UNIVERSITY OF COPENHAGEN

Københavns Universitet

Bedre udnyttelse af kvælstof i landbrug og akvakultur

Nielsen, Max; Nielsen, Rasmus; Jacobsen, Lars Bo; Jacobsen, Brian H.

Publication date:
2015

Document version
Også kaldet Forlagets PDF

Citation for published version (APA):
Nielsen, M., Nielsen, R., Jacobsen, L. B., & Jacobsen, B. H., (2015). *Bedre udnyttelse af kvælstof i landbrug og akvakultur*, 32 s., feb. 19, 2015. IFRO Udredning Nr. 2015/05

Download date: 06. Oct. 2026

INSTITUT FOR FØDEVARE- OG RESSOURCEØKONOMI
KØBENHAVNS UNIVERSITET

IFRO Udredning

Bedre udnyttelse af kvælstof i landbrug og akvakultur

Max Nielsen
Rasmus Nielsen
Lars-Bo Jacobsen
Brian H. Jacobsen

2015 / 05

IFRO Udredning 2015 / 05

Bedre udnyttelse af kvælstof i landbrug og akvakultur

Forfattere: Max Nielsen, Rasmus Nielsen, Lars-Bo Jacobsen, Brian H. Jacobsen

Udarbejdet i henhold til aftalen mellem Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi og Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri om forskningsbaseret myndighedsberedskab.

Udgivet 21. april 2015 (afsluttet 19. februar 2015)

Se flere myndighedsaftalte udredninger på www.ifro.ku.dk/publikationer/ifro_serier/udredninger/

Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi
Københavns Universitet
Rolighedsvej 25
1958 Frederiksberg
www.ifro.ku.dk

Indholdsfortegnelse

1. Indledning 4
2. Kvælstofudledningen 5
2.1 Tiltag til forbedring af det danske vandmiljø 5
2.2 Landbrug 8
2.3 Akvakultur 8
2.4 Byrden af kvælstofreduktionen 9
2.5 Effekter på vandmiljøet 10
3. Regulering 12
3.1 Landbrug 12
3.2 Akvakultur 13
3.3 Den maksimale ressourceeffektivitet 14
3.4 Forøgelse af ressourceeffektiviteten 15
4. Økonomi 17
5. Ressourceeffektiviteten af kvælstof 19
5.1 Indikatorer 19
5.2 Skyggepriser 21
5.3 Følsomhedsanalyser 23
6. Omfordeling af kvælstoftab mellem sektorer 27
6.1 Model 27
6.2 Data 28
6.3 Resultater 29
7. Konklusion 32

1. Indledning

Nærværende udredning er et bidrag til vurderingen af den fremtidige kvælstofregulering af dansk landbrug og akvakultur. Formålet er at identificere hvor ressourceeffektivt landbrug og akvakultur er i kvælstofanvendelsen, samt at vurdere hvordan ressourceeffektiviteten kan forbedres via introduktion af individuelt omsættelige kvoter på kvælstoftabet til vandmiljøet. Ressourceeffektivitet måles ved skyggeprisen af ét kilo kvælstof tabt til vandmiljøet. Skyggeprisen angiver *"den ekstra indtjening en sektor kan opnå hvis den tillades at tabe et ekstra kilo kvælstof til vandmiljøet.* Jo større skyggeprisen er i en sektor i forhold til en anden, desto større er gevinsten ved at lade denne sektor overtage kvælstof fra den anden. 87 % af den menneskeskabte udledning af kvælstof i Danmark stammer fra landbrug og akvakultur, den resterende del fra andre punktkilder, herunder fødevareindustrien. Selv om ressourceeffektiviteten af andre punktkildeudledere ikke identificeres i denne rapport, er det relevant at også disse indgår i en fælles regulering af alle kvælstofudledere. Rapporten er udarbejdet som en udredning under aftalen mellem Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet, og Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri.

Vurdering af kvælstofs ressourceeffektivitet er vigtig fordi kvælstof vurderes at udgøre en barriere for vækst i dansk landbrug og akvakultur. En forøgelse af ressourceeffektiviteten giver et potentiale for økonomisk vækst i de to sektorer samlet set, uden at forøge belastningen af vandmiljøet. Alternativt, eller supplerende, kan en forøgelse af ressourceeffektiviteten reducere kvælstoftabet til vandmiljøet uden at sektorernes økonomi påvirkes negativt. I denne udredning tages ikke stilling til om der skal opnås vækst i sektorerne eller om der ønskes et forbedret vandmiljø. Der ses alene på hvordan ressourceeffektiviteten af kvælstof via individuelt omsættelige kvoter på kvælstoftab kan forøges inden for et samlet uændret dansk kvælstoftab. Der ses heller ikke på fordelingsmæssige konsekvenser af en eventuelt ændret regulering, eksempelvis at nogle bedrifter ikke kan fortsætte i erhvervet på længere sigt. Der vises derimod at en ændret regulering som maksimerer kvælstofs ressourceeffektivitet kan skabe betydelige muligheder for vækst i landbrug og akvakultur og/eller forbedringer i vandmiljøet. Fokus er på kvælstof tabt til vandmiljøet. Ændret produktion vil også give anledning til ændringer i tab af ammoniak, påvirkning af grundvand, samt andre typer af emissioner som påvirker Natura 2000 områder mv. I denne udredning fokuseres alene på kvælstof, da dette i mange tilfælde vurderes at være den mest begrænsende faktor for produktionen.

Efter denne indledning beskrives udviklingen i den totale kvælstofudledning i afsnit 2, hvorefter reguleringen gennemgås og vurderes. I afsnit 4 gennemgås sektorernes økonomi, hvorefter skyggepriser på kvælstof beregnes og analyseres. Skyggepriserne beregnes som et landsgennemsnit, ikke for hvert vandopland, og resultatet giver derfor alene en overordnet indikation af sektorernes relative ressourceeffektivitet. De beregnede skyggepriser angiver alene forholdet mellem de to sektorer, men hvor forøget ressourceeffektivitet dog også diskuteres indenfor hver af de to sektorer. I afsnit 6 beregnes den samfundsmæssigt optimale fordeling af kvælstof mellem de to sektorer. Der konkluderes i afsnit 7.

2. Kvælstofudledningen

2.1 Tiltag til forbedring af det danske vandmiljø

Siden 1985 har man i Danmark implementeret en lang række af vandmiljøplaner for at begrænse udledningen af næringsstoffer til det danske vandmiljø. Den øgede fokus på vandmiljøet op gennem 1980'erne var et resultat af, at man direkte kunne konstatere at den øgede tilførsel af næringsstoffer havde omfattende negative konsekvenser for vandmiljøet. Tilførslen af en større mængde næringsstoffer end det miljømæssige bæredygtige niveau forårsagede en øget algevækst, som igen medførte iltsvind (eutrofiering) i søer, fjorde og kystnære farvande mens mængden af nitrat steg i grundvandet så drikkevandsboringer måtte lukkes. Generelt var det alvorligste problem for søerne udledning af fosfor, mens det kystnære havmiljø og grundvandet mest blev påvirket af kvælstofudledningen.

Tilførsel af kvælstof og fosfor fra industri og husholdninger samt fra en stadig mere intensiv landbrugssektor har været stigende, siden 2. verdenskrig og op til midten af 1980'erne. Fordi andelen af opdyrket land i Danmark er meget høj (65 %), har det været væsentligt at fokusere på at begrænse tilførslen af netop kvælstof og fosfor til vandmiljøet. I tabel 1 er de danske vandmiljøplaner fra 1985 og frem til i dag præsenteret. Af tabellen fremgår det hvilke overordnede mål de enkelte planer har haft med hensyn til en reduktion af kvælstof og fosfor og hvornår disse mål er blevet opfyldt.

Tabel 1: Danske vandmiljøplaner til reduktion af kvælstof og fosfor.

År	Navn	Mål	Målopfyldelse
1985	NPO-plan	Generel reduktion af N, P og organisk materiale	
1987	Vandmiljøplan I	Udvaskning af N reduceres med 50 % og P med 80 %	
1991	Handlingsplan for bæredygtigt landbrug	Mål som i VMP I	
1998	Vandmiljøplan II	Mål som i VMP I	
2001	Ammoniakhandlingsplan	Ammoniakfordampningen skal nedbringes med 12.200 tons årligt	
2004	Vandmiljøplan III	N reduceres med 15 % i forhold til 2003 og P reduceres med 50 % i forhold til 2001	Mål for VMP I+II opfyldt
2009	Grøn Vækst og vandplaner fra 2011 Den kommunale vådområdeindsats	Reduktion på 9.000 tons N N reduceres med 1.130 tons og P reduceres med 30 tons senest i 2015	
2011	Midtvejsevaluering VMP III		Det forventes at reduktionen af P nås, mens reduktionen af N ikke nås

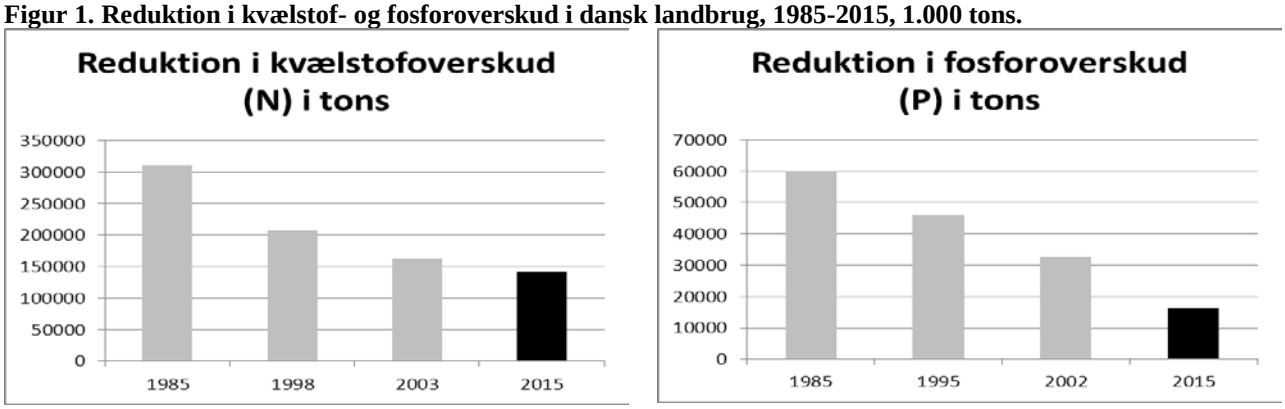
Kilde: Modificeret fra Mikkelsen, S. Reducing Nutrient Losses from Intensive Livestock Operations in Denmark–EU.

Samtidig med vandmiljøplanerne implementerede man i EU to direktiver, som har haft væsentlig indflydelse på den danske indsats for at reducere tilførslen af næringsstoffer til vandmiljøet, nemlig Nitratdirektivet fra 1991 og Vandrammedirektivet fra 2000. International regulering spiller en stigende rolle for dansk miljøpolitik, og i perioden 2000-2010 er det især EU's sjette miljøhandlingsprogram, der har sat dagsordenen for den danske indsats på miljøområdet. Selvom

rammerne for mange mål er fastsat i internationalt regi, er beslutningen om valg af virkemidler til opfyldelse af målene oftest et nationalt anliggende.

I figur 1 er reduktionen i overskuddet af kvælstof og fosfor i dansk landbrug vist fra 1985 og frem til 2002-2003, samt reduktionsmålene frem til 2015.

Figur 1. Reduktion i kvælstof- og fosforoverskud i dansk landbrug, 1985-2015, 1.000 tons.



Kilde: Miljøministeriet 2004, Vandmiljøplan III.

Reduktionen vist i figur 1 er udtryk for en gennemsnitlig reduktion over tid, da der vil være naturlige udsving som følge af klimatiske forhold som for eksempel mere eller mindre nedbør i enkelte år. Fosfor- og kvælstofoverskud for 2015 er målsætninger, ikke fremskrevne tal.

Den danske indsats har medført en væsentlig reduktion i overskuddet af både kvælstof og fosfor. Reduktionen er størst for fosfor, hvilket skyldes at kilderne til forurening af fosfor har været forholdsvis nemme at identificere. I de første vandmiljøplaner var der således et væsentlig fokus på at reducere udledningen fra punktkilder som husholdninger (rensningsanlæg) og industri. I vandmiljøplan III anvendes som noget nyt afgifter på mineralsk fosfor, som virkemiddel til at begrænse udledningen, hvor afgiftsprovenuet tilbageføres til landbruget.

I dag vurderes kvælstof således at være et større problem end fosfor. Samtidig formodes regulering af brugen af kvælstof at være den mest begrænsende faktor i produktionen i akvakultur og landbrug. På dette grundlag fokuserer nærværende rapport alene på kvælstof.

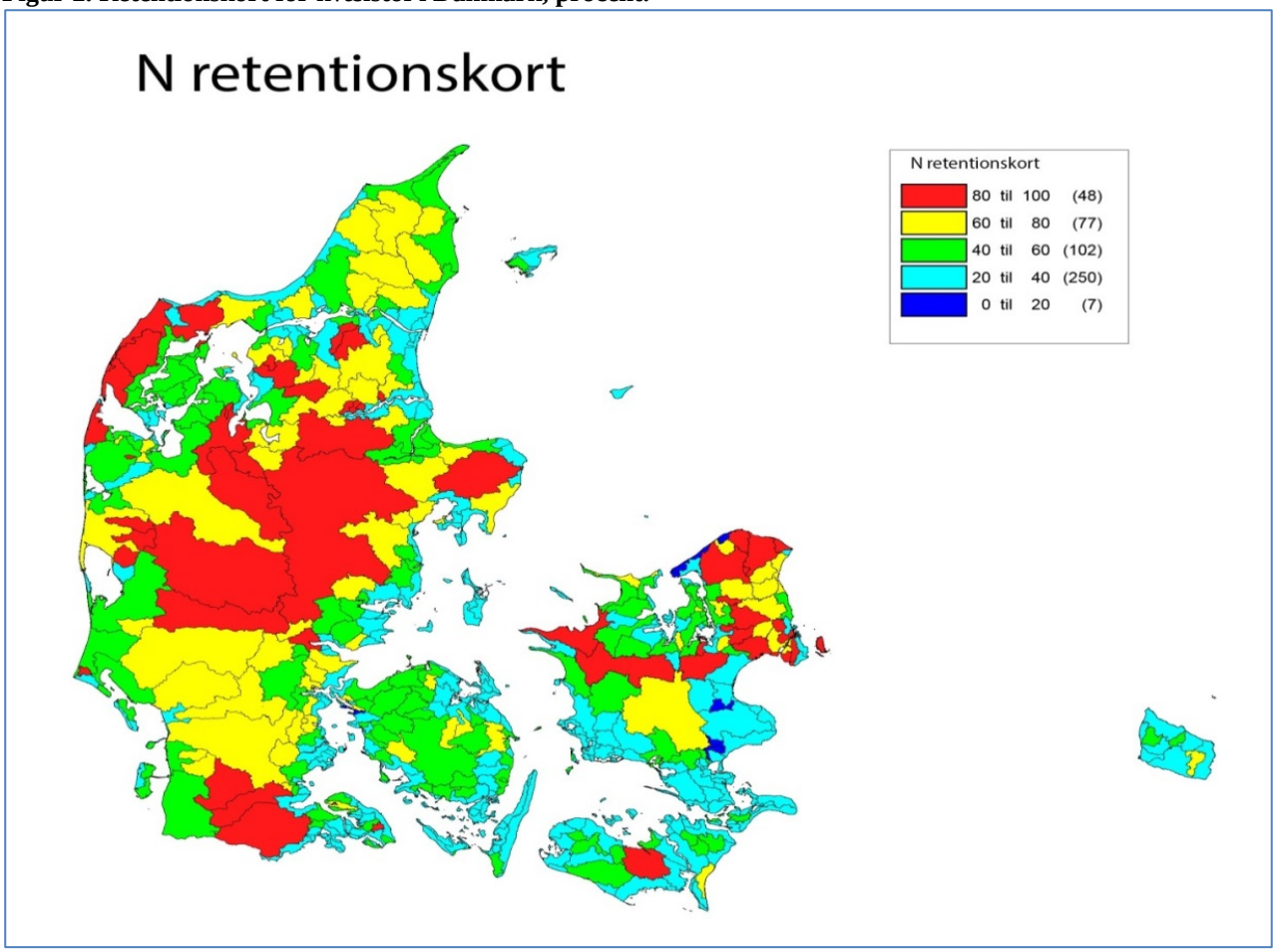
Effekten af kvælstof på miljøet kan vurderes på flere måder. Kvælstofoverskuddet i landbruget angiver hvor meget af det tilførte kvælstof (foder og handelsgødning) der ikke fjernes i form af produkter (korn, kød, mælk m.m.). Kvælstofoverskuddet på markniveau angiver hvor meget af det som tilføres i form af handelsgødning og husdyrgødning der ikke fjernes i form af produkter. Kvælstofudvaskningen angiver, hvor meget kvælstof der kommer videre fra rodzonen og kvælstoftabet (udledningen) hvor meget der ender i vandmiljøet. Set som et landsgennemsnit vil omkring 50 % af kvælstofoverskuddet udvaskes fra rodzonen, hvor 40 % af kvælstofudvaskningen tabes til vandmiljøet under transport fra rodzonen til kystvande. Derved er retentionen (kvælstoftilbageholdelsen fra rodzonen til kystvande) 60 %. Det er således kun 20 %[1] af landbrugets kvælstofoverskud som i gennemsnit tabes til vandmiljøet. Kvælstoftildelingen i landbruget er imidlertid højere end kvælstofoverskuddet og set i forhold til tildelingen vurderes det at ca. 25-30 % af den tildelte gødning udvaskes fra rodzonen, samt at ca. 2/3 af den omsættes på vejen til vandmiljøet således at en øget tildeling af handelsgødning på 9 kg N pr. ha giver anledning til en stigning i udledningen til vandmiljøet på 1 kg kvælstof.

[1] Beregnet som 50 % af 40 % = 20 %.

Fra akvakultur tabes det kvælstof som ikke bliver opsamlet i anlæggenes renseforanstaltninger[2], da dette udledes direkte i vandløbene.

Retentionen varierer betydeligt på tværs af landet, såvel som den varierer lokalt mellem marker. Variationen på tværs af landet fremgår af retentionskortet i figur 2, udarbejdet i 2009. Den store variation i retentionen indebærer også at landsgennemsnittet på 60 % er behæftet med en vis usikkerhed.

Figur 2. Retentionskort for kvælstof i Danmark, procent.



Kilde: Videncentret for landbrug (2014), http://www.landbrugsinfo.dk/.

Det totale kvælstofstab til vandmiljøet udgør 56.800 tons per år (gennemsnit over 2008-2012) (Naturstyrelsen, 2014). Kvælstoftabet stammer fra diffuse kilder og punktkilder. Punktkilder forårsager et kvælstoftab på ca. 6.000 tons (12 %), heraf 1.000 tons fra akvakultur. Bidrag fra natur og skov (ikke menneskeskabte bidrag) udgør ca. 10.000 tons (18 %). Landbruget er den største diffuse kilde og bidrager med de resterende 39.800 tons (70 %). Det er altså dette bidrag der forsvinder, hvis landbrugsarealerne ikke dyrkes.

[2] Renseforanstaltninger kan være slamfældning, plantelaguner, filtre og biofiltre m.m., som opsamler og omdanner kvælstof, fosfor og organisk materiale.

2.2 Landbrug

Indsatsen for at reducere overskuddet og udvaskningen af kvælstof har, ligesom for fosfor, også været virkningsfuldt, men det har været sværere at identificere de mere diffuse kilder, og reduktionen har taget længere tid end først antaget. Der er dog sket en væsentlig reduktion af kvælstofoverskuddet. Også udnyttelsen af kvælstof er blevet væsentligt forbedret.

I vandmiljøplan III indføres et krav om dyrkningsfri randzoner langs søer og åer for at mindske den direkte udledning af både kvælstof og fosfor fra landbruget. Landbruget bliver kompenseret for tabet af dyrkningsareal ved indførelse af de dyrkningsfrie zoner.

I vandmiljøplanerne har reduktionen af kvælstof været fordelt på arealrelaterede virkemidler som etablering af vådområder, skovrejsning og kvælstofkontrakter samt bedriftsrelaterede virkemidler som bedre håndtering af husdyrgødning, udnyttelse af foder, efterafgrøder (grønne marker) og omlægning til økologisk drift.

2.3 Akvakultur

Akvakulturproduktionen bidrager kun til 1,8 % af det samlede kvælstoftab. Dette skal sammenholdes med landbruget som bidrager med 70 %. Yderligere er akvakulturproduktion i miljømæssig forstand at betragte som en punktkilde med en let identificerbar udledning til det omgivende miljø, som er tæt forbundet med den producerede mængde. Det er derfor i modsætning til landbruget nemmere at opgøre og reducere denne udledning.

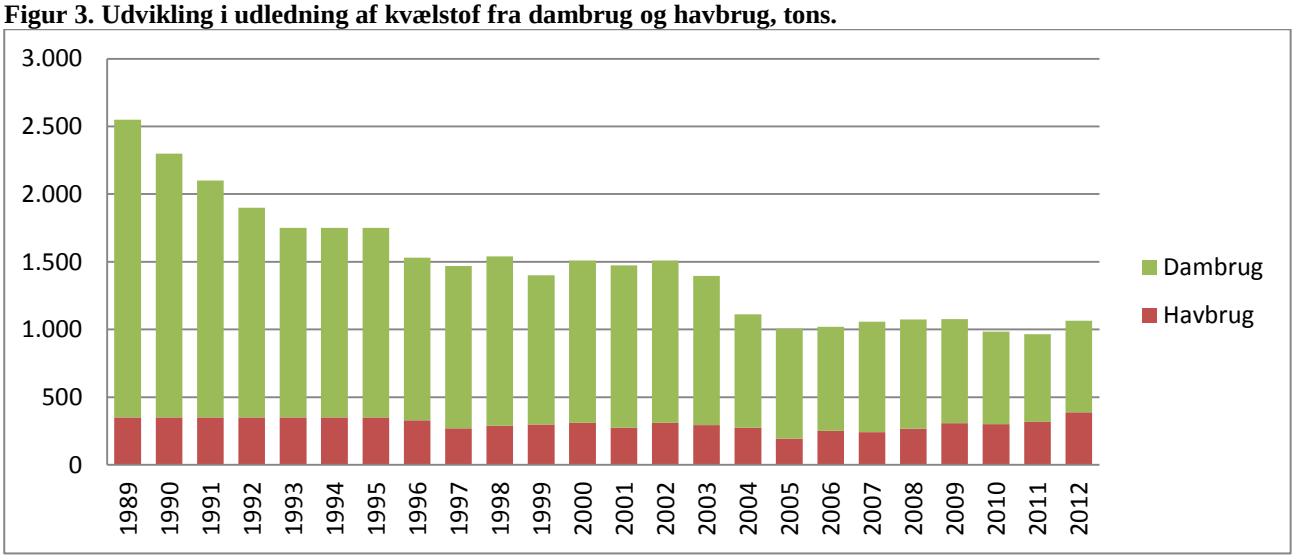
Udviklingen i akvakultursektoren har været præget af, at produktionen op til starten af 1980'erne ofte var anlagt som en del af en landbrugsbedrift. De stagnerende fangster i det vilde fiskeri og en øget handel og konkurrence på verdensmarkedet for fiskeprodukter op gennem 1990'erne satte for alvor gang i industrialiseringen og specialiseringen af akvakultursektoren og dermed en langt mere intensiv produktion.

Samtidig med at der indførtes kvælstofbegrænsninger i landbruget blev dambrugenes produktionsmuligheder også begrænset ved indførelse af individuelle foderkvoter, som følge af vandmiljøplanerne og Nitratdirektivet fra EU. Foderkvoterne har som følge af den tætte sammenhæng mellem foderforbrug og produktion af fisk effektivt begrænset produktionsvæksten. International konkurrence, stigende foderpriser og afsætningsmuligheder påvirker også produktionen, men foderkvotereguleringen vurderes at være helt afgørende for den stagnerede produktion af fisk. Vandmiljøplanerne og Nitratdirektivet har bidraget til en bedre udnyttelse af foderet (*Miljøstyrelsens punktkilde rapport 2010, figur 7.1*) og innovation af nye rensemetoder af spildevandet. Man gik fra et regime, hvor man optimerede fiskenes vækst til i stedet at optimere foderudnyttelsen. Yderligere har man ved indførelsen af recirkuleringsteknologi og optimering af rensesystemer fra midten af 2000'erne kunnet reducere vandforbruget og miljøpåvirkningen fra dambrugene yderligere. Samlet set har dette dog ikke været nok til at øge den samlede produktion i dambrugene.

For havbrugene som ikke på samme måde kan måle deres udledning blev der også indført individuelle foderkvoter sammen med en overordnet kvælstofkvote på 560 ton i 1993. Denne kvote er dog aldrig blevet udnyttet, da man samtidig indførte et moratorium for nye havbrug. Dette er først reelt blevet brudt i 2014, hvor *ét* nyt havbrug har fået tilladelse til at producere mod at udledningen af kvælstof fuldt ud kompenseres ved opdræt af muslinger og produktion tang.

Af figur 3 fremgår udviklingen i den samlede udledning af kvælstof fra akvakultur i 1989-2012 (svarende til kvælstoftabet fra akvakultur). Den totale udledning af kvælstof fra dambrug og havbrug er faldet fra over 2,500 tons til ca. 1,000 tons, svarende til 60 %.

Figur 3. Udvikling i udledning af kvælstof fra dambrug og havbrug, tons.

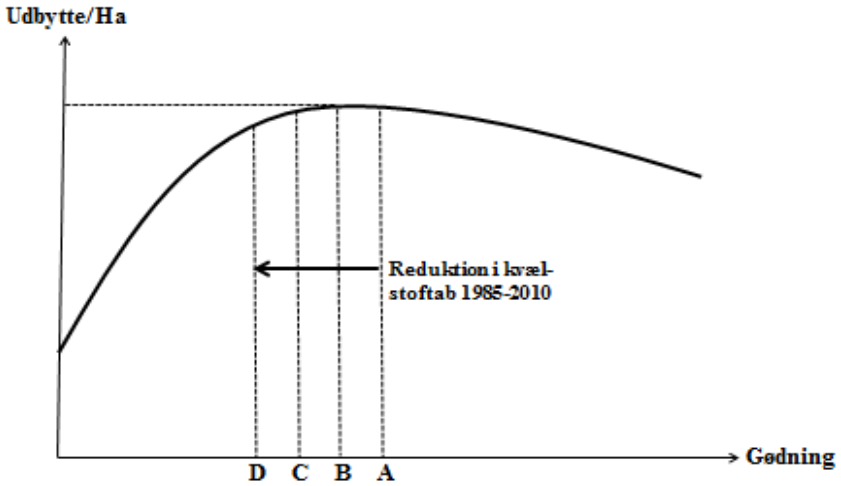


Kilde: Punktkilder 2012, Naturstyrelsen (Miljøstyrelsen).

2.4 Byrden af kvælstofreduktionen

Både akvakultur og landbrug har mere end halveret kvælstoftabet over de sidste 3 årtier. Sektorernes tilpasningsmuligheder har imidlertid været meget forskellige. Effekten af kvælstofreduktionen i landbruget er skitseret i figur 4.

Figur 4. Sammenhæng mellem landbrugets gødningsforbrug og høstudbytte.



Figuren viser at landbrugets høstudbytte stiger med gødningsforbruget (kvælstof) indtil toppunktet B, hvorefter der overgødes og høstudbyttet falder. Denne sammenhæng er velkendt. Kurvens præcise beliggenhed afhænger imidlertid af bl.a. nedbør og varierer betydeligt fra år til år. Indtil midten af 1980'erne, hvor der ikke var betydende gødningsregulering, anvendte mange landmænd et "forsikringsprincip" hvor gødningsforbruget lå ca. 10 % højere end B (punkt A) med henblik på

at tage højde for varierende nedbør og derigennem at sikre et højt høstudbytte per hektar. Dette blev med vandmiljøplanerne (1987) ikke længere muligt og der blev indført gødningsregnskab som gjorde at tildelingen maksimalt kunne være det gennemsnitlige produktionsøkonomiske optimum (punkt C). Senere er normerne reduceret yderligere og i dag er gødningsforbruget i punkt D, ca. 15 % til venstre for det produktionsøkonomiske optimum. Det gødningsforbrug der giver det maksimale høstudbytte (punkt B) er højere end det gødningsforbrug som giver den bedste økonomi for landmændene (punkt C), idet landmændene har omkostninger til ekstra gødning. Det produktionsøkonomiske optimum (punkt C) er endvidere højere end det gødningsforbrug der inddrager miljøhensyn (punkt D). Byrden for landbruget i form af reduceret indtjening, som følge af reduceret gødning vil variere og vil i nogle år være til venstre for C og andre gange til højre for C. Tabet er også typisk lavere på grovfoderarealer end på kornarealer.

Byrden af gødningsreguleringen bæres primært af planteavlere, idet de fleste husdyrbrug ikke vurderes at være begrænset heraf, jf. afsnit 3. Dog er der i peioden indført krav om lagring af husdyrgødning, hvilket har givet omkostninger til lagring. Endvidere bæres størstedelen af byrden af planteavlerne da de lavere kvælstofnormer påvirker udbyttet på marken. Kvælstofnormen tildeles efter afgrøde, jordtype og mulighed for vanding. De nuværende normer er ikke koblet til hvor stor retentionen er. Koblingen mellem husdyrproduktion og miljøpåvirkning sker gennem husdyrgodkendelserne, hvor arealdelen sikrer at husdyrbedrifterne har det fornødne areal. Husdyrbedrifter på arealer med lav retention skal således have en lavere husdyrintensitet, hvis ikke de vælger at implementere andre virkemidler der reducerer kvælstoftabet. Byrden af kvælstofreduktionen på plantebedrifter er nogenlunde ensartet, mens kvælstofreguleringen for husdyrbedrifter kan være forskellig alt efter lokalitet.

I akvakultur har nye fodertyper igennem 1990'erne medvirket til at reducere byrderne af kvælstofreduktionen, hvilket også er tilfældet med de teknologiske forbedringer der er opstået med recirkuleringsteknologien introduceret i modeldambrug siden 2005. Produktionen i akvakultur er således kraftigt reduceret som følge af kvælstofreguleringen i forhold til hvilke muligheder der ville have været uden reguleringen. Samme reduktion er ikke tilnærmelsesvis set i landbruget, som primært påvirkes negativt i tørre år. Samtidig har udgiften til kvælstofreduktionen i landbruget været fordelt nogenlunde ligeligt mellem det private og det offentlige. Udgifterne til de arealbaserede tiltag har været båret af de offentlige myndigheder, mens den bedriftsrelaterede effektivisering er blevet båret af de private producenter.

2.5 Effekter på vandmiljøet

De danske tiltag på vandmiljøområdet har betydet en lavere koncentration af kvælstof og fosfor i de danske åer og søer. Der er dog stadig et stykke vej til at man kan opfylde det nye vandrammedirektiv og målene om god økologisk tilstand i de danske søer og åer (*Det Miljøøkonomiske Råd, Økonomi og miljø: Søer, vandløb og kystnære vande, 2009, Naturstyrelsen, 2014*).

Effekten på grundvand er endnu svær at måle da grundvandets alder ofte er mere end 20 år. I forbindelse med grundvand er pesticider et større problem end kvælstofkoncentrationen.

I de kystnære danske farvande stammer den væsentligste del af kvælstofudledningen fra danske åer. Landbruget er den vigtigste kilde til denne transport af kvælstof til de marine områder. Udledningen varierer meget fra år til år, da den er korreleret med de varierende nedbørsmængder over årene. Hvis der tages højde for den årlige variation er der sket en væsentlig reduktion af denne udledning, hvilket har forbedret miljøtilstanden i de kystnære områder. Til gengæld har man haft svært ved at sammenkæde den faldende tilførsel af næringsstoffer på 50 % med en målbar effekt på

iltindholdet i de indre danske farvande på samme niveau. Et øget iltindhold er en af de vigtigste forudsætninger for at genetablere tidligere eksisterende habitater og biodiversitet.

I de åbne marine områder domineres kvælstofbidraget af andre landes udledninger samt den atmosfæriske afsætning (udledning af blandt andet kvælstofoxider og ammoniak fra transport, industri og landbrug). I de åbne marine farvande er kvælstofkoncentrationen generelt meget lavere end de kystnære koncentrationer, men også her kan man finde en reduktion af kvælstof-koncentrationen.

På trods af den reducerede mængde af tilført kvælstof og fosfor er det meget svært at vurdere de miljømæssige effekter af den reducerede næringsstofudledning. Dette skyldes dels de årlige variationer i tilførslen og dels de meget komplekse økosystemsammenhænge.

3. Regulering

3.1 Landbrug

Inden for rammerne af Nitrat- og Vandrammedirektiverne reguleres kvælstofudledning via forskellige regelsæt for landbrug og akvakultur. Landbrugets kvælstofudledning reguleres indirekte ved gødningsnormer. Planteavlere (inkl. gartnerier) tildeles tilladelse til gødning på grundlag af afgrøde, jordtype, samt brug af vanding og efterafgrøder. Planteavlerne kan inden for den fastsatte norm frit bestemme om de ønsker at anvende husdyrgødning eller handelsgødning. De fleste planteavlere har tilladelse til husdyrbrug og alle husdyrbrug har planteavl. For at opnå tilladelse til husdyrbrug kræves at der haves (ejes/forpagtes) jord med henblik på at sikre harmoni mellem antallet af husdyr og det areal husdyrgødning spredes på (harmonikrav). Antallet dyr der tillades opdrættet fastsættes på baggrund af hvor meget jord der haves ud fra dyreenheder. For 1 hektar må der således eksempelvis være 1,4 dyreenheder for svin og 1,7 dyreenheder for køer. Den enkelte bedrift (ejer eller forpagter) skal således sikre sig at den har gylleaftaler for et areal der svarer til produktionen. Dette indebærer i praksis at der i Danmark er meget få husdyrbedrifter uden jordtilliggende. Planteavlere med husdyrbrug anvender husdyrgødningen i planteproduktionen, hvorved omfanget af handelsgødning bestemmes som forskellen mellem den totale norm og den anvendte husdyrgødning.

Husdyrbrug påvirker ikke alene vandmiljøet via kvælstof- og fosfortab, det påvirker også luften. Således påvirker ammoniakfordampning depositionen lokalt og der kan være lugtgener for naboer i et vist område omkring staldene. Ammoniakreguleringen begrænser derfor husdyrproduktionen lokalt og muliggør ikke produktionsudvidelser i nærheden af beboelse og Natura 2000 områder. Der er således et samspil mellem ammoniak- og kvælstofregulering. Husdyrbrug langt fra disse områder har derimod mulighed for at forøge produktionen, dog alene inden for husdyrnormerne. Men på trods af at kvælstof i visse tilfælde kan være den begrænsende faktor for produktionsvækst og på trods af at datagrundlaget for fordeling af landbrugets kvælstoftab på husdyr- og handelsgødning er usikkert, vurderes det sjældent at være tilfældet. Således skønnes kun 13 % af det menneskeskabte kvælstoftab (ekskl. kvælstoftab fra natur og skov) at stamme fra husdyrgødning, jf. tabel 5. Hvis kvælstof havde været den afgørende begrænsning, ville husdyrgødnings andel af den totale gødning være betydeligt højere. I et kvotesystem vurderes husdyrnormerne unødvendige i forhold til at regulere kvælstof, idet kvælstoftabet reguleres direkte. Husdyrnormerne kan dog have andre funktioner, fx til at begrænse fosforudledningen.

De nuværende normer i vandmiljøplan II er fastsat på baggrund af miljøhensyn, hvilket vurderes at være ca. 15 % (gødningsår 2013/14) under det produktionsøkonomiske optimum. Dette indebærer at bedrifterne er begrænset til at anvende mindre gødning end hvad der er driftsøkonomisk optimalt. Bedrifterne kan derfor forøge høstudbytte og indtjening ved at få tildelt ét ekstra kilo kvælstof. Den forøgede indtjening er positiv, men imødegås delvist af ekstraomkostninger til handelsgødning. Kvælstofreguleringen begrænser således vækstmulighederne i planteavl. Fokus på at anvende kvælstof på den bedste måde, ressourceeffektivt, er derfor afgørende.

Anvendelsen af gødning er styret via gødningsregnskabet, hvor der yderligere indregnes en minimumsudnyttelse af kvælstof i husdyrgødning. Kvælstofmængden styres af normtallene, men det kan justeres hvis produktivitet eller fodring adskiller sig fra standarden. Handel af husdyrgødning mellem bedrifter sker også, typisk ved at der foretages analyser af indhold og disse bruges ved indberetning både af bedrifter der sælger (eksporterer) og køber (importerer) husdyrgødning. Endvidere er der krav om efterafgrøder på 10 % eller 14 % af arealet (alt efter husdyrintensitet) med henblik på positiv miljøeffekt via tilbageholdelse af kvælstof i jorden.

Kravene til kvælstofudnyttelse (kvælstofindhold) er højest for gylle fra svinebedrifter (75 %) og lavest for dybstrøelse. Generelt vil noget af det kvælstof der tildeles marken kun blive frigivet langsomt over tid.

Tabet af kvælstof fra rodzonen er normalt større på landbrug på sandjord end på lerjord såfremt der ikke er drænet, men da jorden ofte er drænet bliver forskellen i tabet mellem de to jordtyper mindre. Dertil kommer, at retentionen på lerjord (se figur 2) i en del egne er lavere end retentionen på sandjordsarealer. Der er dog ikke nogen direkte kobling mellem retention og jordtype, idet det også afhænger af bl.a. geologien.

Typisk omsættes ca. 60 % (60 % tilbageholdes i jorden og når ikke kystvandene) af den mængde kvælstof der forlader rodzonen inden den når ud til vandmiljøet. Den andel kvælstof der omdannes undervejs varierer betydeligt fra lokalitet til lokalitet og det er den variation man søger at udnytte ved målrettet regulering. Generelt vil planteavlsbrug på lerjord, med høj anvendelse af handelsgødning, have den laveste kvælstofudvaskning til rodzonen, mens udvaskningen fra sandjord hvor der bruges meget husdyrgødning er noget højere.

Gartnerier er kendetegnet ved højværdiproduktion, hvor kvælstof sjældent vil være en begrænsning, da disse afgrøder leverer en høj værdi pr. kg kvælstof anvendt. Inden for husdyrproduktion, er pelsdyr også en højværdiproduktion i forhold til det kvælstof der tabes til vandmiljøet.

3.2 Akvakultur

Akvakulturs kvælstofudledning reguleres indirekte ved foderkvoter, hvor der sættes en øvre grænse for hvor meget foder der må anvendes. Som følge af at der i traditionelle dambrug og havbrug har været en tæt sammenhæng mellem foderforbrug, kvælstofudledning og produktion af fisk, fordi det ikke i betydende omfang er muligt at substituere foder med andre produktionsfaktorer, udgør foderkvoterne en effektiv begrænsning af både kvælstofudledning og produktion. Dette har medført at produktionen i dansk akvakultur har været stagnerende over de sidste tyve år, på trods af at akvakultur har et væsentligt vækstpotentiale, at akvakultur er verdens hurtigst voksende animalsk producerende fødevareerhverv og at der i de sidste tyve år har været fem danske planer med det mål at fremme væksten i sektoren betydeligt. Konsekvensen har også været at kvælstoftabet er faldet væsentligt.

Foderkvoterne er tilknyttet opdrættene og der har over tid udviklet sig en praksis hvor foderkvoterne er blevet omsat mellem opdrætterne i et vist omfang.

Over det seneste årti har nyudviklede teknologier i form af recirkulering medført at ressourceeffektiviteten i dambrug er forøget væsentligt. Dette er sket med udviklingen af modeldambrug, hvori der kan produceres flere fisk per kilo udledt kvælstof, jf. tabel 2.

Tabel 2. Målt kvælstoftab i gram pr. kg produceret fisk, fordelt på anlægstyper, 2008.

Anlægstyper	Målt kvælstoftab
Traditionelle dambrug	26,9
Model type 1	19,2
Model type 3	16,3
Alle anlæg	24,4

Kilde: Beregninger foretaget af Fødevareøkonomisk Institut på baggrund af data fra Miljøstyrelsen.

Reguleringen har delvist indrettet sig herefter, idet foderkvoterne for modeldambrugene er blevet opskrevet således at kvælstofudledningen er holdt uændret. Der er på dette grundlag sket en

omlægning af en række traditionelle dambrug til modeldambrug med opskrevne foderkvoter. De nye typer af anlæg har oplevet en vækst i produktionen på baggrund af den øgede tildeling af foder. Dette har dog været på bekostning af de traditionelle anlæg, som har oplevet et fald i produktionen. Samlet set har dette medført et produktionsfald i sektoren. Dette er sket til trods for at den samlede udledning af kvælstof og fosfor er reduceret, idet der ikke er givet tilladelse til opstart af nye kvælstofudledende dambrug.

Der blev i 2012 givet mulighed for at dambrugerne frivilligt kan overgå fra foderkvoteregulering til udlederregulering. Nogle dambrugere har udnyttet denne mulighed. Den ændrede regulering har i visse tilfælde forøget ressourceeffektiviteten, jf. afsnit 4, men har på nuværende tidspunkt ikke samlet set medført en produktionsvækst. Derimod er den samlede kvælstofudledning fra akvakultur faldet.

Som landbruget er også akvakultur begrænset af andre faktorer end kvælstof, herunder fx krav om at leve op til de bedste teknologier, til dambrugsindretning, fodersammensætning og indpumpning. Modsat for husdyrbrug vurderes kvælstoftabet dog at være den helt afgørende begrænsende faktor for produktionsvækst.

I havbrug er der givet én ny tilladelse, idet denne dog er betinget af at den forøgede mængde kvælstof fjernes via kompensationsopdræt af muslinger og tang. Der er også givet tilladelse til flere nye saltvandsindpumpningsanlæg, men da disse er fuldt recirkulerede formodes de ikke at forøge kvælstofbelastningen. Hverken nye havbrug eller indpumpningsanlæg vurderes, med de krav der er tilknyttet tilladelserne, at forøge kvælstofbelastningen.

3.3 Den maksimale ressourceeffektivitet

Ovenstående er den nuværende kvælstofregulering gennemgået. Denne sammenlignes i det følgende med den samfundsøkonomisk optimale regulering, som giver *"det danske samfund den størst mulige værdiskabelse af hvert eneste kilo kvælstof der tillades tabt til vandmiljøet*". Denne samfundsøkonomisk optimale regulering svarer til at maksimere ressourceeffektiviteten med en given tilstand af vandmiljøet. I praksis kan en lang række andre hensyn nødvendigvis tages, fx i forhold til beskæftigelse og regioner. I det følgende vurderes hvordan ressourceeffektiviteten kan forøges når denne er den eneste målsætning for reguleringen.

Ressourceeffektiviteten kan jf. økonomisk teori maksimeres ved anvendelse af et individuelt omsætteligt kvælstofkvotesystem eller ved afgifter direkte på kvælstoftabet som omfatter alle forurenere. Forudsætningen herfor er at det er muligt at kontrollere kvælstoftabet, at administrations- og kontrolomkostninger herved ikke er for store og at omkostningerne ved omstilling fra den nuværende regulering ikke er uoverstigeligt høje. Både individuelt omsættelige kvælstofkvoter og afgifter skal reguleres direkte på det uønskede output, kvælstoftabet (og ikke på kvælstofoverskud eller på input som gødning og foder) for at sikre den maksimale ressourceeffektivitet.

I det følgende vurderes alene landbrug og akvakultur. Der ses her bort fra andre forureningskilder, selvom disse under optimale omstændigheder bør indgå i en regulering der maksimerer ressourceeffektiviteten.

Forskellen mellem individuelt omsættelige kvoter og afgifter er et fordelingsmæssigt spørgsmål. Byrden af afgifter afholdes af de til enhver tid aktive virksomheder, idet det antages at prisen på de producerede produkter er ens. Individuelt omsættelige kvoter kan foræres eller sælges til virksomhederne. Foræres de væk til de nuværende virksomhedsejere, vil disse have kvoterne til gratis udnyttelse, såvel som at de kan tjene på dem ved videresalg når de ophører i erhvervet. 2.-

generationsrettighedshavere og senere ejere bærer derved byrden. Aktioneres kvoterne ud vil de til enhver tid aktive virksomheder bære byrden, hvorved systemet svarer til et afgiftssystem.

Uanset hvilken af de to reguleringsmetoder der anvendes må det nødvendigvis være særskilt for hvert af de 23 vandoplande i Danmark, hvis vandmiljøet skal sikres alle steder og leve op til kravene i Vandrammedirektivet. Yderligere vil der formentlig være tilfælde hvor der skal tages stilling til den miljømæssige bæredygtighed ved høj koncentration i særligt attraktive områder for enten miljø eller industri. I hvert opland må fastsættes og håndhæves en maksimal total kvælstofmængde der tillades tabt til vandmiljøet. Samtidig kræver opnåelse af den maksimale ressourceeffektivitet at hver enkelt virksomhed drives optimalt og uden unødvendige reguleringsmæssige barrierer, samt at alene de bedste virksomheder og de bedste sektorer forbliver aktive. Endelig kræves at reguleringen er fleksibel med lave administrations- og kontrolomkostninger, således at en gunstig situation automatisk opretholdes.

Den maksimale ressourceeffektivitet kan alene opnås når andre uønskede sideeffekter, herunder ammoniakfordampning, samtidigt reguleres optimalt. I denne udredning er den maksimale ressourceeffektivitet alene vurderet ved uændret ammoniakregulering. Ændres denne, påvirkes ressourceeffektiviteten af kvælstof også.

3.4 Forøgelse af ressourceeffektiviteten

Baseret på ovenstående, identificeres de ændringer af den nuværende kvælstofregulering, som er nødvendige for at opnå den maksimale ressourceeffektivitet af kvælstof.

Landbrugets kvælstofudledning styres i dag efter ét mål omfattende hele landet. Der er ikke fastsat mål for hvert af de 23 vandoplande. Endvidere reguleres planteavlere på forbruget af gødning (som er et input) og ikke på kvælstoftabet (som er et uønsket output). Der er således ikke en egentlig miljømæssig ramme for selve kvælstofudledningen i hvert vandopland, alene en indirekte ramme sat af gødningsnormerne. Målsætninger for det totale kvælstoftab skal være særskilte for hver af de 23 vandoplande, hvis den maksimale ressourceeffektivitet skal opnås. Det er også nødvendigt at regulere direkte på det uønskede output, kvælstoftabet til vandmiljøet. Regulering på kvælstofoverskud, gødning eller foder er ikke tilstrækkeligt hvis den maksimale ressourceeffektivitet ønskes opnået. Danske landmænd må nødvendigvis forskelsbehandles, da deres miljøeffekt er forskellig.

Introduktion af et individuelt omsætteligt kvotesystem på kvælstoftab i hvert af de 23 vandoplande i Danmark, som er fælles for landbrug og akvakultur, vurderes at kunne forøge kvælstofs ressourceeffektivitet betydeligt. Gevinsterne opstår i landbruget dels ved at målrette reguleringen mod geografiske områder hvor kvælstof udgør et særligt stort problem, samt mod de jorder hvor retentionen er lav, dels ved at ressourceeffektive landmænd får mulighed for at opkøbe kvælstofkvoter fra mindre ressourceeffektive landmænd.

Den nuværende inputregulering på gødning giver endvidere ikke landmændene tilskyndelse til at udvikle ressourceeffektive teknologier der begrænser kvælstofudledningen. Husdyrnormerne er også ens over hele landet, hvilket begrænser husdyrproduktion mere end økonomisk hensigtsmæssigt nogle steder og mindre andre steder. I både et kvotesystem og et afgiftssystem er der tilskyndelse til teknologiudvikling, såvel som at husdyrnormerne skønnes unødvendige i forhold til kvælstof.

Den største udfordring for at introducere et individuelt omsætteligt kvotesystem på kvælstoftab er at kvælstoftabet fra planteavl er et diffust tab som er svært at måle. Dette gør kontrol af kvælstoftabet på den enkelte mark hos den enkelte landmand besværlig, men muligheder inkluderer måling på drænrør, krav om elektronisk måling af gødningsspredning og stikprøvekontrol.

Forudsætningen for at etablere et sådant system er at retentionen på alle marker bestemmes én gang for alle og at individuelle kvoter på kvælstoftab derefter tildeles og kontrolleres på kvælstofoverskud, korrigeret med den fastsatte retention der er konstant over tid. Bestemmelse af retentionen kan kun ske gennem en formodet krævende omstillingsproces, hvor individuel sagsbehandling muligvis kan blive reglen fremfor undtagelsen. Dette var således tilfældet i mere end halvdelen af tilfældene da individuelt omsættelige kvoter blev indført i dansk fiskeri i form af fartøjskvoteandele. Omvendt er det noget der sker én gang, og ulemperne herved skal holdes op mod betydelige potentielle samfundsøkonomiske gevinster.

Akvakultur reguleres i dag med foderkvoter, selvom nogle opdræt frivilligt er overgået til udlederregulering. Heller ikke for akvakultur er der fastsat miljømæssige rammer for den totale kvælstofudledning i hvert vandopland, men udledningen er som i landbruget alligevel faldet væsentligt siden midten af 1980'erne. Inputreguleringen på foder har som i landbruget ikke givet incitament til teknologiudvikling, men med udviklingen af modeldambrug og muligheden for frivilligt at overgå til udlederregulering er dette problem blevet mindre. Der kan imidlertid ikke handles med tilladelserne til udledning af kvælstof, hvilket som i landbruget hindrer at ressourceeffektive opdrættere gemmen forøget kvælstofudledning kan producere mere via tilkøb af mulighed for kvælstofudledning fra mindre ressourceeffektive opdrættere. Reguleringen sikrer således ikke at det er de mest ressourceeffektive opdrættere der fortsætter i erhvervet. Samtidig hindrer en regulering af akvakultur, der ikke er sammenhængende med landbrug at det er de mest ressourceeffektive virksomheder i de to sektorer der forbliver aktive, idet der ikke kan handles kvælstofudledning på tværs af sektorerne. At kvotehandel er en realistisk mulighed understreges dog af at Naturstyrelsen i 2014 i ét tilfælde har godkendt salg af kvælstof mellem to punktkilder i form af salg af foderkvote fra et dambrug til et mejeri. Kvælstofudledningen fra akvakultur er en punktkilde som kontrolleres løbende. Der vurderes ikke at være større kontrolproblemer.

Hverken landbrug eller akvakultur er reguleret på en måde hvor den maksimale ressourceeffektivitet opnås. Sektorerne kan derfor opnå vækst uden at vandmiljøet bliver dårligere, eller vandmiljøet kan forbedres uden at sektorerne økonomi påvirkes negativt. Skyggepriser på kvælstof identificeres i afsnit 5 som indikator for hvad der sker hvis reguleringen fremover muliggør at nogle virksomheder kan bruge mere kvælstof på bekostning af andre. Som grundlag herfor identificeres landbrugs og akvakulturs produktionsøkonomi, samt deres bidrag til samfundsøkonomien i næste afsnit.

4. Økonomi

Strukturen af akvakultur og landbrug er vist i tabel 4, hvor antal bedrifter, beskæftigelse og driftsøkonomiske nøgletal fremgår for landbrug (fordelt på planteavl og husdyrbrug) og akvakultur. Alle driftsgrene inden for landbruget i Danmark indgår, ekskl. gartnerier og pelsdyravl.

Tabel 3. Nøgletal for akvakultur og landbrug, 2008-2012[1].

	2008	2009	2010	2011	2012	Gennemsnit
Bedrifter						
Landbrug	34.111	31.957	31.574	30.617	30.469	31.746
- heraf planteavl	.	.	.	.	.	.
- heraf husdyrbrug	.	.	.	.	.	.
Akvakultur	280	272	257	234	229	254
Total	34.391	32.229	31.831	30.851	30.698	32.000
Fuldtidsbeskæftigelse						
Landbrug	.	40.614	41.571	39.945	40.573	40.676
- heraf planteavl	.	21.496	20.528	19.619	19.855	20.375
- heraf husdyrbrug	.	19.118	21.043	20.326	20.718	20.301
Akvakultur	.	597	532	555	556	560
Total	.	41.211	42.103	40.500	41.129	41.236
Omsætning (mio. kr.)						
Landbrug	62.181	50.951	62.069	66.839	74.701	63.348
- heraf planteavl	20.254	15.846	20.700	21.057	24.718	20.511
- heraf husdyrbrug	41.927	35.105	41.369	45.781	49.983	42.837
Akvakultur	1.005	1.044	1.049	1.131	1.202	1.086
Total	63.186	51.995	63.118	67.970	75.903	64.434
Dækningsbidrag[2] (mio. kr.)						
Landbrug	7.326	1.105	11.014	11.136	19.558	10.028
- heraf planteavl	2.276	-262	3.415	3.089	6.481	2.995
- heraf husdyrbrug	5.049	1.367	7.599	8.046	13.077	7.033
Akvakultur	180	150	207	228	234	200
Total	7.506	1.255	11.221	11.364	19.792	10.228
Overskud[3] (mio. kr.)						
Landbrug	3.273	-3.245	6.526	6.784	11.733	5.015
- heraf planteavl	1.048	-1.770	2.061	1.877	4.085	1.521
- heraf husdyrbrug	2.226	-1.474	4.465	4.908	7.648	3.493
Akvakultur	57	29	92	110	107	79
Total	3.330	-3.216	6.618	6.894	11.840	5.094
Forrentning[4] (% af aktiver)						
Landbrug	-0,7	-1,5	-0,2	-0,1	0,7	-0,3
- heraf planteavl	-0,8	-1,6	-0,5	-0,5	0,2	-0,6
- heraf husdyrbrug	-0,6	-1,4	0,1	0,3	1,2	-0,1
Akvakultur	1,1	-1,1	3,8	5,7	5,7	2,9
Total	-0,7	-1,5	-0,2	-0,1	0,7	-0,3

Noter: 1. Fordelingen mellem planteavl og husdyrbrug kendes alene for beskæftigelse og omsætningen, de resterende nøgletal er fordelt som et gennemsnit af driftsgrenene vægtet med omsætningen af planter og husdyr. Planteavl er ekskl. gartnerier og husdyrbrug ekskl. pelsdyravl.
2. Dækningsbidrag = bruttoudbytte – driftsomkostninger – vedligehold – administration – afskrivninger.
3. Overskud = resultat af primær drift.
4. Forrentning = (overskud – beregnet ejeraflønning)/aktiver.

Kilder: Danmarks Statistik, Regnskabsstatisk for Jordbrug og Akvakultur, 2008-2012, samt Jacobsen, L. B (2014), Det landbrugs- og fiskeriindustrielle kompleks 2009-2012, IFRO Udredning 2014, nr. 6.

Landbrug er den altdominerende sektor med en fuldtidsbeskæftigelse og omsætning på hhv. 40.676 og 63 mia. kr. som gennemsnit over perioden. De tilsvarende tal for akvakultur er hhv. 560 fuldtidsbeskæftigede og 1,1 mia. kr. Forrentningen af aktiverne er med 2,9 % som gennemsnit over

5 årsperioden derimod højest i akvakultur, hvor den i landbruget som helhed er negativ (-0,3 %). Forrentningen af aktiver i husdyrproduktionen er højere end i planteproduktionen, men begge driftsgrene har en negativ forrentning i 5 årsperioden (hhv. -0,1 % og -0,6 %). Økonomien i akvakultur er således bedre end i både planteavl og husdyrproduktion i alle år.

Fordelingen mellem planteavl og husdyrbrug er beregnet, idet det er et krav for husdyrproduktion i Danmark at der ejes/forpagtes jord og derfor at husdyrbrug også driver planteavl. For et gennemsnitligt husdyrbrug (svin og kvæg/mælk) stammer 21 % af indtægterne således fra planteavl. Planteavlerne har typisk ikke husdyr og er derfor mere specialiserede. Fordi regnskaber alene kendes for bedrifter og da planteavl foregår i alle driftsgrene, har det været nødvendigt at beregne fordelingen af omkostninger mellem planteavl og husdyrbrug. Omkostninger er fordelt som et gennemsnit af driftsgrenene vægtet med omsætningen af planter og husdyr.

Nøgletallene i tabel 4 er driftsøkonomiske og giver derfor ikke indikationer af landbrugs og akvakulturs samfundsøkonomiske betydning. Værditilvækst er et mål for samfundets samlede produktion og for branchernes samfundsøkonomiske betydning. Værditilvæksten opgøres som forskellen mellem produktionsværdien og forbruget af rå- og hjælpestoffer og angiver den værdiforøgelse, der sker ved forarbejdelsen af råvarerne. Værditilvæksten er således lig med den merværdi der skabes i samfundet plus aflønning af arbejdskraften, som er brugt i produktionen. Værditilvækst anvendes fordi det giver mulighed for at sammenligne forskellige led i produktionen og forskellige sektorers bidrag til væksten i samfundet. I tabel 4 er værditilvæksten vist for akvakultur og landbrugets driftsgrene.

Tabel 4. Værditilvækst i akvakultur og landbrug fordelt på driftsgrene, 2008-2012, mio. kr.

	2008	2009	2010	2011	2012	Gennemsnit
Planteavl						
Korn, bælgfrugter og olieholdige frø	1.242	312	1.792	1.768	3.649	1.753
Grøntsager og meloner, rødder og rodknolde	743	705	696	669	726	708
Andre etårige afgrøder	1.668	1.675	2.064	2.201	2.279	1.977
Andre flerårige afgrøder	206	150	785	508	380	406
Planteformering	340	259	202	275	272	270
Total	4.199	3.101	5.539	5.421	7.306	5.114
Husdyrbrug						
Avl af malkekvæg	5.841	959	4.392	4.632	5.236	4.212
Avl af andet kvæg og bøfler	188	-278	107	402	195	123
Avl af smågrise	2.006	2.397	3.546	3.489	4.149	3.117
Produktion af slagtesvin	1.325	1.187	3.264	3.384	4.283	2.689
Fjerkræavl	292	227	355	403	492	354
Avl af pelsdyr mv.	934	834	2.668	3.260	4.993	2.538
Total	10.586	5.326	14.332	15.570	19.348	13.033
Akvakultur						
Havbrug	38	33	72	86	90	54
Ferskvandsbrug	190	177	190	188	197	188
Total	228	210	262	274	287	242
Total	15.013	8.637	20.133	21.265	26.941	18.389

Kilde: Danmarks Statistik, Nationalregnskab.

Også samfundsøkonomisk er landbruget altdominerende. Værditilvæksten i husdyrbrug peger på at husdyrbrug bidrager mere til samfundsøkonomien end plantetavl. Det fremgår endvidere at svine-, kvæg- og mælkeproduktion er dominerende. I planteavl er korn, bælgfrugter, olieholdige frø og andre etårige afgrøder af størst betydning og i akvakultur er dambrug af større samfundsøkonomisk betydning end havbrug. Landbrug og akvakultur bidrager med 1,2 % af den samlede danske værditilvækst, men er yderligere leverandør af råvarer til fødevareindustrien.

5. Ressourceeffektiviteten af kvælstof

5.1 Indikatorer

Værdien af kvælstof i akvakultur og landbrug kan opgøres på en række forskellige måder. Indikatorer for hver sektor er:

A. Total kvælstoftab (tons kvælstof)
B. Beskæftigede pr. kilo tabt kvælstof
C. Omsætning pr. kilo tabt kvælstof
D. Dækningsbidrag pr. kilo tabt kvælstof
E. Overskud pr. kilo tabt kvælstof

Alle indikatorer er relateret til kvælstoftabet, ikke til kvælstofnormer, kvælstofoverskud eller udvasket kvælstof. Årsagen hertil er at kvælstof ikke har effekt før det er tabt til vandmiljøet. Dette har væsentlig betydning når akvakultur og landbrug sammenlignes, idet 100 % af det udledte kvælstof fra akvakultur til vandmiljøet betragtes som tabt. I landbruget er kvælstoftabet mere diffust. Set som et gennemsnit for Danmark udvaskes i størrelsesordenen 50 % af kvælstofoverskuddet, hvoraf alene 40 % tabes til vandmiljøet. Dvs. hvor udledningen af kvælstof fra akvakultur til vandmiljøet er 100 %, beregnes tabet fra landbruget kun til 20 %.

Når kvælstoftabet sammenlignes mellem sektorerne er det et problem at kvælstoftabet fra planteavl er et diffust tab, som er svært at måle. I planteavl arbejdes derfor med et beregnet tab, mens der i akvakultur arbejdes med målt tab. Dette indebærer, at det er svært entydigt at opgøre kvælstoftabet for den enkelt landbrugsbedrift. Der anvendes derfor i det følgende landsgennemsnit for den andel af kvælstofoverskuddet der udvaskes og tabes til vandmiljøet, mens det understreges at disse tal er behæftet med betydelig usikkerhed.

Indikatorerne A-E identificeres for hhv. planteavl, husdyrbrug og akvakultur. Hermed indgår husdyrgødning dobbelt, fordi det stammer fra husdyrbrug og samtidig anvendes som gødning i planteavl sammen med handelsgødning. Grunden til at husdyrbrug som udgangspunkt inddrages når værdien af kvælstof beregnes, er at kvælstof ikke alene er en barriere for vækst i planteavl og akvakultur, men også i nogle, om end få, tilfælde kan være det for husdyrbrug. For planteavl og akvakultur vurderes kvælstof at udgøre en meget væsentlig, hvis ikke den væsentligste, barriere for vækst. I husdyrbrug vurderes kvælstof at udgøre en blandt flere betydende faktorer der kan begrænse vækst. Kvælstof kan således være en barriere for vækst i husdyrbug i nogle få tilfælde. Dog kun meget få, idet andre forhold som fx internationale afsætningsmuligheder og priser vurderes at have større betydning.

Størrelsen af kvælstoftabet fra husdyrbrug kendes ikke og er derfor beregnet (se note 1 i tabel 5). Dette tab er således behæftet med betydelig usikkerhed. I akvakultur er alene den kvælstofmængde der udledes direkte i vandløb/hav relevant. I transporten i vandløbene kan en lille del af kvælstofudledningen tilbageholdes, hvorfor kvælstoftabet fra akvakultur kan være lidt overvurderet.

Kvælstof vurderes ikke at være en væsentlig barriere for vækst i driftsgrenene gartnerier og pelsdyravl, hvorfor disse ikke indgår i nedenstående beregninger.

Indikatorerne er beregnet i tabel 5 for årene 2008-2012 og som gennemsnittet heraf. For kvælstoftabet i landbruget er anvendt et gennemsnit over en 5-årsperiode, idet effekten typisk delvist kommer med forsinkelse og er meget fluktuerende som følge af den varierende nedbør.

Tabel 5. Nøgletal for værdi af kvælstof i akvakultur og landbrug, 2008-2012[1].

	2008	2009	2010	2011	2012	Gennemsnit
A. Kvælstoftab (tons N)[1]						
Landbrug	39.100	39.100	39.100	39.100	39.100	39.100
- Planteavl (fra husdyr- og handelsgødning)	39.100	39.100	39.100	39.100	39.100	39.100
- Husdyrbrug (fra husdyrgødning)	5.800	5.800	5.800	5.800	5.800	5.800
Akvakultur	992	1.010	1.010	1.016	973	1.000
Total	40.092	40.110	40.110	40.116	40.073	40.100
B. Beskæftigede pr. tons tabt kvælstof						
Landbrug	.	1,0	1,1	1,0	1,0	1,0
- heraf planteavl	.	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
- heraf husdyrbrug	.	3,3	3,6	3,5	3,6	3,5
Akvakultur	.	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6
Total	.	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
C. Omsætning pr. kilo tabt kvælstof (kr.)						
Landbrug	1.590	1.303	1.587	1.709	1.911	1.620
- heraf planteavl	518	405	529	539	632	525
- heraf husdyrbrug	7.229	6.053	7.133	7.893	8.618	7.386
Akvakultur	1.013	1.034	1.039	1.113	1.235	1.086
Total	1.576	1.296	1.574	1.694	1.894	1.607
D. Dækningsbidrag pr. kilo tabt kvælstof (kr.)						
Landbrug	187	28	282	285	500	256
- heraf planteavl	58	-7	87	79	166	77
- heraf husdyrbrug	871	236	1.310	1.387	2.255	1.213
Akvakultur	181	149	205	224	240	200
Total	187	31	280	283	494	255
E. Overskud pr. kilo tabt kvælstof (kr.)						
Landbrug	84	-83	167	174	300	128
- heraf planteavl	27	-45	53	48	104	39
- heraf husdyrbrug	384	-254	770	846	1.319	602
Akvakultur	57	29	91	108	110	79
Total	83	-80	165	172	295	127

Note: 1. Planteavl er ekskl. gartnerier (700 tons) og pelsdyravl (200 tons, beregnet på grundlag af 7 kg kvælstofudvaskning per dyreenhed hvoraf 40 % tabes). I planteavl stammer kvælstoftabet fra husdyrgødning og handelsgødning. Fordelingen herimellem kendes ikke og er derfor beregnet. Grundlaget er Dubgaard et al (2013). Heri antages kvælstofudvaskningen at være 4-9 kg per dyreenhed og gennemsnitlig 7 kg. Der er ca. 2,1 mio. dyreenheder i Danmark, svarende til en udvaskning på 14.700 tons. Med 40 % af den udvaskede kvælstof tabt, bliver kvælstoftabet ca. 6.000 tons. Det understreges at denne beregning er behæftet med usikkerhed. Handelsgødning forårsager den resterende del af kvælstoftabet. I beregningen af indikatorer for landbrugets totaler indgår kvælstoftabet fra husdyrbrug kun én gang, da en sammenlægning ville betyde at husdyrgødning indgår to gange. Akvakulturbidraget antages at være en del af punktkildebelastningen. Naturbidraget er skønnet til 10.000 tons kvælstof tabt til vandmiljøet.

Kilder: Kvælstoftabet i landbruget kendes fra Naturstyrelsen, Diffuse kilder 2010. Fordelingen af kvælstoftabet fra diffuse kilder mellem landbruget og skov/natur er baseret på Eriksen et al. (2014), Virkemiddelkatalog: Virkemidler til realisering af 2. generations vandplaner og målrettet regulering. DCA. Århus og Københavns Universitet. Kvælstoftabet der stammer fra husdyrbrug er identificeret på grundlag af Dubgaard, A. (2013), Analyse af omkostningseffektiviteten ved drivhusgasreducerende tiltag i relation til landbruget. Kvælstoftabet fra akvakultur kendes fra Naturstyrelsen, Punktkilder 2012.

Det fremgår af tabel 5 at værdien af kvælstof målt som omsætning per kilo tabt kvælstof er højest i husdyrbrug, fulgt af akvakultur (hhv. 7.386 og 1.086 kr. per kilo tabt kvælstof). Målt som dækningsbidrag per kilo tabt kvælstof er værdien også væsentligt højere i husdyrbrug end i akvakultur (hhv. 1.213 kr. og 200 kr. for de to sektorer). Overskud per kilo tabt kvælstof er højest for husdyrbrug med 602 kr. per kilo tabt kvælstof. Beregningerne i tabel 5 angiver således at husdyrbrug er den mest ressourceeffektive af de tre sektorer, efterfulgt af akvakultur, mens den er mindst i planteavl. Betragtes landbrug (husdyrbrug og planteavl) som en helhed er både omsætning, dækningsbidrag og overskud større i landbrug end akvakultur.

Der er foretaget analyser i forhold til pelsdyrsektoren og de tyder også på en stor værditilvækst og overskud pr. kg kvælstof tabt til vandmiljøet, men grundet usikkerhed indgår beregningerne ikke i tabel 5.

Resultaterne skal endvidere tolkes med varsomhed i forhold til kvælstofs ressourceeffektivitet. At værdien af kvælstof er højest i en sektor indebærer ikke nødvendigvis at ressourceeffektiviteten i denne sektor er højest. Indikator A er det totale kvælstoftab og siger ikke noget om kvælstofs ressourceeffektivitet. Indikator B som er beskæftigelse per kilo tabt kvælstof er ikke en økonomisk indikator og angiver derfor heller ikke noget om kvælstofs ressourceeffektivitet. Indikator C udelader omkostningerne og angiver derfor ikke noget om ressourceeffektivitet. Derimod er indikatorer D og E økonomiske. Overskuddet per kilo kvælstof (indikator E) giver en langsigtet indikation af hvad der gennemsnitligt er mest ressourceeffektivt, hvor dækningsbidraget (indikator D) tager højde for det eksisterende kapitalapparat og måler ressourceeffektiviteten på kort sigt.

Da der ikke er fuld overensstemmelse mellem de oplyste produktionsmængder i regnskabsstatistik for akvakultur fra Danmarks Statistiks og Miljøstyrelsen opgørelser af produktionen har det været nødvendigt at foretage yderligere beregninger af de udledte kvælstofmængder baseret på produktionsmængderne oplyst fra Danmarks Statistik. Til dette formål er Miljøstyrelsens tal for udledning af kvælstof for forskellige anlægstyper (se tabel 2) anvendt. Da de oplyste mængder i regnskabsstatistikken er højere, er udledningen af kvælstof således også blevet en smule højere. Dambrugenes udledning er således et vægtet gennemsnit af de faktisk målte udledninger baseret på anlægstype og produktion. For havbrugenes vedkommende er anvendt de teoretisk beregnede udledninger fra Miljøstyrelsen (Danmarks Miljøportal). Her anvendes 30 gram kvælstof per kilo fisk solgt fra havbrugene. I standardberegninger anvendes normalt 56 gram per kilo fisk produceret, men dette tager ikke højde for at en del at tilvæksten i havbrugene er sket i landbaserede anlæg. Derfor svarer de solgte mængder i regnskabsstatistikken kun til en udledning på 30 gram per kilo solgt fisk fra havbrugene.

5.2 Skyggepriser

Kvælstofs ressourceeffektivitet kan måles ved skyggeprisen. Skyggeprisen afspejler værdien af en knap ressource, som fx kvælstof, for hvilken der ikke eksisterer et marked. Skabes der et marked, fx i form af individuelt omsættelige kvælstofkvoter, vil skyggeprisen svare til prisen for at købe et kilo kvælstofkvote. Skyggeprisen defineres som:

> *"det ekstra dækningsbidrag en sektor kan opnå hvis det tillades at tabe et ekstra kilo kvælstof til vandmiljøet"*.

Skyggeprisen defineres på grundlag af dækningsbidraget, som med den nuværende kapacitet af bygninger, maskiner mv. angiver hvor meget ekstra der gennemsnitligt tjenes ved at få mulighed for at tabe ét ekstra kilo kvælstof til vandmiljøet. Skyggeprisen beregnes som (omsætning – variable

omkostninger) delt med det totale kvælstoftab. De faste omkostninger indgår ikke i fastsættelsen af skyggeprisen, idet produktionskapaciteten allerede eksisterer. Skyggeprisen identificerer således merindtjeningen på kort sigt. Det antages at der er konstant skalaafkast (hverken stordriftsfordele eller smådriftsfordele), hvorved omsætning og variable omkostninger procentuelt ændres lige meget.

Skyggeprisen angiver hvor stor en ekstra indtjening der kan opnås af et kilo ekstra kvælstof tabt til vandmiljøet, når der er taget højde for både forøgede indtægter og forøgede produktionsomkostninger. Skyggeprisen for kvælstof er alene positiv såfremt kvælstof er en barriere for produktionen. Er der andre forhold der sætter begrænsning for produktionen, fx afsætningsmuligheder og regulering af andet end kvælstof, vil øget anvendelse af kvælstof ikke forøge produktionen, hvorved skyggeprisen på kvælstof er nul. Årsagen er at muligheden for at tabe ét ekstra kilo kvælstof til vandmiljøet ikke vil blive udnyttet.

Skyggeprisen, på kort sigt, med givet produktionskapacitet er beregnet for planteavl, husdyrbrug og akvakultur i tabel 6, baseret på dækningsbidrag per kilo tabt kvælstof, jf. tabel 5, samt på en vurdering af om kvælstof er en begrænsende faktor for vækst i sektorerne.

Tabel 6. Dækningsbidrag og skyggepris på ét kilo kvælstof tabt til vandmiljøet fra planteavl, husdyrbrug og akvakultur, gennemsnit 2008-2012.

	Dækningsbidrag, jf. tabel 5 (kr./kg)						Skyggepris
	2008	2009	2010	2011	2012	Gennemsnit	(kr./kg)
Planteavl	58	-7	87	79	166	77	77
Husdyrbrug	871	236	1.310	1.387	2.255	1.213	ca. 0
Akvakultur	181	149	205	224	240	200	200

For planteavl og akvakultur vurderes kvælstof at være den mest begrænsende faktor for produktionen. Derfor kan skyggeprisen identificeres ved dækningsbidraget per kilo tabt kvælstof. Målt som et gennemsnit over årene 2008-2012 er skyggeprisen for et ekstra kilo kvælstof tabt til vandmiljøet i akvakultur 200 kr., hvor den i planteavl er 77 kr. For akvakultur svinger skyggeprisen mellem 149 og 240 kr. i de fem år, hvor den i planteavl er 0-166 kr. (skyggeprisen kan aldrig blive negativ, da landmanden da ikke bruger det ekstra kilo kvælstof).

Akvakultur anvender således kvælstof betydeligt mere ressourceeffektivt end planteavl. Herved kan landbrugets og akvakulturs samlede bidrag til samfundsøkonomien forøges ved at omfordele kvælstof fra planteavl til akvakultur, uden at forøge den totale tabte kvælstofbelastning af vandmiljøet. Fx via omfordeling fra planteavl til akvakultur gennem reduktion i gødningsnormerne og forøgelse af foderkvoterne, eller via introduktion af et individuelt omsætteligt kvotesystem hvor landmænd og fiskeopdrættere kan handle kvælstofkvote med hinanden.

For husdyrbrug vurderes andre faktorer i de fleste tilfælde at udgøre større barrierer for vækst i husdyrproduktion end kvælstof. Disse faktorer er primært ammoniakforureningen og reguleringstiltag der begrænser denne, lugtgener for husdyrbrugs naboer og husdyrnormer. Når sådanne faktorer typisk er begrænsende for husdyrproduktionen fremfor kvælstof, er skyggeprisen af ét ekstra kilo kvælstof til husdyrbrug nul.

I tilfælde hvor ammoniakforurening og lugtgener er uden betydning og hvor husdyrnormerne ikke er fuldt udnyttet, vil ét ekstra kilo kvælstof tildelt husdyrbrug skabe grundlag for en forøget indtjening. Skyggeprisen vil således være positiv. I sådanne tilfælde vil det ekstra kilo kvælstof betyde at landmanden kan producere flere husdyr og den høje indtjening per kilo tabt kvælstof vil betyde, at skyggeprisen vil være højere end for akvakultur. Der vil således kunne være områder hvor husdyrproduktionen udkonkurrerer akvakultur. Dette skaber ekstra indtjening på husdyr, og giver samtidig en besparelse på handelsgødning. Omvendt imødegås dette af at handelsgødning typisk giver et større høstudbytte (pr. kg kvælstof tildelt) end husdyrgødning, hvilket skal

modregnes, da mere forsvinder undervejes. Dækningsbidraget for et kilo ekstra kvælstof tildelt husdyrbrug, jf. tabel 5, giver en indikation af størrelsesordenen af den forøgede indtjening for de husdyrbrug, hvor kvælstof er den mest begrænsende faktor for produktionsvækst. Afledte effekter på planteavl er ikke inkluderet heri.

Andre studier af skyggeprisen på kvælstof i planteavl opgør det typiske tab til 3-5 hkg per ha. og omkostningen til ca. 200 kr. per ha. Omregnet svarer dette til en skyggepris på 81-162 kr. per kilo kvælstof tabt, når den eneste variable omkostning er gødningskøb. Skyggeprisen identificeret i nærværende rapport er således lidt lavere end i andre studier, hvilket skyldes at det er antaget at alle variable omkostninger varierer med kvælstoftabet. Såfremt visse variable omkostninger ikke påvirkes af ændret kvælstoftab, vil skyggeprisen i planteavl være undervurderet. Dette er imidlertid både tilfældet i planteavl og akvakultur, hvorfor den relative balance mellem de to sektorer ikke påvirkes.

Kvælstof er i dag i et vist omfang omsætteligt indenfor akvakultur i form af foderkvoter. Derved har nogle fiskeopdrættere, modsat planteavlere, betalt for retten til at udlede kvælstof. Den aktuelle pris på foderkvoter svarende til et kilo tabt kvælstof er, jf. Dansk Akvakultur, 76 kr. Såfremt alle fiskeopdrættere havde købt hele deres foderkvote til denne aktuelle pris, er fiskeopdrætterne kun i stand til gennemsnitligt at betale 124 kr. (200-76 kr.). Har ingen fiskeopdrættere derimod betalt for foderkvoten, er de gennemsnitligt i stand til at betale 200 kr. Nogle fiskeopdrættere har betalt fuld pris, andre lavere pris og andre igen har ikke handlet. Fiskeopdrætterne vil således være i stand til at betale i intervallet 124-200 kr. per kilo tabt kvælstof. Selv med den lave pris på 124 kr. er ressourceeffektiviteten i akvakultur dog højere end de 77 kr. i planteavl.

Ovenstående identifikation af skyggepriserne er baseret på uændret produktionskapacitet og må derfor betragtes som kortsigtet. På lang sigt skal der nødvendigvis investeres i fornyelse af produktionskapaciteten, hvorved alle omkostninger bliver variable. Den langsigtede skyggepris måles således ved det økonomiske overskud per kilo tabt kvælstof. Jf. tabel 5 er dette hhv. 39 og 79 kr. i planteavl og akvakultur. Akvakultur er således på lang sigt, som på kort sigt, mere ressourceeffektiv end planteavl.

5.3 Følsomhedsanalyser

Ovenstående skyggepriser er landsgennemsnit, gennemsnit for hhv. plantavl og akvakultur, samt baseret på et landsgennemsnit over hvor stor en andel af kvælstofoverskuddet i landbruget der tabes til vandmiljøet. Det vides imidlertid at der er store geografiske forskelle, store forskelle mellem driftsgrene, samt store forskelle inden for landbruget mellem marker med høj og lav andel af kvælstofoverskud der tabes til vandmiljøet.

Skyggeprisens afhængighed af kvælstofudvaskning og kvælstoftab til vandmiljø er vist i tabel 7 for en gennemsnitlig planteavler i Danmark. Afhængigheden er vurderet ved hhv. at forøge og reducere kvælstofudvaskning og -tab per hektar ved en uændret driftsøkonomi.

Tabel 7. Skyggeprisens afhængighed af kvælstofudvaskning og -tab til vandmiljø (kr.)

	Kvælstof		Dækningsbidrag (kr./kg)					
	Udvaskning	Tab	2008	2009	2010	2011	2012	Gennemsnit
Lille kvælstoftab	40 %	20 %	146	-17	218	198	414	191
Stort kvælstoftab	60 %	66 %	29	-3	44	40	84	39
Landsgennemsnit	50 %	40 %	58	-7	87	79	166	77

Skyggeprisen påvirkes betydeligt af kvælstofudvaskning og -tab på den enkelte mark. Et lille kvælstoftab giver en høj skyggepris (191 kr. mod landsgennemsnittet på 77 kr.), hvor et stort kvælstoftab giver en lille skyggepris (39 kr.).

På dette grundlag kan udledes at skyggeprisen er lille for landbrug hvor en stor andel kvælstof bliver udvasket og tabt, hvilket indebærer at produktionen på disse landbrug kun i mindre omfang er begrænset af kvælstoftabet, hvis reguleringen var styret efter dette. Endvidere kan udledes at skyggeprisen for landbrug hvor andelen af kvælstof udvasket/tabt er lille, stiger betydeligt. Konsekvensen heraf er at den økonomiske byrde af kvælstofregulering (gødningsnormer) i landbruget er ulige fordelt. Landmænd der ejer jord med en lav andel kvælstof udvasket/tabt bærer samme byrde som landmænd der har en høj andel kvælstof udvasket og dermed er der stor forskel i den byrde de bærer set i forhold til kvælstoftabet fra deres marker.

Det fremgår også af tabellen at selv med en lav andel kvælstof udvasket/tabt til vandmiljøet er skyggeprisen i plantavl mindre end i akvakultur (191 mod 200 kr.). Uanset jordtype er skyggeprisen på kvælstof således højere i akvakultur end i landbruget, hvorfor der er væsentlige samfundsmæssige gevinster ved at muliggøre omfordeling af kvælstof fra planteavl til akvakultur.

Skyggeprisen der identificeredes i tabel 6 for hhv. planteavl og akvakultur som helhed tager ikke højde for forskelle mellem driftsgrene. I nedenstående tabel er akvakultur opdelt på traditionelle dambrug, modeldambrug type 1 og 3, samt havbrug, hvor husdyrbrug er opdelt i svineavl og kvæg/mælk. Også pelsdyravl og garnerier er vist, selvom disse ikke indgår i tabel 5 og 6. Som i tabel 6 er skyggeprisen identificeret som det gennemsnitlige dækningsbidrag per kilo tabt kvælstof, såfremt kvælstof vurderes at udgøre en barriere for vækst. Vurderes produktionen derimod at være uafhængig af kvælstof er skyggeprisen nul.

Tabel 8. Dækningsbidrag skyggepris og pr. kilo tabt kvælstof til vandmiljøet for udvalgte driftsgrene (kr.)[1]

	Kvælstoftab	Dækningsbidrag (kr./kg)						Skyggepris
	(tons)	2008	2009	2010	2011	2012	Gennemsnit	(kr./kg)
Svineavl[2]	3.200	925	1.588	3.388	3.294	4.413	2.725	ca. 0
Kvæg/mælk[2]	2.400	1.894	-219	1.275	1.488	1.719	1.231	ca. 0
Pelsdyravl	200	2.850	3.075	11.175	14.483	22.305	10.778	ca. 0
Gartneri[3]	700	2.844	2.679	2.694	2.832	2.655	2.741	ca. 0
Traditionelle dambrug	495	213	146	196	232	219	201	201
Modeldambrug type 1	78	139	180	207	174	137	167	167
Modeldambrug type 3	121	227	257	194	172	235	217	217
Havbrug	306	124	94	212	248	192	174	174

Noter: 1. Driftsgrenene inkluderer alene heltidsbedrifter.
2. Svineavl inkluderer svin, søer med både smågrise- og integreret produktion, samt slagtesvin, hvor kvæg/mælk inkluderer malkekvæg og andet kvæg. Driftsgrenenes kvælstoftab er skønnet på grundlag af gødningsmængden.
3. Gartneri inkluderer potteplanter, væksthus, frilandsgrøntsager, frugt, bær og planteskole.

Kilde: Regnskabsstatistik for Jordbrug og Akvakultur.

I akvakultur er dækningsbidraget størst i modeldambrug type 3 og mindst i modeldambrug type 1. Akvakultursektoren er imidlertid kendetegnet ved små forskelle i dækningsbidraget (167-217 kr. per kilo tabt kvælstof). I husdyrbrug er forskellen større. Svineavl er med et dækningsbidrag per kilo tabt kvælstof på 2.725 kr. over dobbelt så stort som i kvæg/mælkeproduktion. Pelsdyravl og gartnerier er også vist i tabellen. Dækningsbidraget per kilo tabt kvælstof er meget høje, hhv. 10.778 og 2.741 kr. per kilo tabt kvælstof.

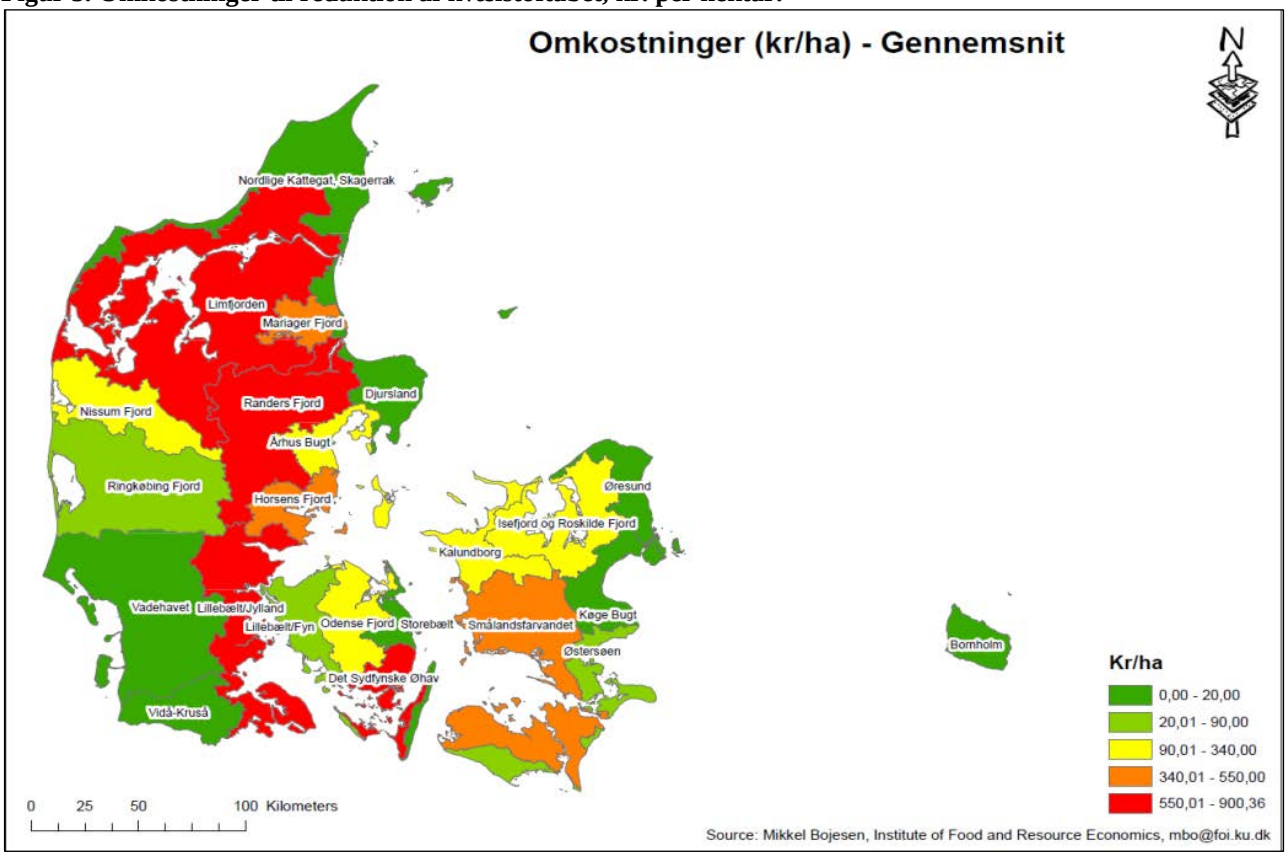
I husdyrbrug (svineavl, kvæg/mælkeproduktion og pelsdyravl) og gartnerier vurderes kvælstof ikke at være en vigtig barriere for vækst. Andre faktorer som afsætningsforhold på verdensmarkedet og regulering af ammoniak og lugtgener, bl.a. i forhold til Natura 2000 områder og naboer, vurderes

at være betydeligt vigtigere. Skyggeprisen på et kilo kvælstof er derfor tilnærmelsesvis nul. Det understreges dog at skyggeprisen på kvælstof i nogle få tilfælde kan være positiv.

For akvakultur er kvælstof den begrænsende faktor for produktionen, hvorved skyggeprisen repræsenteres ved dækningsbidraget per kilo tabt kvælstof.

En beregning af skyggeprisen på nationalt plan er grov, idet der er betydelig variation mellem de 23 vandoplande. Dette skyldes tilstedeværelsen af forskellige jordtyper samt af forskellige typer virksomhed der har behov for at udlede kvælstof i forskelligt omfang. Kvælstofforureningen er også af varierende betydning i de forskellige vandoplande, hvilket dog ikke er afspejlet i den nuværende regulering hvor gødningsnormerne er ens i hele landet. Det er ikke muligt på grundlag af ovenstående talmateriale at beregne skyggepriserne regionalt. Imidlertid er der i den nye vandplan mål for maksimal udledning af kvælstof i hver af de 23 vandoplande. Figur 5 angiver de beregnede omkostninger ved at nå en reduktion på yderligere 10.000 tons kvælstofoverskud udover kravet i vandplanerne og den viser således hvor omkostningerne til reduktion af kvælstof er størst per hektar. Det understreges at omkostningerne ikke er sammenlignelige med ovenstående skyggepriser og dækningsbidrag.

Figur 5. Omkostninger til reduktion af kvælstoftabet, kr. per hektar.



Kilde: Jacobsen (2012).

Det fremgår at omkostningerne til reduktion af kvælstoftabet er størst per hektar i Limfjordsområdet, Østjylland, Sydfyn og området omkring Smålandsfarvandet (de røde og orange områder). Reduktionsomkostningerne er lavest i Vestjylland, Nordjylland, Djursland, Østsjælland og på Bornholm (de grønne og gule områder). Der er således betydelig forskel i omkostningerne per hektar i de forskellige vandoplande og den samfundsmæssige omkostning ved at reducere kvælstoftabet varierer med oplandet.

En regulering der tilstræber at maksimere ressourceeffektiviteten af kvælstof må således forventes at føre til forskellige resultater i forskellige vandoplande. Eksempelvis er skyggeprisen på kvælstof i planteavl i Vestjylland lavere end landsgennemsnittet, hvorfor dambrug i Vestjylland er relativt mere ressourceeffektive i forhold til planteavl end i landet som helhed. Ressourceeffektiviteten af kvælstof kan derfor forøges mere end landsgennemsnittet i Vestjylland via omfordeling af kvælstof til dambrug. Omvendt er skyggeprisen på kvælstof i planteavl i Østjylland højere end landsgennemsnittet, hvorfor planteavl er relativt mere ressourceeffektivt i forhold til havbrugene i de indre farvande end landsgennemsnittet. Effekten af en regulering der tilstræber at maksimere ressourceeffektiviteten, fx individuelle omsættelige kvoter på kvælstoftabet på oplandsniveau, er således over tid en omfordeling fra de mindst til de mest ressourceeffektive sektorer i hvert enkelt vandopland. Det kan betyde mere akvakultur i visse vandoplande og mere effektivt planteavl i andre vandoplande. Selv om ressourceeffektiviteten for den ene sektor er størst som gennemsnit for hele landet, vil der således lokalt være områder hvor den anden sektor er bedst.

6. Omfordeling af kvælstoftab mellem sektorer

I dette afsnit identificeres den fordeling af kvælstoftabet mellem landbrugets driftsgrene samt akvakultur der maksimerer ressourceeffektiviteten og derved er samfundsøkonomisk optimal, givet uændret produktionskapacitet og uændret totalt kvælstoftab. Den maksimale ressourceeffektivitet kan opnås via introduktion af et individuelt omsætteligt kvotesystem for kvælstoftab. Den optimale fordeling af produktion og kvælstoftab mellem landbrugets driftsgrene og akvakultur identificeres for repræsentative, gennemsnitlige bedrifter inden for hver sektor. Den optimale fordeling tager således alene højde for forskelle mellem repræsentative bedrifter i hver driftsgren/sektor. Fordelingen vil også påvirkes af evt. mere målrettet regulering af landbruget som medfører færre barrierer for driftsøkonomisk optimering og at kun de mest effektive landmænd og fiskeopdrættere forbliver aktive i erhvervet hvis det bliver muligt at handle kvælstofkvoter. Dette inddrages ikke i beregningen. I analysen gennemtvinges et fælles kvotesystem resulterende i, at skyggepriser fra at være forskellig i planteavl og akvakultur bliver den samme, idet kvoterne kan handles på samme marked. Resultaterne er foreløbige og skal derfor tolkes med varsomhed.

6.1 Model

Beregningerne tager udgangspunkt i anvendelsen af en generel ligevægtsmodel for hele den danske økonomi (AAGE) med fokus på fødevareproduktionen. Den generelle ligevægtsmodel er en traditionel statisk generel ligevægtsmodel, der tager udgangspunkt i at virksomheder profitmaksimerer og forbrugerne nyttemaksimerer under fuldkommen konkurrence. For en detaljeret gennemgang af det teoretiske grundlag for modellen henvises til Horridge (2003)[3].

At modellen er *generel* betyder, at *alt afhænger af alt*, og i forhold til mere partielle[4] model-tilgange er de generelle ligevægtsmodeller karakteriserede ved, at effekter på et marked også påvirker de øvrige markeder. Eksempelvis vil en faldende efterspørgsel på et marked betyde, at virksomheder, der producerer til dette marked, vil frigøre arbejdskraft. På længere sigt fører dette til lavere aflønning af arbejdskraft med afledte positive effekter i form af lavere omkostninger for virksomheder, der producerer til alle øvrige markeder. Generelle ligevægtsmodeller er derfor velegnede til at analyserer samspil mellem forskellige brancher, som fx mellem landbrug og akvakultur.

Modellen omfatter dermed i princippet hele den danske økonomi, dvs. samtlige markeder, virksomheder og husholdninger. I analysen er der valgt en række forudsætninger som, at modellen i sin karakter beregner de langsigtede effekter af stød til økonomien, dvs. hvor alle tilpasningsomkostninger antages afholdt. Modellen er således karakteriseret ved, at alle markeder, herunder arbejdsmarkedet, er i ligevægt i kraft af en forudsætning om fuldstændig fleksibel pris- og løntilpasning, dvs. på langt sigt tilpasses arbejdsmarkedet over lønningerne, og beskæftigelsen er således uændret. Det antages ligeledes at handelsbalancen som andel af BNP holdes konstant. Dette betyder, at et stød til økonomien, der forbedrer (forværrer) handelsbalancen, automatisk vil blive fulgt op af en finanspolitisk lempelse (stramning). Dette afspejler en antagelse om, at økonomien ikke på langt sigt kan vedblive med at øge gældskvoten. Dermed er det primært det private forbrug, der på langt sigt sikrer økonomiens overordnede balance.

[3] Horridge, M. (2003), X. ORANI-G: a generic single-country computable general equilibrium model. Tilgængelig på http://www.monash.edu.au/policy/oranig.htm.

[4] I partielle modeller ser man derimod alene på ændringer på et marked og antager således at der ikke er samspil med andre markeder.

Det er nødvendigt at udvide AAGE modellen med en kvælstofkomponent, da modellen som udgangspunkt alene omfatter produktion af varer ved hjælp af input af produktionsfaktorer og primærfaktorer (kapital, arbejdskraft og jord). Modellen er derfor udvidet med:

- Udvaskningsfunktioner der beskriver sektorenes kvælstoftab som funktion af de input der forårsager tabet.
- Beregning af landbrugets og akvakulturs afkast af kvælstoftabet under den aktuelle regulering (kvoteafkast).
- Mulighed for implementering af et fælles kvotesystem, hvor modellen sikrer at skyggeprisen på kvælstoftabet er ens i planteavl og akvakultur.
- Omregning af kvoteafkast til beskatning af de input der forårsager kvælstoftabet. Dermed sikres de korrekte adfærdsændringer hos producenterne.
- At planteavls kvælstoftab afhænger af den totale anvendelse af husdyrgødning og handelsgødning, givet et landsgennemsnit af andelen af kvælstof der udvaskes og tabes til vandmiljøet.
- At akvakulturs kvælstoftab afhænger af foderkvoterne.
- At det totale kvælstoftab forbliver uændret.

Teknisk set implementeres et individuelt omsætteligt kvotesystem på kvælstoftabet, som omfatter både landbrug og akvakultur, i modellen ved at indføre en beskatning af kvælstoftabet svarende til skyggepriserne på kvælstoftabet i de enkelte sektorer på lang sigt. Dvs. 79 kr. og 39 kr. per kilo kvælstof tabt til vandmiljøet i hhv. akvakultur og planteavl, jf. tabel 5. Årsagen til at der anvendes langsigtede skyggepriser er at modellen alene anvendes til at vurdere det lange sigt hvor produktionskapaciteten er variabel. For at sikre at ændringer i kvoter og skyggepriser påvirker producenternes adfærd, skal kvoteafkastet indlemmes i den eksisterende produktionsstruktur. Dette gøres ved at transformere kvoteafkastet til beskatning af de inputs der forårsager kvælstoftabet (foder og gødning). Inden for denne model og givet antagelserne, beregnes den fordeling af kvælstoftabet som sikrer at skyggepriserne i planteavl og akvakultur bliver ens, hvorigennem den maksimale ressourceeffektivitet opnås.

6.2 Data

Modellen kalibreres initialt med information om det aktuelle kvælstoftab og det aktuelle kvoteafkast. Kvoteafkastet er beregnet med udgangspunkt i kvælstoftabet og aktuelle skyggepriser pr. kg kvælstoftab for hhv. planteavl og akvakultur. Skyggepriserne og forskellene i disse er helt centrale for de resultater modellen beregner og dermed styrende for hvor store ændringer der sker i landbrugets og akvakulturens produktioner.

For planteavl er der taget udgangspunkt i et gennemsnitligt kvælstoftab på 15,60 kg. pr. ha. Tabet er fordelt på driftsgrene ud fra antal ha. og indsats af handels- og husdyrgødning. For akvakultur er der taget udgangspunkt i det samlede tab på 1.000 tons som dernæst er fordelt ud fra indsatsen af foder. Foderinputtet leveres hovedsagelig af øvrig fødevarefremstilling og fiskeindustri, men også en smule fra de tre slagterisektorer jf. tabel 9.

Tabel 9. Kvælstoftab i AAGE modellen, tons.

	Korn	Oliefrø	Såsæd	Kartofler	Sukkerroer	Grovfoder	Gartneri	Akvakultur	I alt
Kvægslagterier	0	0	0	0	0	0	0	8	8
Svineslagterier	0	0	0	0	0	0	0	52	52
Fjerkræslagterier	0	0	0	0	0	0	0	5	5
Fiskeindustri	0	0	0	0	0	0	0	135	135
Øvrig fødevarefremstilling	0	0	0	0	0	0	0	800	800
Gødning	22.050	2.880	2.484	1.535	1.017	8.649	1.186	0	39.800
I alt	22.050	2.880	2.484	1.535	1.017	8.649	1.186	1.000	40.800

Til beregning af kvoteafkastet er der for akvakultur taget udgangspunkt i en langsigtet skyggepris på 79 kr. pr. kg. kvælstof tabt til vandmiljøet, mens der for landbruget er taget udgangspunkt i en langsigtet skyggepris på 39 kr. pr. kg. kvælstof tabt til vandmiljøet, jf. tabel 5. Med disse skyggepriser og information om kvælstoftabet i tabel 9, kan det samlede kvoteafkast fordeles på driftsgrene og de input der forårsager kvælstoftabet, jf. tabel 10.

Tabel 10. Kvælstofkvoteafkast i AAGE modellen, mio. kr.

	Korn	Oliefrø	Såsæd	Kartofler	Sukkerroer	Grovfoder	Gartneri	Akvakultur	I alt
Kvægslagterier	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,6
Svineslagterier	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,1	4,1
Fjerkræslagterier	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4
Fiskeindustri	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,6	10,6
Øvrig fødevarefremstilling	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	63,2	63,2
Gødning	424,7	55,7	47,8	29,7	19,6	165,9	25,8	0,0	769,2
I alt	435,2	56,6	49,1	30,1	20,1	171,4	20,5	0,0	783,0

6.3 Resultater

Den nuværende regulering af kvælstof i landbrug og akvakultur foregår separat. Effekten af at integrere gødningsregulering af planteavl og foderkvoteregulering af akvakultur, i form af et fælles kvotesystem, kan beregnes ved at ophæve begrænsningerne for kvælstoftabet fra planteavl og akvakultur, hvor skyggepriserne samtidigt sættes til nul. Samtidigt indføres en fælles kvote for planteavls og akvakulturs samlede kvælstoftab og modellen beregner en fælles skyggepris der omfatter både planteavl og akvakultur. Hermed tillades, at kvælstoftabet kan øges i den sektor med den højeste skyggepris på kvælstoftabet, akvakultur, hvis planteavls kvælstoftab samtidigt reduceres. Den nu fælles skyggepris sikrer omfordeling.

Da et fælles kvotesystem vil sikre ens skyggepriser i planteavl og akvakultur, kan det således a priori konkluderes, at resultatet af AAGE modellen vil vise en stigende produktion i akvakulturen på bekostning af planteavl.

Som det fremgår af tabel 11 stiger både produktion og kvælstoftabet i akvakultursektoren med 20,3 %, mens produktion i primærlandbrugets driftsgrene falder med 0,1-0,6 %. Effekten på landbrugets kvælstoftab er større end på produktionen, idet modellen tillader substitution mellem gødning og andre indsatsfaktorer, mens der er antaget fast forhold mellem indsats af foder og produktion i akvakultur. Produktionseffekterne ses i øvrigt at påvirke fødevareindustrierne, hvor der ses faldende produktion i de industrier der forarbejder landbrugets produktion, mens fiskeindustrien opnår en fremgang på 0,7 %.

Tabel 11. Produktion og kvælstoftab for udvalgte sektorer, %.

	Produktion	Kvælstoftab
Korn	-0,07	-0,50
Oliefrø	-0,09	-0,44
Såsæd	-0,63	-0,90
Kartofler	-0,48	-0,91
Sukkerroer	-0,10	-0,46
Grovfoder	-0,02	-0,38
Mælk	-0,02	
Kvæg slagterier	-0,01	
Svineslagterier	-0,05	
Æg	-0,01	
Fjerkræslagterier	-0,01	
Pelsdyr	0,01	
Gartneri	-0,10	-0,71
Akvakultur	20,34	20,50
Kvægslagterier	-0,01	
Svineslagterier	-0,03	
Fjerkræslagterier	0,00	
Fiskeindustri	0,67	
Mejerier	-0,02	
Brødfabrikker	0,00	
Øvrig fødevarefremstilling	0,14	

Tabel 12 opsummerer ændringer i kvælstoftabet og skyggepriser. Som det fremgår, ses et uændret kvælstoftab på 40.800 tons, som dog dækker over en omfordeling således, at akvakultursektorens tab stiger med 205 tons mens der ses et tilsvarende fald for landbruget. Den fælles skyggepris beregnes til 39,9 kr. pr. kg. kvælstoftab. At den fælles skyggepris ligger tæt på udgangspunktet for landbruget er en naturlig konsekvens af, at landbruget i udgangspunktet står for godt 98 pct. af det samlede tab.

Tabel 12. Effekt på kvælstoftab og langsigtede skyggepriser ved overgang til et fælles kvotesystem.

	Udgangspunkt		Fælles kvotesystem			
	Skyggepris	Udvaskning, tons	Skyggepris	Udvaskning, tons	Ændring, tons	Ændring (%)
Planteavl	39	39.800	39,9	39.595	-205	-0,5
Akvakultur	79	1.000	39,9	1.205	205	20,5
Total	.	40.800	.	40.800	0	0

Givet beregningsmetoden og forudsætningerne, fører en fælles kvoteregulering af planteavl og akvakultur til en stigning i produktion og kvælstoftab i akvakultur på 20,3 %, i fiskeindustrien på 0,7 % og i øvrig fødevarefremstilling på 0,14 %. Produktion i planteavl falder med 0,07-0,63 %, mens der ses mindre fald produktionen af husdyr. Det analyserede fælles kvotesystem resulterer endvidere i en samlet stigning i produktion og BNP og dermed en samfundsmæssig gevinst.

Resultatet er opnået under forudsætning af eksportpriselasticiteten, dvs. hvor meget efterspørgslen påvirkes, når prisen stiger 1 %. Fordobles denne, indebærer det at produktion og

kvælstoftab i akvakultur stiger med mere end 50 %. Effekten afhænger således af i hvilket omfang danske fiskeopdrættere er pristagere på verdensmarkedet.

Resultaterne er opnået med udgangspunkt i nationalregnskabsdata for 2009, hvilket var et forholdsvis dårligt år for dansk landbrug. Dette har som konsekvens, at aflønning af de primære faktorer er forholdsvis lav, hvilket indebærer at landbrugets aflønning af arbejdskraft er så lav, at landbrugets arbejdskraftsintensitet er lavere end i akvakultursektoren. Betragtes derimod regnskabsstatistik for de to erhverv over en årrække når man det modsatte resultat. At landbrugets arbejdskraftsintensitet således, fejlagtigt, er lavere i datagrundlaget har nogle uheldige konsekvenser for de makroøkonomiske resultater, hvorfor det er valgt ikke at vise disse. En række følsomhedsanalyser indikerer derimod at sektorresultaterne for landbrug og akvakultur er relativt upåvirket af dette forhold.

Trods beregningsmæssige usikkerheder, der hverken tager højde for geografiske forskelle, forskelle i jordtyper og forskelle i de enkelte landmænds/fiskeopdrætteres effektivitet, eller for evt. ændret regulering af barrierer for driftsøkonomisk optimering, indikerer resultatet at et fælles kvotesystem giver forøget ressourceeffektivitet via en betydelig omfordeling af kvælstof fra landbrug til akvakultur.

Overordnet set øges samfundets produktion (BNP) ved at der sker en betydelig forøgelse i akvakultursektorens produktionsmuligheder med en udvidelse af kvælstofkvoten på mere end 20 %, hvorimod reduktionen for landbrugssektoren er marginal. Det må yderligere forventes at den interne handel i landbruget samt de dynamiske effekter af at lade de bedste producere vil give yderligere samfundsøkonomiske gevinster. Endelig vil tildeling-, kontrol- og håndhævelsesudgifterne formentlig vokse i en overgangsperiode, men disse vil på længere sigt falde igen når der er opnået en ny ligevægt. Yderligere skal man være opmærksom på at de nuværende kontrolforanstaltninger allerede er meget omkostningstunge både for private og offentlige aktører.

7. Konklusion

På grundlag af ovenstående kan konkluderes at:

- Ressourceeffektiviteten af kvælstof kan måles ved skyggeprisen, som angiver den ekstra indtjening en virksomhed kan opnå ved at tabe ét ekstra kilo kvælstof til vandmiljøet. En høj skyggepris svarer til en stor ressourceeffektivitet.
- Den gennemsnitlige skyggepris på kvælstof tabt til vandmiljøet er 200 kr. pr. kilo i akvakultur og 77 kr. per kilo i planteavl. Ekstra kvælstof er således væsentligt mere ressourceeffektivt anvendt i akvakultur fremfor planteavl. Skyggeprisen i husdyrbrug vurderes i de fleste tilfælde at være nul, idet ammoniakregulering og afstand til naboer/naturområder er en større barriere for vækst end kvælstof. Årsagen er at ét ekstra kilo kvælstof ikke vil forøge produktionen. I tilfælde hvor ekstra kvælstof kan forøge husdyrproduktionen er skyggeprisen per kilo tabt kvælstof 1.213 kr.
- Skyggeprisen på kvælstof er nogenlunde ens mellem de forskellige anlægstyper i avakultur. I landbruget varierer skyggeprisen med retentionen, såvel som at skyggeprisen varierer geografisk med intensiteten af den regionale kvælstofforurening.
- Introduktion af et individuelt omsætteligt kvotesystem på kvælstoftab i hvert af de 23 vandoplande i Danmark, som er fælles for landbrug, akvakultur og andre punktkilder, vurderes at kunne forøge kvælstofs ressourceeffektivitet betydeligt. Herigennem skabes grundlag for indtjeningsvækst. Gevinsterne opstår i landbruget dels ved at målrette reguleringen mod geografiske områder hvor kvælstof udgør det største problem, samt mod de jorder hvor retentionen er lav, dels ved at ressourceeffektive landmænd får mulighed for at opkøbe kvælstofkvoter fra mindre ressourceeffektive landmænd. Det er afgørende for at forøge ressourceeffektiviteten at kvoter udstedes for kvælstoftabet og ikke for kvælstofoverskuddet eller tildelingen som nu. Da det ikke giver mening at regulere med ens kvoter på kvælstofoverskud til alle danske landmænd, må der nødvendigvis forskelsbehandles, hvilket dog også giver en risiko for illegal handel, som der ikke er i dag. Husdyrnormernes nødvendighed reduceres også med et kvotesystem.
- Gevinsterne opstår i akvakultur og primært gennem muligheden for at opkøbe kvoter fra planteavl. Denne mulighed vurderes alene at kunne føre til en vækst i akvakulturproduktionen på 20,3 %. Variationen i skyggepriserne i landbruget indebærer at effekterne af et kvotesystem kan være meget forskellige geografisk.
- Det vurderes at blot det at udlederkvoter på kvælstof i akvakultur bliver omsættelige indenfor erhvervet vil give vækst i forhold til i dag, da det giver anledning til flere nye og effektive anlæg på de rigtige lokaliteter uden at kvælstofudledningen stiger.
- Den største udfordring for at introducere et individuelt omsætteligt kvotesystem på kvælstoftabet fra planteavl er at det er et diffust tab som er svært at måle. Dette gør kontrol af kvælstoftabet på den enkelte mark hos den enkelte landmand besværlig, men muligheder inkluderer måling på drænrør, krav om elektronisk måling af gødningsspredning og stikprøvekontrol. Forudsætningen for at etablere et sådant system er at retentionen på alle marker bestemmes én gang for alle og at individuelle kvoter på kvælstoftab derefter tildeles og kontrolleres på kvælstofoverskud, korrigeret med den fastsatte retention.