (86)	148	120 (441)	130	91	156	108
	Majs med efterafgrøde	83	68	83	72	75	68	90	72
Other	Udgår								
Skov	Skov	20	20	20	20	20	20	20	20
Spisekartofler	Kartofler	54	36	54 (719)	36 (71)	73	48	75	48 (131)
Stivelseskartofler	Kartofler	54	36	54 (131)	36 (9)	73	48	75	48 (336)
Sukkerroer	Sukkerroer	(7)	(68)		(80)	35	26	35 (429)	26 (3368)
Udyrket	Udgår								
Vårbyg	Vårkorn	99	63	104	69	103	62	116	83
	Vårkorn med efterafgrøde	44	27	44	29	46	28	55	37
	Vårkorn med udlæg	42	25	46	27	44	22	56	35
Vårhvede	Vårkorn	99	63	104	69	103	62	116	83
	Vårkorn med efterafgrøde	44	27	44	29	46	28	55	37
	Vårkorn med udlæg	42	25	46	27	44	22	56	35
Vårraps	Vårraps	(6)	(9)	(24)	(6)	124	71	138	81
Vårrug	Vårkorn	99	63	104	69	103	62	116	83
	Vårkorn med efterafgrøde	44	27	44	29	46	28	55	37
	Vårkorn med udlæg	42	25	46	27	44	22	56	35
Vårtriticale	Vårkorn	99	63	104	69	103	62	116	83
	Vårkorn med efterafgrøde	44	27	44	29	46	28	55	37
	Vårkorn med udlæg	42	25	46	27	44	22	56	35
Vedvarende græs	Vedvarende græs	17	11	19	12	17	11	20	13
Vinterbyg	Vinterkorn	83	50	88	58	75	53	86	64
	Vinterkorn med efterafgrøde	48	36 (245)	48 (526)	36	47	35	53	41
	Vinterkorn med udlæg					49	32	57	44
Vinterhvede	Vinterkorn	83	50	88	58	75	53	86	64
	Vinterkorn med efterafgrøde	48	36 (1548)	48 (2002)	36	47	35	53	41
	Vinterkorn med udlæg					49	32	57	44
Vinterraps	Vinterraps	107 (192)	58 (717)	107	58	103	74	118	87
Vinterrug	Vinterkorn	83	50	88	58	75	53	86	64
	Vinterkorn med efterafgrøde	48	36 (1378)	48 (8032)	36	47	35	53	41
	Vinterkorn med udlæg					49	32	57	44

<i>Tabel D2 fortsat...</i>									
Vintertriticale	Vinterkorn	83	50	88	58	75	53	86	64
	Vinterkorn med efterafgrøde	48	36 (1,54)	48 (62)	36	4749	3532	5357	4144
	Vinterkorn med udlæg								
Landbrug ikke specificeret	Udgår								

Note: Ved opgørelsen af udvaskningsestimater fordelt på afgrødekategorier er der sat et minimumskriterium på 100 ha/år (Andersen et al., 2018). Dermed er der en række kombinationer af afgrøder og differentieringer der udgår.

*For majs med efterafgrøder er arealet i parentes givet for arealet med majs. Det kan ikke ses fra basemap02 hvor mange heraf der er med efterafgrøde. Samme gælder for vinterbyg med efterafgrøde, vinterhvede med efterafgrøde, vinterrug med efterafgrøde og vintertriticale med efterafgrøde.

Bilag E: Udpegningskort for minivådområder og vådområder

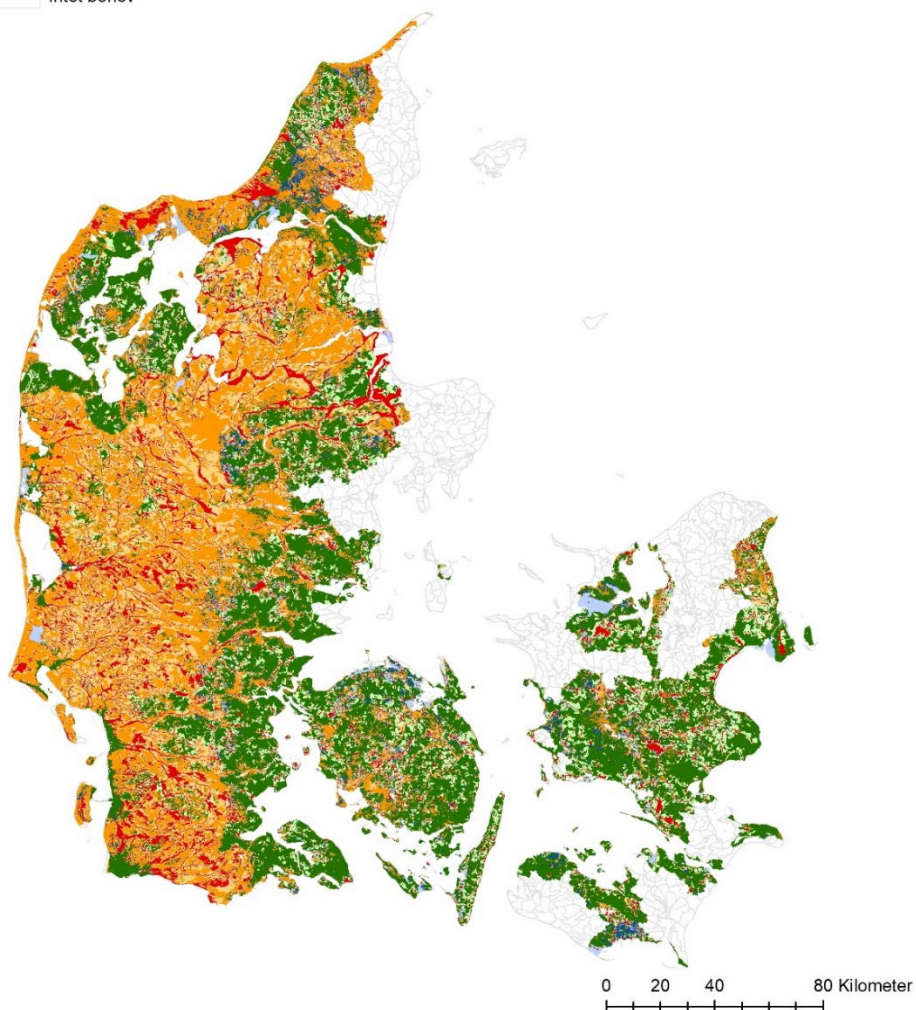
Kortet er hentet i GIS via Miljø- og Fødevareministeriets geodata server (<http://geodata.fvm.dk/geoserver/Minivaadomraader/wms?service=WMS&version=1.1.0&request=GetMap&layers=Minivaadomraader:minivaadomraadekort2019&>).

Kortet findes ligeledes i Miljoegis.mim.dk, minivådområdekort, alle arealer.

Minivådområdekort 2019

Arealtyper

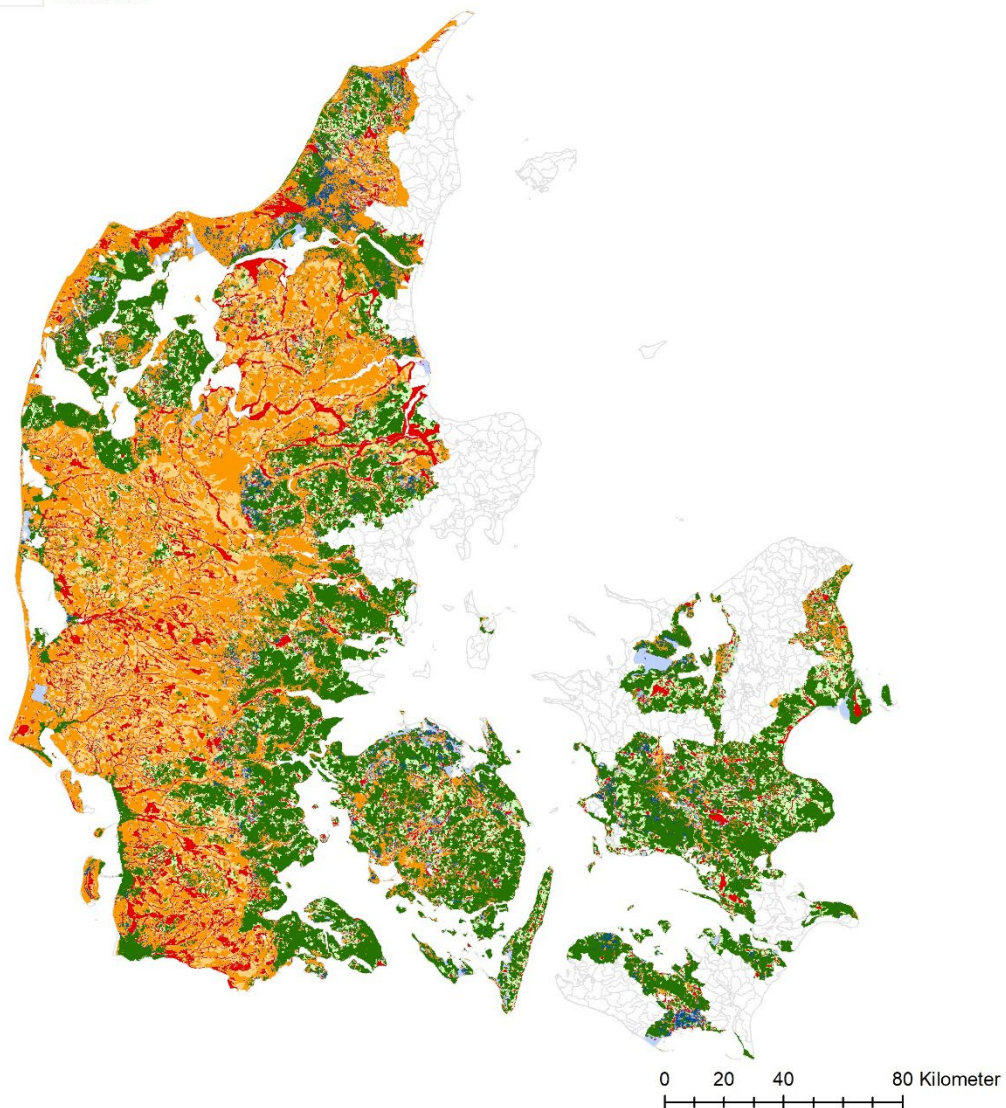
-  Eget, Ler-procent > 12
-  Betinget eget, Ler-procent > 12 og opland til lavbund i ådal
-  Potentielt eget, Ler-procent ≤ 12
-  Betinget potentielt eget, Ler-procent ≤ 12 og opland til lavbund i ådal
-  Ikke eget, lavbund i ådal
-  Ikke egnede arealer, tørlagt inddæmmet areal
-  Potentielt eget, Drænet med ler-procent ≤ 12
-  Betinget potentielt eget, Drænet med ler-procent ≤ 12 og opland til lavbund i ådal
-  Intet behov



Minivådområdekort 2019

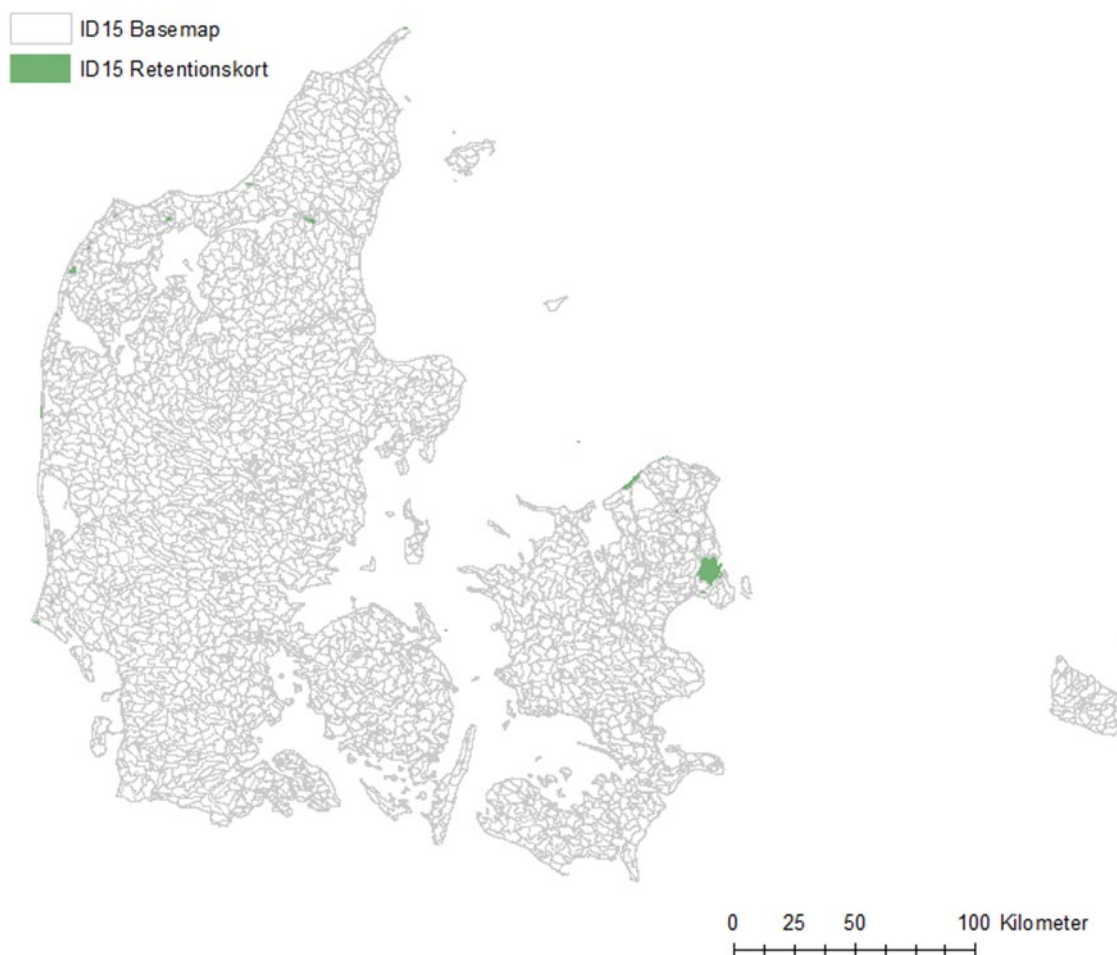
Arealtyper

- Egnet, Ler-procent > 12
- Betinget egnet, Ler-procent > 12 og opland til lavbund i ådal
- Potentielt egnet, Ler-procent ≤ 12
- Betinget potentielt egnet, Ler-procent ≤ 12 og opland til lavbund i ådal
- Ikke egnet, lavbund i ådal
- Ikke egnede arealer, tørlagt inddæmmet areal
- Potentielt egnet, Drænet med ler-procent ≤ 12
- Betinget potentielt egnet, Drænet med ler-procent ≤ 12 og opland til lavbund i ådal
- Intet behov



Bilag F: ID15-oplande i Danmark og i TargetEconN

Kortet viser alle ID15-oplande i Danmark, samt markeret med grønt dem der ikke er omfattet af Basemap02 datagrundlaget.



Bilag G: Virkemidler: Effekt på udvaskning og omkostninger i SMART

Tabel G1 De foreslåede virkemidlers effekt på N-udvaskning i rodzonen baseret på virkemiddelkataloget fra 2014 i SMART-modellen.

Jordtype	Sand	Sand	Ler	Ler
Husdyrintensitet	< 0,8 DE/ha	>0,8 DE/ha	< 0,8 DE/ha	>0,8 DE/ha
Efterafgrøder	32	45	12	24
Yderligere energiafgrøder	51 (43)	51 (53)	34 (43)	34 (56)
Vådområde	120	120	190	190
Mellemafgrøder	11	11	11	11
Brak (ikke permanent)	58 (43)	58 (53)	35 (43)	35 (56)
Skovrejsning	50	50	50	50
Tidlig såning	5-8 (7)	5-8 (7)	5-8 (7)	5-8 (7)
Randzoner	44-74	44-74	44-74	44-74
Minivådområder (lav N-belastning)	4	4	4	4
Minivådområder (høj N-belastning)	16	16	16	16
Afgrøder med høj N-optagelse (roer)	29 (32)	29 (45)	29 (12)	29 (24)
Afgrøder med høj N-optagelse (græs)	(32)	(45)	(12)	(24)
Permanent udtagning	50	50	50	50
Forbund mod jordbearbejdning	10	10	10	10
Forbud mod omlægning af fodergræs	36	36	36	36

Kilde: Eriksen et al., 2014; Thomsen et al., (2015b); Jacobsen 2016.

Tabel G2 Omkostninger og variation i effekter i de 90 kystoplande i rodzone og hav i SMART-modellen.

Virkemiddel	Omkostning (kr./ha/år)	Rodzonen		Havet	
		Anvendt effekt (kg N/ha)	Omk. effektivitet (kr./kg N)	Anvendt effekt (kg N/ha)	Omk. effektivitet (kr./kg N)
Yderligere efterafgrøder. Anvendelse uden sædskifteændringer.	240	12-45	5 - 20	3-13	19 - 80
Mellemafgrøder	360	11	33	2-6	60 - 180
Reduktion af N-norm med yderligere					
7 %	67	1,2 - 2,9	23 - 56	0,3 - 1,1	61 - 223
3 %	80	0,4 - 1,3	62 - 200	0,1 - 0,5	160 - 800
4 %	173	0,7 - 1,7	102 - 247	0,1 - 0,6	288 - 1.730
Tidlig såning	0	7	0	1-3	0
Randzoner Smalle (0-7/9 meter)	2.904	11 - 50	58-264	3 - 44	66-968
Yderligere (>10 m)	3.800	9 - 60	63-422	6 - 60	63-633
Brak (ikke permanent)	3.800	45 - 53	72-84	8 - 27	140-475
Udtagning	3.800	50	76	7 - 26	146-542

Note: Den anvendte effekt i rodzone og i havet er det som fremgår som effekter i de 90 kystoplande med brug af id 15 kort.

Tallene er beregnet af DCA og DCE, Århus Universitet (Inge T. Kristensen, pers. Kommunikation). (DCA, 2015).

Tabel G3 Omfang af virkemidler ved scenarie på 3.651 tons N og retention på kystoplande (VP2).

	Areal (ha)	Effekt (kg N/ha)	Effekt (tons N)	Omkostning (1000 kr.)	Omk. (kr./ha)	Omk. eff. (kr/kg N)
Efterafgrøder	155.582	9,2	1.426	37.783	243	26
Normreduktion 7 %	1.272.354	0,6	814	85.248	67	105
Normreduktion (+3 %)	113.041	0,3	38	9.043	80	239
Normreduktion (+4 %)	8.154	0,2	1	1.411	173	958
Ikke-permanent brak	11.661	15,9	186	44.311	3.800	238
Mellemafgrøder	175.348	3,4	600	63.125	360	105
Tidlig såning af vintersæd	142.630	2,1	295	0	0	0
Smal randzone	575	11,7	7	1.669	2.904	249
Bred randzone	716	4,3	3	2.720	3.800	876
Udtagning	16.654	16,4	273	63.284	3.800	232
I alt	1.896.715	1,9	3.644	308.595		85

Bilag H: Sædskifter og N-udvaskning i Norsminde-modellen

Tabel H1 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 Ørum og Thomsen (2016).

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 % bælglpl. (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

Tabel H2 Eksempler på udvaskning og marginaludvaskning fra udvalgte sædskifter i Norsminde Fjord oplandet på sandjord (SND) med og uden husdyrgødning (DE), og med og uden efterafgrøder (EFT). Udvasning (kg N pr. ha) og marginaludvasning (pct.) er beregnet ved tildeling af 100 kg N pr. ha. Kilde: Ørum et al. (2017).

	Majs-Hels	Vårbyg	Majs-Hels	Vårbyg	Vårbyg	Kløver/majs	Kløver
Jordtype	Sand	Sand	Sand	Sand	Sand	Sand	Sand
Husdyrgødning (1 = ja)	1	1	1			1	1
Efterafgrøder andel (%)			50		75		
Udvasning (kg N/ha)	106	89	84	83	59	50	29
Marginal. Udvasning (% af tildelt N)	26	24	26	24	24	10	8

VANDPLANLÆGNING: ØKONOMISK ANALYSEGRUNDLAG FOR VAND- OMRÅDEPLANER

Rapporten sammenstiller tre økonomiske modeller: TargetEconN, SMART og Norsminde, der er udviklet på hhv. Aarhus Universitet og Københavns Universitet, til analyse af de økonomiske konsekvenser af det udskudte indsatsbehov i vandområdeplanerne 2021-27 (VP3).

Datagrundlag og forudsætninger i modellerne sammenlignes. De tre modeller anvendes i et efterfølgende projekt vedr. følsomhedsanalyser for omkostningseffektiv implementering af indsatsbehovet i vandområdeplanerne, og dokumentationen af datagrundlag og forudsætninger danner grundlaget for at forstå forskelle i resultaterne mellem modellerne.