

Bilagsrapport i projektet EUs landbrugsordninger og pe- sticidpolitikken

Økonomisk modellering af Landbrugets tilpasning til pesticid-
regulering – baseret på beregninger med bedriftsmodeller i to
case-områder

Anders Fønnesbech-Wulff (DMU, AU)

Berit Hasler (DMU, AU)

Helle Ørsted Nielsen (DMU, AU)

Indholdsfortegnelse

SAMMENFATNING	5
INDLEDNING	7
BEDRIFTSMODELLERNE	9
<i>Matematiske programmeringsmodeller på bedriftsniveau</i>	9
<i>Modellernes funktioner for dyrkningsprocesser</i>	11
<i>Afgrøder</i>	11
<i>Pesticidfunktioner</i>	14
<i>Mekanisk bekæmpelse</i>	17
<i>Foder - og foderafgrøder</i>	18
KALIBRERING AF BEDRIFTSMODELLERNE TIL CASEOMRÅDERNE	
BJERRINGBRO OG HVORSLEV	24
<i>Afgrødefordelingen i de to områder</i>	25
<i>Husdyrproduktionen i de to områder</i>	27
SCENARIERNE	27
<i>Scenario 1</i>	28
<i>Scenario 2</i>	29
RESULTATER FRA CASEOMRÅDERNE ODENSE OG HVORSLEV	31
<i>Overordnede resultater</i>	31
<i>Detaljerede resultater</i>	33
<i>Ændringer i afgrødefordelingen</i>	38
DISKUSSION OG KONKLUSION	44
REFERENCER	47

Sammenfatning

Denne rapport præsenterer opbygningen af en økonomisk programmeringsmodel for landbrugsbedrifter – såkaldte bedriftsmodeller-, kalibreringen af disse modeller til case-områderne Bjerringbro og Hvorslev samt resultater fra anvendelsen af disse modeller til beregninger af effekter af scenarierne i projektet ” EU's landbrugsordninger og pesticidpolitikken” på arealanvendelse og pesticidanvendelse i case-områderne.

Formålet med analyserne er at beregne konsekvenserne af ændringer i miljø- og landbrugspolitikken i form af ændret pesticidanvendelse, omkostninger og ændret afgrødefordeling. Bedriftsmodellerne indgår i et modelsystem bestående af den generelle ligevægtsmodel AAGE (Agricultural General Equilibrium model), bedriftsmodellerne og faunamodellen ALMaSS (The Animal Landscape and Man Simulation System). Ved kobling til faunamodellen ALMaSS modelleres effekterne af ændringerne i ukrudtsbehandling og afgrødevalg for faunaarter i landbrugsområder. Resultaterne fra bedriftsmodellerne er også koblet til beregninger af konsekvenserne af scenarierne for drikkevand.

Analyserne med bedriftsmodellerne er gennemført på to case-områder i hhv. Bjerringbro-Hvorslev i Midtjylland og i Odense Å oplandet på Fyn. Scenarierne omfatter

- i) randzonescenariet: en 6 meter bred obligatorisk og permanent randzone, og
- ii) ii), hvor kvoten er sat 25 procent under det samlede pesticidforbrug i 2003, hvilket bringer det samlede behandlingsindeks ned på 1,7 – den officielle målsætning i pesticidplanen. Effekterne af scenarierne måles ift. omkostningerne per ha, reduktionen i pesticidanvendelsen, og på seks faunaarter, der lever i og/eller omkring marken, edderkop, bille, sanglærke, agerhøne, hare og markmus (ALMaSS).

Sammenfattende viser modelanalyserne af de to scenarier, at de fører til markant forskellige reduktioner i pesticidforbruget, men også at de giver relativt små og ens ændringer i arealanvendelsen (dvs. afgrødesammensætningen). Ingen af scenarierne giver betydelige positive effekter på natur målt på faunaarter i markerne, om end effekterne også varierer fra art til art. Resultaterne der er beregnet med bedriftsmodellerne for hvert af scenarierne beskrives i det følgende.

I **randzonescenariet** reduceres pesticidanvendelsen kun lidt, nemlig hhv. 3 og 4 % i de to case-områder Odense og Bjerringbro. Beregningerne bygger på en antagelse om en etablering af randzoner sker i afgrøder hvor det er billigst at etablere dem, dvs. at afgrødevalget i randzonerne går mod afgrøder der mister mindst udbytte når der ikke sprøjtes med pesticider eller på andre måder har en økonomisk konkurrencefordel i forhold til andre afgrøder når det ikke er tilladt at anvende pesticider. Både reduktionseffekt og omkostningerne kan derfor antages at være undervurderede, da randzonerne ikke er placeret fysisk i landskabet, og fordi der er antaget at afgrødevalget er fleksibelt således at afgrødevalget i randzonerne tilpasses. Det relativt ringe reduktionseffekt på

pesticidforbruget skyldes at afgrødevalget ændres meget lidt ift. baseline. Forklaringen på dette resultat er, at scenariet ikke påvirker de relative priser mellem forskellige afgrøder, fx pesticidkrævende og mindre pesticidkrævende afgrøder, nok til, at det giver incitament til at ændre afgrødevalget. Der sker heller ikke nogen nævneværdig ændring i anvendelsen af mekaniske bekæmpelsesmidler. **Bedriftsøkonomisk** er randzonestenariet relativt dyrt i Odense oplandet, hvor beregningen viser at det vil koste ca. 5400 kr./ha at implementere dette scenarie, mens det i Bjerringbro-området kun vil koste omkring 100 kr./ha. Forskellen mellem de to områder skyldes forskelle i afgrødefordeling og udbytte på grund af store forskelle i jordtypefordelingen mellem de to områder. Et randzonestenarie hvor landmanden ikke kan vælge at lægge zonen i en afgrøde hvor det er lavt pesticidbehov vil være mere omkostningskrævende, men det har ikke været muligt at beregne denne type implementering med det anvendte modelgrundlag. De beregnede resultater viser, at omkostningerne ved randzoner varierer meget mellem områder, og at hverken det nuværende tilskud på 1.200 kr./ha årligt eller det tidligere tilskud på 750 kr./ha årligt i tidligere programperiode vil være tilstrækkeligt til at dække det gennemsnitlige tab i Odense. Det vil imidlertid være rigeligt som incitament i Bjerringbro, også når tab i forbindelse med harmoniareal indregnes, hvis man antager, at landmandens beslutninger alene bygger på driftsøkonomisk optimering.

I **kvotescenariet** reduceres pesticidanvendelsen markant mere end i randzonestenariet, i gennemsnit 28 % i de to områder. Til sammenligning forudsætter kvotescenariet en samlet reduktion af pesticider på 25 % i hele landet. Den beregnede reduktion er på hhv. 21,8 % reduktion i Odense og 34,3 % reduktion i Bjerringbro. Dette er et plausibelt resultat da der ved en national omsættelig kvote vil ske reduktioner der ikke er ens i alle områder, da kvoter gerne skulle allokere reduktionerne til de steder, hvor omkostningen ved reduktion er mindst. Begge reduktioner ligger dog i nærheden af de 25 % med et gennemsnit for disse to specifikke områder på de 28 % reduktion. Kvoten er modelleret i AAGE som beregner ændringen i pesticidpris som følge af at landmændene skal købe kvote (pesticidprisen forhøjes med 84,32 % for fungicid/insekticid og med 83,45 % for herbicid). Afgrødefordelingen, dvs. arealanvendelse, ændres ikke markant. Der sker en mindre omlægning fra vår- til vinterafgrøder som umiddelbart en kontraintuitivt da pesticidanvendelsen er højere i vinter- end vårafgrøder, men effekten forklares med at den marginale udbytteeffekt af pesticider i vinterafgrøder er større end i vårafgrøder og kvoten prioriteres anvendt på vinterafgrøderne. Der sker en øget anvendelse af mekaniske bekæmpelsesmetoder som strigling og radrensning. Effekterne på **fau-naens** antal og udbredelse er dog også i dette scenarie meget små, og i øvrigt negative. Agerhønen påvirkes således negativt i kvotescenariet; det samme gælder i mindre grad for harer og sanglærker. **Bedriftsøkonomisk** medfører kvotescenariet omkostninger på hhv. 376 kr. og 265 kr./ha. årligt i Odense og Bjerringbro, og virkemidlet er derfor meget billigere end randzonerne, samtidigt som effekten på pesticidanvendelsen er langt større. Iht. basisdata og resultaterne fra Dalgaard et al. (2010) er det gennemsnitlige behandlingsindeks større ved Odense Å end ved Bjerringbro, og behandlingsindeksene er generelt størst på svinebrug og mindst på kvægbrug. Den estimerede effekt af indførsel

af pesticidkvoter er størst på svinebrugene. I Odense oplandet udmøntes reduktionen især på lerjorde, mens reduktionen ved Bjerringbro især udmøntes på sandjorde.

Bedriftsmodellerne er udviklet med hensyn til at modellere scenarierne vedr. ændringer i pesticidreguleringen men den anvendte version af modellerne er ikke færdigt udviklede med hensyn til gødningsanvendelsen. Dette skyldes at modelleringen af gødningsanvendelsen ikke har været sigtet med modeludviklingen i nærværende projekt, og det har vist sig at det er tidkrævende at opnå en tilfredsstillende modellering af gødningsanvendelsen. Det er derfor en vis usikkerhed forbundet med modellernes resultater vedr. effekterne af reguleringen på gødningsanvendelsen.

Indledning

Formålet med projektet ” *EU's landbrugsordninger og pesticidpolitikken* ” er gennem scenarieanalyser at belyse mulighederne for at understøtte målene i den danske pesticidpolitik ved brug af EU's landbrugsordninger. Disse omfatter både det overordnede mål om reduceret behandlingshyppighed, målt som behandlingsindeks (BI), og målt på effekterne på flora, fauna og beskyttelse af drikkevandsressourcen.

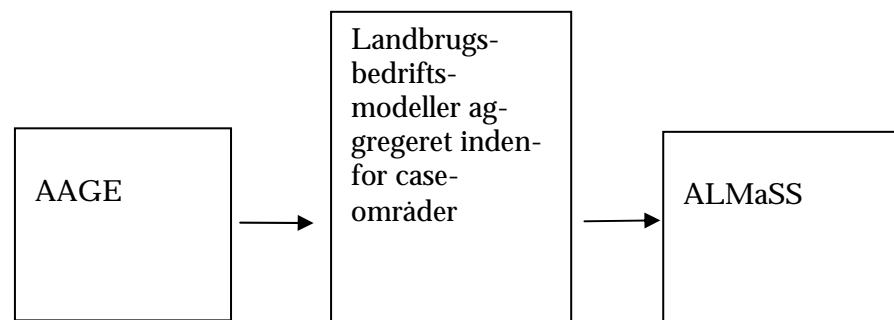
Formålet med udviklingen og anvendelsen af bedriftsmodeller er at opgøre konsekvenserne af de opstillede scenarier kvantitativt, og hermed bidrage til besvarelsen af projektets samlede problemstilling om hvordan landbrugs- og miljøpolitiske styringsinstrumenter vil påvirke pesticidanvendelsen og de afledte fauna og arealrelaterede miljøproblemer. Nærværende studie bidrager derfor til at belyse nogle udvalgte incitament og deres effekter på arealanvendelse, fauna og drikkevand – samt på omkostningerne i landbruget, i form af ændringer i dækningsbidrag¹. AAGE beregningerne belyser på den anden side hvilke samfundsøkonomiske effekter incitamenterne medfører.

Sigtet med modelanalyserne på bedrifts- og oplandsniveau, som dette notat omhandler, er at levere opgørelser af hvordan prisændringer som følge af en kvote på pesticider og et krav om sprøjtefrie randzoner påvirker omfanget af arealer indenfor og udenfor dyrkning, omfanget af randzoner, ændringer i afgrødesammensætningen, ændringer i dyrkningsmæssige faktorer som mekanisk ukrudtsbehandling, strigling mv. samt ændringer i pesticidtilførsel. Disse forhold er af betydning for faunaen samt for drikkevandseffekten og er derfor udvalgt som output fra beregningerne. De beregnede resultater beregnes som ændringer ift. udgangssituationen (baseline), som er året 2005. Denne baseline er konsistent mellem de anvendte modeller. Bedriftsmodellerne omfatter den landbrugsproduktion der er i caseområderne indenfor kvæg, svin og planteproduktion. Inputs til modellerne er afgrødedata fra det generelle landbrugsregister (GLR), data for husdyrhold fra det centrale husdyrregister (CHR), samt regnskabsdata fra FØI og budgetkalkuler fra Landbrugets Rådgivningscenter. Sidstnævnte anvendes til at specificere udbytte- og produktionsniveauer samt input af råvarer og produktionsfaktorer.

¹ Dækningsbidrag I, dvs. bedriftens dækningsbidrag efter fradraget af variable omkostninger.

Bedriftsmodellerne indgår i et modelsystem som er udviklet som led i projektet. Dette modelsystem består af FØI's generelle ligevægtsmodel AAGE - Agricultural General Equilibrium model (Frandsen et al., 1994; Adams 2000; DØR 2004). AAGE-modellen leverer resultater på nationalt og regionalt niveau, som input til bedriftsmodellerne. Bedriftsmodellerne er landbrugsøkonomiske optimeringsmodeller på bedrifts- og oplandsniveau (jf. Hasler, 1998; Skop & Schou, 1999), og disse modeller er kalibreret til de to case-områder Bjerringbro og Odense. Dernæst anvendes output fra bedriftsmodellerne i landskabs- og faunamodellen ALMaSS - The Animal Landscape and Man Simulation System (Hutchings, 2004), hvorved der får en samlet modellering fra politikniveauet til faunaeffekt-niveauet. Output fra bedriftsmodellerne anvendes ligeledes til at beregne effekter for påvirkningen af drikkevandsressourcen.

Diagram for delaktivitet om modelanalyse og model flow:



Tidligere erfaringer fra lignende tværfaglige modelprojekter er udnyttet i opstillingen af modellerne, og til etableringen af links mellem modellerne (jf. DØR, 2004; Wier et al., 1999; Hasler, 1998; Hansen, 2004; Ørum, 2004; Ørum et al., 2008; Jacobsen et al., 2004). Den danske "historie" om modelbaserede analyser af pesticidregulering kan føres helt tilbage til 1980'erne og i udlandet er der ældre eksempler bl.a. fra USA hvor brugen af matematiske programmeringsmodeller har været udbredt. I senere år er der i Danmark blevet udført modelanalyser for Bicheludvalget (2001), og disse analyser blev opdateret af Ørum i 2003 og dernæst i 2008 (Ørum et al., 2008).

Ved opdateringen af de driftsøkonomiske analyser for Bicheludvalget i 2003 (Ørum, 2003) blev det konkluderet, at et behandlingsindeks (BI) på 1,74 BI var økonomisk rationelt, at der var gode muligheder for yderligere reduktioner i pesticidanvendelsen for meget begrænsede omkostninger, men at der ikke var effektive incitamerter hertil i den gældende regulering. Efterfølgende er pesticidforbruget steget fra 2 BI til 2.5 BI. Ørum, Kudsk og Jørgens (2007) redegjorde i 2007 for, at det økonomiske optimale pesticidforbrug i 2005 var øget fra de 1,7 til ca. 2 BI. Forfatterne pegede igen på de manglende incitamerter til at opnå reduktionerne. Ørums driftsøkonomiske modeller fra 2003 består af to modeller: en model hvor pesticidanvendelsen for et fast sædskifte kunne optimeres, og en mere kompleks model, hvor hele planteavlens, inklusiv sædskifte og maskiner, kunne optimeres. I 2008 opdaterede

Ørum disse analyser med anvendelse af den første model, dvs. hvor pesticidanvendelsen optimeres ved fast sædskifte, dvs. en partiel analyse af reduktionsmulighederne for et fast sædskifte.

En af forskellene mellem Ørums modeller og nærværende modelgrundlag er den partielle tilgang, hvor der i bedriftsmodellerne i dette studie tillades ændringer i afgrødevalget som følge af de virkemidler vi beregner effekter af. Vi anser evt. ændringer i afgrødevalget som værende af stor betydning for effekterne på både den vilde flora og fauna, og på påvirkningen af vandmiljøet, inklusive drikkevandsressourcen.

Bedriftsmodellerne

Matematiske programmeringsmodeller på bedriftsniveau

Bedriftsmodellerne er som nævnt udviklet med udgangspunkt i tidligere model- og forskningserfaringer (Hasler, 1998; Hasler, 1999; Ørum, 2003; Jacobsen et al., 2004; Ørum, 2008; Berntsen et al, 2004). Bedriftsmodellerne er bygget op som typebedriftsmodeller for kvæg, svin og planteproduktion.

Udgangspunktet er at der anvendes en numerisk maksimeringsrutine til at beregne økonomisk optimale løsninger. Disse er karakteriseret af at være ikke-lineære optimeringsproblemer, da f.eks. sammenhængene mellem anvendelsen af indsatsfaktorer som pesticider og gødning og de resulterende afgrødeudbytter sjældent er lineære. De økonomisk optimale løsninger fremkommer ved at maksimere bedrifternes samlede dækningsbidrag under realistiske restriktioner, scenarieforudsætninger og historiske eller ændrede priser. Restriktionerne omfatter miljøkrav, arealtilliggende på bedriften, jordbundtyper og begrænsninger på omfanget af ændringer i afgrødevalget under hensyn til sædskifter.

Formelt maksimeres dækningsbidraget (DBI) som et udtryk for bedriftens profit. Formelt ser maksimeringsproblemet således ud

$$\pi_i = \sum_{a=1}^n (I_i - C_i)$$

hvor a er sættet af afgrøder og I og C er henholdsvis indkomst og variable omkostninger for bedrift i .

Objektfunktionen består således af summen af bedrifternes indkomster og omkostninger, hvor målet er at maksimere differencen mellem I og C , således at dækningsbidraget (DBI) bliver størst muligt. De økonomiske parametre omfatter på indtægtssiden udbytter samt salgspriser på afgrøder og støtte/tilskud. Udgiftssiden omfatter arbejds- og maskinomkostninger, priser på bekæmpelsesmidler, handelsgødning og foder. Alle andre indtægter og udgifter på bedriften antages værende konstante.

Indtægtssiden

Der er i modellen to kilder til indtægter: Salg af dyrkede afgrøder og tilskud. Hver bedrifts indtægter opgøres således som:

$$indtægter_I = \sum_A (udbytteKR_{I,A} + tilskud_A * anvendelse_{A,I})$$

hvor **tilskud** angiver antal kroner pr. ha for afgrøden **A**.

Anvendelse udtrykker hvor meget der dyrkes af de afgrøder i ha som tilskuddet gives til.

Udgiftssiden

Udgiftssiden omfatter udgifter til arbejds- og maskinomkostninger, udgifter til pesticider og bekæmpelse, udgifter til handelsgødning og udgifter til handelsfoder.

Udgifter til pesticider er beregnet som:

$$udgiftPest_{I,A} = BIherbicid_{I,A} * prisHerbicid_{I,A} + BIfungIns_{I,A} * prisFungIns_{I,A}$$

Tilsvarende er udgifterne til manuel ukrudtsbekæmpelse beregnet som:

$$udgiftBek_{I,A} = strigling_{I,A} * pStrigling_{I,A} + radrens_{I,A} * pRadrens_{I,A} + lugning_{I,A} * pLugning_{I,A}$$

og udgiften til handelsgødning som:

$$udgiftN_{I,A} = pNhandel * Nhandel_I$$

De samlede udgifter til dyrkning af afgrøder bliver således:

$$udgiftAfgrøde_I = \sum_A (anvendelse_{I,A} * (udgiftPest_{I,A} + udgiftBek_{I,A} + udgiftN_{I,A} + arbOmk_{I,A}))$$

I den nuværende version af modellen antages husdyrproduktionen værende konstant mellem scenarierne, men for at sikre en realistisk modellering af afgrødeproduktionen på husdyrbedrifterne så indeholder modellerne også krav til husdyrenes foder, der dækkes af egenproduktion af foder samt indkøbt foder. Ligeledes er der i den nuværende version af modellen antaget at udgifterne til spredning af husdyrgødning er konstante per afgrøde, og der sker ingen ændring i spredningen af husdyrgødning som følge af de ændringer i pesticidreguleringen mellem scenarierne. Modellen er pt. under videre udvikling med henblik på en mere detaljeret modellering af husdyrproduktionen og gødningsanvendelsen, men denne udvikling har ikke været formålet med nærværende projekt.

Modellens udgiftsside omfatter således også udgifter til evt. forbrug af handelsfoder:

$$udgiftFoder_I = pFEhandel_I * FEhandel_I$$

Modellernes funktioner for dyrkningsprocesser

Foruden indtægts- og udgiftssiden indgår ligninger til beskrivelse af forhold mellem produktionen af dyr/foder og afgrøder, som nævnt ovenfor.

Husdyr- og foder ligningerne omfatter forbrug af foder, foderbalance, produktion af kvælstof fra dyrehold og balanceligninger for kvælstof.

Ligningerne for afgrøder fastsætter forhold for afgrødernes udbytte, kvælstof- og bekæmpelsesmiddelforbrug og arealanvendelse. Udbyttefunktionerne, som beskriver forholdet mellem kvælstof og udbytte, er opdelt på henholdsvis jordtyper, mens funktionerne for bekæmpelsesmidler er uafhængige af jordtype.

Afgrøder

De centrale funktioner i modellens afgrødedel er udbyttefunktionerne, som relaterer arealanvendelsen til udbyttet. Disse funktioner stammer fra Finn Vinther, DJF og er givet ved:

$$respons_{A,I} = \alpha_{A,J} + \beta_{A,J} * N_{I,A} + \beta_{2A,J} * N_{I,A}^2$$

Ved en given koncentration af gødning kg. N/ha. ($N_{I,A}$) angiver **respons** hkg. tørstof pr. ha. for afgrøden **A**. er konstantleddet dvs. udbytte uden tilført gødning og β_2 angiver effekten af øget kvælstoftilførsel. Gennem disse funktioner gives udbyttet i hkg. ved:

$$udbytte_{I,A} = respons_{A,I} * anvendelse_{I,A} * (1 - udbyttetab_{A,I})$$

respons regnes i hkg/ha, **anvendelse** er antal hektar med afgrøden **A** og **udbyttetab** angiver udbyttetabet i forbindelse med bekæmpelsesmidler i procent. Dette udbyttetab gives ved hhv. tabet ved en given herbicid- og fungicid/insekticidanvendelse, som begge følger en funktion af formen:

$$udbyttetab_{A,I} = \beta_A - \alpha_A * BI_{A,I}$$

hvor β_A er udbyttetabet ved et behandlingsindeks (**BI**) på 0 og α_A er reduktionen af tabsprocenten pr. **BI**.

Til et givet niveau af pesticidanvendelse og udbyttetab er der ydermere tilknyttet en mængde manuel bekæmpelse. Den manuelle bekæmpelse kan omfatte strigling, radrensning og manuel ukrudtslugning. Niveauer for manuel bekæmpelse er givet ud fra det valgte herbicid BI i forhold til det tilknyttede udbyttetab. Funktionerne for er lineære funktioner af behandlingsindekset og har den samme form:

$$strigling_{A,I} = \beta_A - \alpha_A * BI_{A,I}$$

Gennem disse funktioner knyttes et niveau for manuel bekæmpelse til et givet niveau for udbyttetab og pesticidanvendelse. Pesticid- og ma-

nuel bekæmpelses funktioner er estimeret ud Miljøstyrelsens bekæmpelsesmiddelstatistik (2005) samt Ørum (2003) og Ørum et al. (2008).

Fra udbytte- og tabsfunktionerne findes den samlede producerede mængde afgrøder. Nogle af disse afgrøder er salgsafgrøder, som giver indtægten:

$$udbytteKR_{I,A} = pris_A * udbytte_{I,A}$$

mens andre afgrøder er foderafgrøder og indgår i egenproduktionen af foder ved funktionen:

$$FEproduceret_{I,A} = udbytte_{I,A} * FEnøgle_A$$

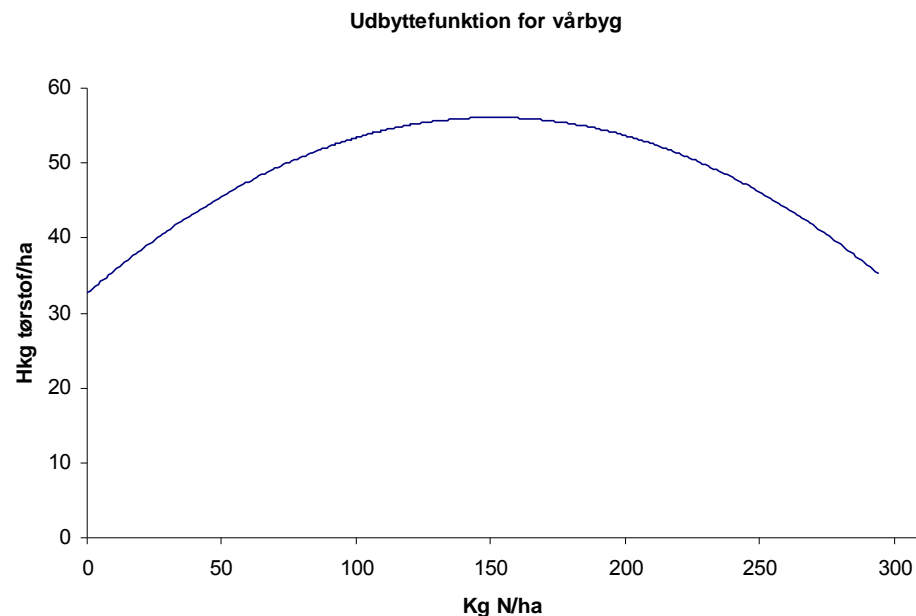
hvor **FEnøgle** angiver antal foderenheder pr. hkg. af foderafgrøden **A**

Modelleringen af udbytter

Afgrødernes udbyttefunktioner er af formen

$y_{A,I} = \alpha_{A,J} + \beta_{A,J} * N_{I,A} + \beta_{2A,J} * N_{I,A}^2$ og er nærmere beskrevet i dokumentationens afsnit om afgrøder. Funktionerne har således i topunkt, som fastlægger den optimale gødningsanvendelse i fravær af omkostninger og eksterne effekter. En udbyttefunktion er afbildet i nedenstående figur:

Figur 1. Udbyttefunktion for vårbyg, kvælstof



Hvorvidt dette toppunkt vælges af den enkelte bedrift afhænger af faktorer som prisen på tilførsel af gødning og egenproduktion af gødning fra husdyrhold. Generelt vil hver bedrift tilføre gødning indtil den marginale indtjening af et ekstra kg gødning er lig den marginale omkostning ved tilførsel af et ekstra kg gødning. Således afhænger det optimale gødskningsvalg for hver bedrift af bl.a. den valgte afgrøde og

dennes salgspris, prisen på gødning (som afhænger af egenproduktion contra handelsgødning og alternativ anvendelse), hvor på udbyttekurven valget tages (marginalafkastet er ikke konstant) og den pesticidanvendelse og mekaniske bekæmpelsesindsats, som også er determinerende for det endelige udbytte.

Parameterværdierne er gengivet i nedenstående tabel. Ikke alle afgrøder har en selvstændig udbyttefunktion, men benytter en relateret afgrødes funktion som approksimation. Dette er angivet for afgrøder, for hvilke der ikke eksisterer en selvstændig funktion, i tabellens højre søjle:

Tabel 1. Parameterværdier for udbyttefunktioner på ler- og sandjord

	Lerjord			Sandjord			Approksimation
	α	β_1	β_2	α	β_1	β_2	
Vårbyg	32,6273	0,3097	-0,0010	26,4345	0,2544	-0,0009	
Havre	37,4923	0,2897	-0,0011	27,5400	0,2998	-0,0012	
Anden vårsæd til modenhed	32,6273	0,3097	-0,0010	26,4345	0,2544	-0,0009	Vårbyg
Vinterbyg	29,9649	0,3180	-0,0008	21,4042	0,2785	-0,0007	
Vinterhvede	41,6451	0,3140	-0,0007	37,5735	0,2676	-0,0006	
Vinterrug	0,0000	0,0000	0,0000	23,9105	0,3517	-0,0012	
Triticale	0,0000	0,0000	0,0000	17,9608	0,2425	-0,0005	
Anden vintersæd til modenhed	29,9649	0,3180	-0,0008	21,4042	0,2785	-0,0007	Vinterbyg
Vårraps	20,7141	0,0375	-0,0001	20,7141	0,0375	-0,0001	
Vinterraps	24,5493	0,1444	-0,0003	24,5493	0,1444	-0,0003	
Anden oliefrø til modenhed	24,5493	0,1444	-0,0003	24,5493	0,1444	-0,0003	Vinterraps
Ærter	40,0000	0,0000	0,0000	40,0000	0,0000	0,0000	
Anden bælgssæd til modenhed	40,0000	0,0000	0,0000	40,0000	0,0000	0,0000	Ærter
Frøgræs	683,3500	7,3975	-0,0256	683,3500	7,3975	-0,0256	
Anden markfrø	683,3500	7,3975	-0,0256	683,3500	7,3975	-0,0256	Frøgræs
Læggekartofler	349,7500	1,4446	-0,0028	349,7500	1,4446	-0,0028	Spisekartofler
Fabrikskartofler	349,7500	1,4446	-0,0028	349,7500	1,4446	-0,0028	Spisekartofler
Spisekartofler	349,7500	1,4446	-0,0028	349,7500	1,4446	-0,0028	
Sukkerroer	98,7140	0,5878	-0,0025	98,7140	0,5878	-0,0025	
Kløvergræs	58,9390	0,1586	-0,0002	58,9390	0,1586	-0,0002	
Anden bælgssæd til slæt	58,9390	0,1586	-0,0002	58,9390	0,1586	-0,0002	Kløvergræs
Anden oliefrø	20,7141	0,0375	-0,0001	20,7141	0,0375	-0,0001	Vårraps
Vårkorn helsæd	45,9079	0,5533	-0,0013	37,4708	0,4569	-0,0012	Helsæd
Ærtehelsæd	45,9079	0,5533	-0,0013	37,4708	0,4569	-0,0012	Helsæd
Majshelsæd	0,0000	0,0000	0,0000	137,0854	0,2626	-0,0008	Majs
Vinterkorn helsæd	45,9079	0,5533	-0,0013	37,4708	0,4569	-0,0012	Vinterbyg
Vårkorn grønkorn	32,6273	0,3097	-0,0010	26,4345	0,2544	-0,0009	Vårbyg
Vinterkorn grønkorn	29,9649	0,3180	-0,0008	21,4042	0,2785	-0,0007	Vinterbyg
Permanent græs, lavt udbytte	33,2520	0,3536	-0,0001	33,2520	0,3536	-0,0001	
Permanent græs, normalt udbytte	33,2520	0,3536	-0,0001	33,2520	0,3536	-0,0001	
Miljøgræs MVJ-ordning 1	33,2520	0,3536	-0,0001	33,2520	0,3536	-0,0001	
Miljøgræs MVJ-ordning 2	33,2520	0,3536	-0,0001	33,2520	0,3536	-0,0001	
Græs i omdrift	33,2520	0,3536	-0,0001	33,2520	0,3536	-0,0001	
Brak	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	

Udyrket	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
Anden jord udtaget af drift	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
Foderroer	98,7140	0,5878	-0,0025	98,7140	0,5878	-0,0025	Sukkerroer
Kløver, afgræsning	58,9390	0,1586	-0,0002	58,9390	0,1586	-0,0002	Kløvergræs
Anden bælgssæd, afgræsning	45,9079	0,5533	-0,0013	37,4708	0,4569	-0,0012	Helsæd
Grøntsager	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
Frugt og bær, frugttræer	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
Væksthuskulturer	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
Andre specialafgrøder	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
Trækulturer	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
Energiskov og anden produktion	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	
Andet	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	

Pesticidfunktioner

I bedriftsmodellerne er der inkluderet funktioner, som knytter et niveau for pesticidanvendelse til et udbyttetab. Disse funktioner er med til at bestemme udbyttet på markerne og herigennem bedrifternes økonomiske udbytte. Således indgår en beslutning, som omfatter udbyttetab, pesticidanvendelse og pesticidpriser, i hver bedrifts maksimeringsproblem.

Funktionerne er estimeret på baggrund af data fra både Ørum (2003), Ørum et al. (2008) og Miljøstyrelsens bekæmpelsesmiddelstatistik (2005). Funktionerne fra Ørum (2003) er justeret mht. data fra Miljøstyrelsens bekæmpelsesmiddelstatistik for 2005 for det gennemsnitlige niveau for behandlinger i forskellige afgrøder, hvilket fremgår af tabel 2. Tabellen beskriver det samlede behandlingsindeks og behandlingsindeks for hver afgrøde, og omfatter herbicider, insekticider og fungicider. Som det fremgår af denne tabel er det gennemsnitlige BI 2,2, og lavest for vårsæd (1,66) og højest for kartofler (10,69). Det gennemsnitlige behandlingsindeks er steget noget siden 2005, bl.a. på grund af de højere kornpriser.

Tabel 2. Samlet BI, samt BI opsplittet på herbicider, fungicider og insekticider for forskellige afgrødegrupper, 2005.

	Total	Korn, vintersæd	Korn, vårsæd	Raps, vinter+vår	Andre frø	Kartofler	Roer	Ærter	Majs	Grøntsager	Græs og kløver
Herbicider	1,42	1,35	1,03	0,95	1,25	1,41	2,28	2,03	1,59	1,36	0,05
Fungicider	0,57	0,75	0,34	0,06	0,10	8,69	0,37	0,26	0,00	2,83	0,00
Insekticider	0,21	0,16	0,28	0,56	0,07	0,59	0,27	1,01	0,02	1,25	0,02
Samlet	2,20	2,26	1,65	1,57	1,42	10,69	2,92	3,30	1,61	5,44	0,07

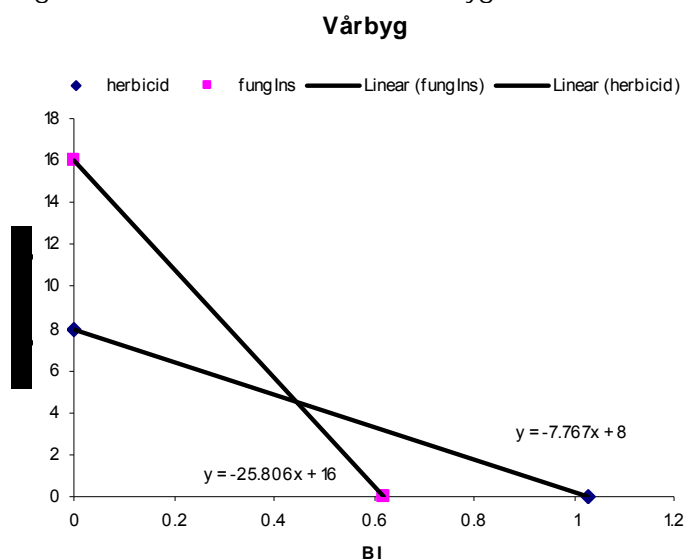
Kilde: Miljøstyrelsen, bekæmpelsesmiddelstatistik 2005'

De estimerede pesticidfunktioner er lineære og forudsætter således, at valget af behandlingsindeks og dermed udbyttetab er kontinuert. Estimationen af funktionerne baserer sig på to punkter for henholdsvis herbicid og fungicid/insekticid, hvor funktionens ene punkt er det behandlingsindeks, som resulterer i et udbyttetab på 0 %, mens det andet punkt angiver udbyttetabet ved et behandlingsindeks på 0. Det punkt som giver et udbyttetab på 0 % fremgår af tabellen ovenfor. Alle punk-

ter på linjen mellem disse to punkter kan i maksimeringsprocessen vælges af bedrifterne.

Fastlæggelsen af funktionernes yderpunkter baserer sig på to centrale betragtninger: For maksimumpunktet antages det, at bedrifterne ikke ville kunne opnå et højere udbytte ved at anvende mere pesticid. Det aktuelle behandlingsindeks antages således at svare til et udbyttetab på 0, da det gælder, at hvis bedrifterne kunne opnå et højere økonomisk udbytte ved at anvende mere pesticid, ville de gøre det – dog begrænset af den gældende regulering i basissituationen. Dette bygger således på at valgene antages at afspejle underliggende præferencer. For minimumpunktet, som svarer til et behandlingsindeks på 0, er der taget udgangspunkt i den rent praktiske restriktion, at det ikke kan lade sig gøre at anvende en negativ mængde pesticid. Minimumpunktet knytter således et udbyttetab til den minimale plausible pesticidanvendelse, mens maksimumpunktet ud fra en økonomisk betragtning antager, at bedrifterne ikke ville kunne opnå højere udbytte ved at anvende mere pesticid end, hvad de aktuelt anvender. Funktionen estimeres på disse to punkter for hver afgrøde, hvilket resulterer i en afgrødespecifik funktion med formen $udbyttetab_A = \beta_A - \alpha_A * BI_A$, hvor er udbyttetabet ved et behandlingsindeks (**BI**) på 0 og er reduktionen af tabsprocenten pr. **BI**.

Figur 2: Pesticidfunktioner for vårbyg.



Note: Bemærk at den blå linje er herbicidfunktionen og den røde er insekticid- og fungicidfunktionen. Dette giver samlet et behandlingsindeks (BI) på 1,65, jf. tabel 2.

Udenfor det interval, som afgrænses af de to beskrevne yderpunkter, er funktionen ikke defineret. Dette skyldes, at funktionen som følge af de givne forudsætninger ville angive negative værdier for udbyttetab eller behandlingsindeks udenfor intervallet. Disse restriktioner på det maksimale (dvs. der hvor udbyttetabet er 0) - og det minimale (hvor udyttet et 0) behandlingsindeks har dog implikationer for modellens løsning. For minimumgrænsens vedkommende er restriktionen givet ved den naturlige begrænsning, at det ikke praktisk kan lade sig gøre at anvende en negativ mængde pesticid. Den praktiske - og den økonomiske restriktion er således sammenfaldende. Dette er dog ikke tilfæl-

det for restriktionen på det maksimale behandlingsindeks, hvor der ikke findes en praktisk øvre grænse. Og som nævnt ovenfor er det gennemsnitlige behandlingsindeks steget fra 2005 og til nu (2010) således at dette maksimumspunkt ikke længere er gældende. Vi har valgt at fastholde punktet, da basisdata for modellen er 2005.

Parametrene i de estimerede pesticidfunktionerne er gengivet i nedenstående skema. Igen er der anvendt approksimationer, hvis data ikke har været tilgængeligt for en given afgrøde. Det vil sige, at vi antager at udbyttefunktionerne for fx anden vårsæd til modenhed vil være de samme som for vårbyg.

Tabel 3. Parameterværdier for pesticidfunktioner. Estimeret på baggrund af data fra Ørum (2003), Ørum et al. (2008) og Miljøstyrelsens bekæmpelsesmiddelstatistik (2005).

	Herbicid		Fungicid/insekticid		Approksimation
	A	B	A	β	
Vårbyg	7,767	8	25,81	16,00	
Havre	8,738	9	8,74	8,00	
Anden vårsæd til modenhed	7,767	8	25,81	16,00	Vårbyg
Vinterbyg	9,630	13	10,99	10,00	
Vinterhvede	12,593	17	23,08	21,00	
Vinterrug	4,444	6	7,69	7,00	
Triticale	4,444	6	7,69	7,00	Vinterrug
Anden vintersæd til modenhed	9,630	13	10,99	10,00	
Vårraps	5,263	5	30,65	19,00	
Vinterraps	5,263	5	14,52	9,00	
Anden oliefrø til modenhed	5,263	5	30,65	19,00	Vårraps
Ærter	5,900	12	3,15	4,00	
Anden bælgssæd til modenhed	5,900	12	3,15	4,00	Ærter
Frøgræs	40,000	50	17,65	3,00	
Anden markfrø	40,000	50	17,65	3,00	Frøgræs
Læggekartofler	0,000	0	0,00	0,00	
Fabrikkartofler	0,000	0	0,00	0,00	
Spisekartofler	0,000	0	0,00	0,00	
Sukkerroer	0,000	0	28,13	18,00	
Kløvergræs	60,000	3	150,00	3,00	Sædskeftegræs
Anden bælgssæd til slæt	5,900	12	3,15	4,00	Ærter
Anden oliefrø	5,263	5	30,65	19,00	Vårraps
Vårkorn helsæd	7,767	8	8,06	5,00	
Ærtehelsæd	5,900	12	3,15	4,00	Ærter
Majshelsæd	8,176	13	150,00	3,00	
Vinterkorn helsæd	7,767	8	8,06	5,00	
Vårkorn grønkorn	7,767	8	25,81	16,00	Vårbyg
Vinterkorn grønkorn	9,630	13	10,99	10,00	Vinterbyg
Permanent græs, lavt udbytte	60,000	3	150,00	3,00	Sædskeftegræs
Permanent græs, normalt udbytte	60,000	3	150,00	3,00	Sædskeftegræs
Miljøgræs MVJ-ordning 1	60,000	3	150,00	3,00	Sædskeftegræs
Miljøgræs MVJ-ordning 2	60,000	3	150,00	3,00	Sædskeftegræs
Græs i omdrift	60,000	3	150,00	3,00	Sædskeftegræs
Brak	0,000	0	0,00	0,00	

Udyrket	0,000	0	0,00	0,00	
Anden jord udtaget af drift	0,000	0	1,00	0,00	
Foderroer	0,000	0	28,13	18,00	
Kløver, afgræsning	60,000	3	150,00	3,00	
Anden bælgssæd, afgræsning	5,900	12	3,15	4,00	Sædskittegræs
Grøntsager	0,000	0	0,00	0,00	Ærter
Frugt og bær, frugttræer	0,000	0	0,00	0,00	
Væksthuskulturer	0,000	0	0,00	0,00	
Andre specialafgrøder	0,000	0	0,00	0,00	
Trækulturer	0,000	0	0,00	0,00	
Energiskov og anden produktion	0,000	0	0,00	0,00	
Andet	0,000	0	0,00	0,00	

Mekanisk bekæmpelse

I modellen kan hver bedrift substituere mellem anvendelse af herbicid og mekanisk bekæmpelse. Til et niveau for herbicidanvendelse er der således et tilsvarende niveau for mekanisk bekæmpelse, som tilsammen giver det aktuelle udbyttetab i procent. Ligningerne for mekanisk bekæmpelse er beskrevet i dokumentationens afsnit om afgrøder og er en lineær funktion af den aktuelle pesticidanvendelse med parametrene, som er gengivet i nedenstående tabel. Approksimationerne af manglende funktioner svarer til pesticidfunktionerne.

Tabel 4. Parametre for mekanisk ukrudtsbehandling. Estimeret på baggrund af data fra Ørum (2003), Ørum et al. (2008) og Miljøstyrelsens bekæmpelsesmiddelstatistik (2005).

	Strigling		Radrensning		Manuel ukrudtslugning	
	A	β	α	β	A	B
Vårbyg	2,47	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Havre	1,85	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Anden vårsæd til modenhed	2,47	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Vinterbyg	2,22	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vinterhvede	2,59	3,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Vinterrug	2,22	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Triticale	2,22	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Anden vintersæd til modenhed	2,22	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vårraps	0,00	0,00	1,58	1,50	0,00	0,00
Vinterraps	0,00	0,00	3,16	3,00	0,00	0,00
Anden oliefrø til modenhed	0,00	0,00	1,58	1,50	0,00	0,00
Ærter	1,48	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Anden bælgssæd til modenhed	1,48	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Frøgræs	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Anden markfrø	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Læggekartofler	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fabrikskartofler	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Spisekartofler	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sukkerroer	0,00	0,00	1,75	4,00	21,93	50,00
Kløvergræs	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Anden bælgssæd til slæt	1,48	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Anden oliefrø	0,00	0,00	1,58	1,50	0,00	0,00
Vårkorn helsæd	2,91	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ærtehelsæd	1,48	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Majshelsæd	2,52	4,00	1,89	3,00	3,14	5,00
Vinterkorn helsæd	2,91	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vårkorn grønkorn	2,47	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00
Vinterkorn grønkorn	2,22	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Permanent græs, lavt udbytte	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Permanent græs, normalt udbytte	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Miljøgræs MVJ-ordning 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Miljøgræs MVJ-ordning 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Græs i omdrift	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Brak	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Udyrket	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Anden jord udtaget af drift	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Foderroer	0,00	0,00	1,75	4,00	21,93	50,00
Kløver, afgræsning	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Anden bælgssæd, afgræsning	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Grøntsager	0,00	0,00	1,75	4,00	21,93	50,00
Frugt og bær, frugttræer, væksthuse	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Andre specialafgrøder	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Trækulturer	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Energiskov og anden produktion	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Andet	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Foder – og foderafgrøder

Forbruget af foderenheder beregnes som

$$FE_{forbrug, I} = \sum_D FEfNøgle_D * dyr_{D, I}$$

hvor **FEfNøgle** er antal foderenheder forbrugt af et dyr af typen **D**, **dyr** er antallet af dyr af typen **D** på bedriften **I**. Herved fås det samlede antal foderenheder, som bedriften **I** forbruger i sit dyrehold. Omregningsnøglen stammer fra FØI's driftsgrensstatisistik (2004).

Bedriftens totale antal foderenheder er givet ved:

$$FE_{total, I} = \sum_A FE_{produceret, I, A} + FE_{handel, I}$$

hvor det producerede antal foderenheder (**FEproduceret**) bestemmes i afsnittet om afgrøder og det indkøbte antal foderenheder (**FEhandel**) kan variere frit. Der er således ingen restriktioner på, hvor meget foder hver bedrift kan købe. **FEhandel** er dog begrænset til at være positiv. Handel er dermed isoleret til køb.

Fra de to ovenstående ligninger opstilles en balance foder. Balancen sørger for, at hver bedrift ikke forbruger mere foder end den disponerer over. Formelt set er foderbalancen således en ligevægtsbetingelse:

$$FEbalance_i = FEtotal_i - FEforbrug_i$$

$$FEbalance_i \geq 0$$

Bedriftens foderbalance er begrænset til kun at kunne antage værdier større end eller lig 0. Således sikres det, at bedrifternes foderregnskab til hver tid vil være i indenfor et realistisk mulighedsområde.

Gødningsanvendelse

Der er i modellen to kilder til kvælstof og fosfor: Produceret kvælstof og fosfor fra dyrehold og handelsgødning. I denne version af modellen er kun kvælstof modelleret, mens fosfor vil inddrages i senere versioner af modellen.

Kvælstof fra husdyrproduktionen er givet ved:

$$N_{dyr_i} = \sum_D DEn\o{g}le_D * dyr_{i,D}$$

hvor **DENøgle** er en omregningsnøgle der angiver antal dyreenheder pr. årsdyr af typen **D** og **dyr** angiver antallet af dyr af typen **D**. Omregningsnøglen stammer fra Plantedirektoratets vejledning om gødsknings- og harmoniregler 2005/06.

Den anvendte mængde kvælstof fra dyrehold udregnes som:

$$N_{dyrUdnyttet_i} = \sum_D DEn\o{g}le_D * dyr_{i,D} * N_{udnyttelse_D}$$

hvor det tilføjede led **-udnyttelse** angiver udnyttelsesprocenten for husdyrgødning. Udnyttelsesprocenten stammer ligeledes fra Plantedirektoratets vejledning om gødsknings- og harmoniregler 2005/06.

I udbyttefunktionerne, som beskrives i afsnittet om afgrøder, indgår også handelsgødning. Den anvendte mængde bliver således:

$$N_{i,A} = N_{handelAnv_{i,A}} + N_{dyrAnv_{i,A}}$$

For at ovenstående udtryk skal være meningsfuldt, må gødningsanvendelsens samlede omfang relateres til arealet af det område, som gødningen anvendes på. Til disse formål tjener følgende tre udtryk:

$$\sum_A N_{dyrAnv_{i_{areal < 10ha,A}}} * anvendelse_{i_{areal < 10ha,A}} \leq N_{dyrUdnyttet_{i_{areal < 10ha}}}$$

$$\sum_A N_{dyrAnv_{i_{areal > 10ha,A}}} * anvendelse_{i_{areal > 10ha,A}} \leq N_{dyrUdnyttet_{i_{areal > 10ha}}}$$

$$\sum_A (N_{handelAnv_{i,A}} * anvendelse_{i,A}) = N_{handel_i}$$

s.t.

$$N_{handel_i} \geq 0$$

Nhandel er begrænset til at være større end eller lig 0 således, at gødning kan købes, men ej sælges. **Anvendelse** angiver arealet i hektar på bedrift I dyrket med afgrøde A .

I udtrykket for den anvendte mængde husdyrgødning kræves det, at den samlede forbrugte mængde skal være mindre end eller lig den samlede udnyttede mængde fra bedriftens dyr. Bedriften kan altså bruge al sin husdyrgødning eller bortskaffe den mængde der er overskydende beregnet iht. til de udnyttelseskrav bedrifterne skal opfylde iht. gældende regler i husdyrbekendtgørelsen (2005). Det antages derfor at husdyrproducenterne har mulighed for at træffe aftale om at andre bedrifter aftager den mængde husdyrgødning som ikke kan spredes på bedriften med henblik på at opfylde reglerne i husdyrgødningsbekendtgørelsen. Da omkostninger ved transport og spredning af husdyrgødning er holdt konstante i modellen kan bedriften ikke bruge mere end den selv producerer uden at supplere gennem **Nhandel**, dvs. at der ikke er indarbejdet muligheder for køb af husdyrgødning gennem aftaler. Der er i DMU arbejde i gang med henblik på at videreudvikle modellens gødningsdel.

Restriktioner

Ligningerne beskrevet foran driver modellens optimeringsproces. For at underlægge modellens optimering realistiske forhold, må modellen dog begrænses således, at løsningen findes inden for et plausibelt udfaldsområde. Modellen begrænses både med hensyn til fysiske forhold (f.eks. antal ha til rådighed på hver bedrift), institutionelle forhold (som f.eks. kvælstofnormer og brakkrav) og empirisk funderede rammer for bedriftenes dyrkningsmønster (observerede data ang. rotation og sammensætning af afgrøder).

Den overordnede restriktion på arealanvendelsen er

$$\begin{aligned} totalAnvendelse_I &= \sum_A initialAfgrøde_{I,A} \\ totalAnvendelse_I &= \sum_A anvendelse_{I,A} \end{aligned}$$

Disse ligninger sikrer, at fastlæggelsen af arealanvendelsen i optimeringsprocessen ikke overskrider hver bedrifts samlede areal. Hver bedrift begrænses til at anvende samme størrelse (antal hektar) som i basissituationen (GLR, 2005).

Udover dette overordnede krav begrænses hver bedriftstype til at overholde givne sædskifterestriktioner, som sætter grænser for valget af afgrøder gennem at sætte begrænsninger for den tilladte variation i sammensætningen af afgrøder. Restriktioner på rotationen er nødvendige, f.eks. sædskiftehensyn. Sædskifter er betydningsfulde med henblik på at undgå smitte af plantesygdomme og ukrudt og for at opnå optimale udbytter, men også nødvendige for at tilpasse valget af afgrøder til de dyrkningsperioder de kræver (høst og såningstidspunkt). Forskelle i sædskiftehensyn kan ydermere forklares af forskelle i risikoattitude hos landmændene, hvor en risikoavers landmand må formodes at tage flere sædskiftehensyn end en risikoneutral landmand. Sædskiftehensyn er derfor nødvendige at modellere for at forhindre ureali-

stisk overspecialisering til de mest profitable afgrøder i modelløsningerne (fx at man kun producerer en enkelt afgrøde).

Rotationsbegrænsningerne er beregnet således at hver bedrift ikke kan producere mere af en given afgrøde end den andel der blev produceret **maksimalt** på den bedrift af samme type, som producerede mest i initialsituationen. Bedriftstypen er beskrevet ved produktionstype (kvæg, svin, plante) og jordtype (sand og ler). Yderligere bedriftstypologisering er ikke foretaget. På samme måde fastlægges **minimumsgrænser** ud fra den bedrift af samme type som producerede mindst af en afgrøde. I nogle tilfælde er der i stedet anvendt fraktilværdier som øvre grænse for at sortere de mest ekstreme observationer fra, hvilket sænker øvre grænse for dyrkningen af den givne afgrøde. Anvendelsen af fraktilværdier mindsker således indflydelsen fra bedrifter med atypiske eller ekstreme dyrkningsmønstre.

Rotationsrestriktionerne fastlægges således som den maksimale procentdel af arealet, som kan dyrkes med en afgrøde **A**, på en given bedriftstype og jordbund. Formelt implementeres rotationsrestriktionerne som:

$$anvendelseMax_{I,A} = \frac{rotationMax_{A,I}}{100} * totalAnvendelse_I$$

$$anvendelseMin_{I,A} = \frac{rotationMin_{A,I}}{100} * totalAnvendelse_I$$

hvor $anvendelseMax_{I,A}$ og $anvendelseMin_{I,A}$ er hhv. øvre - og nedre grænse for antallet af hektar med afgrøde **A** på bedrift **I**, $rotationMax_{A,I}$ og $rotationMin_{A,I}$ er hhv. øvre og nedre grænse i procent fastlagt ud fra observerede afgrødefordelinger i basisåret og $totalAnvendelse_I$ er det samlede areal til rådighed på bedrift **I**.

Rotationsrestriktionerne er således også en af de væsentlige komponenter i modellen, som binder optimeringsproblemet til det konkrete geografiske område. Disse restriktioner tjener også som redskab til modelkalibrering, da løsningens mulighedsområde kan ændres for specifikke bedrifts- og jordtyper hvis det ikke er realistisk at alle bedrifter producerer en given afgrøde på det maksimale niveau. Således er det muligt at begrænse løsningen til et område så urealistisk overspecialisering ikke finder sted. Da rotationsrestriktionerne fastlægges på baggrund af data for basissituationen gennemgås den konkrete modellering af sædskifterestriktionerne i forbindelse med afsnittet om kalibreringen af modellerne for caseområderne Bjerringbro og Odense. Der anvendes GLR data for 2005 for afgrødefordelingen per markblok, og på baggrund af disse data foretages en geografisk lokaliseret analyse af afgrødefordelingen i områderne.

Som led i modelleringen af sædskifte- og afgrødevalg i modellerne er der også inkluderet forhold til beskrivelse af udlæg og andelen af vinterafgrøder i modellen.

Udlæg af kløver- og frøgræs på kvægbedrifter er implementeret i modellen ved:

$$u_{\text{Ikvæg}} = \text{areal}_{\text{vårbyg}} - (\text{areal}_{\text{kløver}} + \text{areal}_{\text{frøgræs}})$$

s.t.

$$u_{\text{Ikvæg}} \geq 0$$

Således begrænses bedrifterne til at have minimum et ligeså stort et areal dyrket med vårbyg, som de har med kløver- og frøgræs tilsammen, da disse afgrøder forudsættes udlagt som udlæg i vårbyg. Dette er i overensstemmelse med modelleringen i Dalgaard et al. (2010) hvor der også er opstillet typiske sædskifter for omdriftsmarkerne ud fra bedriftens samlede arealanvendelse i de enkelte år. Her er der også opstillet sædskifter således at græs sås som udlæg i vårbyg, og efterafgrøder (rajgræs udlæg) udlægges primært i vårsæd.

I modellerne begrænses yderligere vinterkorn og vinterraps arealerne i forhold til hinanden svarende til forudsætningen i Dalgaard et al. (2010) om at der dyrkes vinterbyg før vinterraps og vinterhvede efter vinterraps. Dette er også understøttet af resultater fra forsøg fra Landbrugets Rådgivningscenter, jf. Føns 2008.

Denne restriktion er formuleret ved denne ligning i modellerne:

$$u_2 = \text{areal}_{\text{vinterhvede}} - (\text{areal}_{\text{vinterraps}} + \text{areal}_{\text{vårraps}} + \text{areal}_{\text{ærter}} + \text{areal}_{\text{havre}})$$

s.t.

$$u_2 \leq 0$$

Det vil sige, at bedrifterne skal have mindst ligeså stort et areal dyrket med vinterraps, vårraps, ærter og havre, som de har med vinterhvede.

Institutionelle restriktioner - regulering

De institutionelle forhold er modelleret gennem yderligere restriktioner på anvendelsen af såvel areal som kvælstof og pesticid. Fælles for denne gruppe af restriktioner er, at de er funderet i de praktiske begrænsninger, som bedrifterne inkluderer i deres optimeringsproces.

For optimeringsprocessen gælder det, at den maksimale mængde anvendt kvælstof ikke må overstige gældende fastsatte grænser for gødskning. Kvælstofanvendelsen pr. ha. er derfor begrænset til maksimalt at være normtallet for 2005, dvs.:

$$N_{I,A} \leq N_{NORM}$$

$$N_{I,A} \geq 0$$

hvor $N_{I,A}$ er kvælstofanvendelsen pr. ha. og N_{NORM} er normtallet for kvælstofanvendelse.

En tilsvarende restriktion er lagt på pesticidanvendelsen. Pesticidanvendelsen begrænses her til at ligge mellem 0 og det afgrødespecifikke

behandlingsindeks, som giver et udbyttetab på 0 i de estimerede pesticidfunktioner, dvs.:

$$BI_{A,I} \leq BImax_{A,I}$$

$$BI_{A,I} \geq 0$$

hvor $BI_{A,I}$ er det aktuelle behandlingsindeks, som fastsættes i modellen, $BImax_{A,I}$ er det maksimale behandlingsindeks, som svarer til et udbyttetab på 0 uden brug af mekanisk bekæmpelse.

I modellen er specifikke afgrøder fikseret til initialniveauet givet fra GLR. Dette gælder for sukkerroer, lægge-, spise-, og fabrikskartofler, som hovedsagligt dyrkes på kontrakt, og områder med væksthuskulturer, energiskov, frugttræer, trækulturer, grøntsager og andre specialafgrøder, som ikke er underlagt en aktiv kortsigtet optimeringsbeslutning. Den sidstnævnte kategori vil være fast på kort sigt, da omlægning af areal til disse anvendelser vil være forbundet med store anlægsomkostninger. Dyrkning af frugttræer eller opstilling af væksthuse er en langsigtet beslutning forbundet med investeringer og en specialiseringsgrad, som i modellen ikke omfattes i den kortsigtede optimeringsproces.

En række marginale afgrøder er også holdt fast på initialniveauet grundet, at de kun dyrkes af meget få bedrifter initialt og yderligere ikke har selvstændige funktioner for udbytte og pesticider. Dette gælder følgende afgrøder: anden oliefrø til modenhed, anden oliefrø, anden bælgssæd til modenhed, kløver til afgræsning, anden vinterkorn til modenhed, anden vårkorn til modenhed, ærter og ærtehelsæd.

Mængden af brak, udyrket- og andet udtaget jord er også fikseret til initialniveauet i modellen, som er det i 2005 gældende udtagningskrav.

Datagrundlag

Priser på pesticider og mekanisk bekæmpelse (strigling og radrensning) stammer fra Ørum (2003), Ørum et al. (2008), og prisen på handelsgødning og prisen på handelsfoder er fra Jordbrugets prisforhold 2007. Arbejdsomkostninger omfatter udsæd, energi, maskinstation og andre afgrøderelaterede omkostninger og er udregnet på baggrund af FØI's driftsgrenstatistik 2004.

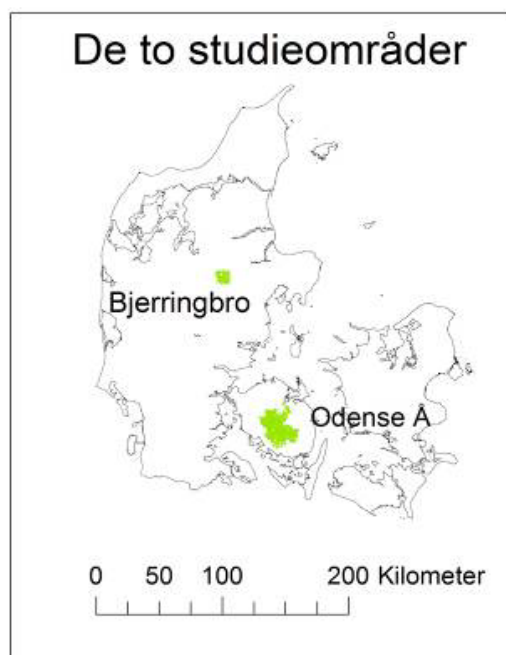
Priser på afgrøder stammer fra Danmarks statistiks Statistikbanken 2005, 2006 og antallet af foderenheder pr. hkg. tørstof for hver foderafgrøde er udregnet på baggrund af Budgetkalkuler 2008 (Landbrugets Rådgivningscenter 2007) samt tidligere udgaver af budgetkalkulerne. Foderværdierne målt som foderenheder er justeret ud fra Planteredirektoratet (2005) samt Pedersen & Haastrup, 2006.

Modelgrundlaget for kalibreringen af modellerne til caseområderne er GLR (det generelle landbrugsregister) - og CHR (det centrale husdyrregister) data fra 2005, leveret af DJF (Tommy Dalgaard) i forbindelse med projektet. Disse data danner en database for afgrødesammensætningen på markblokniveau i 2005, med tilhørende data for husdyr-

produktion og gødningsanvendelse. Data vedr. gødningsanvendelsen stammer fra Plantedirektoratet. Alle data er samlet i **DJF's Forsknings Relaterede JORdbrugs register (FRJOR, 2008)**.

Kalibrering af bedriftsmodellerne til caseområderne Bjerringbro og Hvorslev

Bedriftsmodellerne er kalibreret til analyser i to caseområder, hhv. i Midtjylland syd for Bjerringbro, og i oplandet til Odense Å på Fyn (Figur 3). Kalibreringen indebærer at modellerne tilpasses med hensyn til hvilke afgrøder der dyrkes, husdyrproduktion med tilhørende gødningsproduktion samt bedrifts- og jordtyper.



Figur 3. De to studieområder ved Bjerringbro og Odense.

Udgangssituationen for analyserne i de to studieområder er året 2005.

Kalibreringen af bedriftsmodellerne til Bjerringbro og Odense er som nævnt baseret på data fra de landsdækkende landbrugsregistre: Det Generelle LandbrugsRegister (GLR) og gødningsregnskaber fra Plantedirektoratet (PD). De benyttede data er udtrukket fra DJF's Forsknings Relaterede JORdbrugsregister (FRJOR, 2008), og leveret af DJF til DMU som led i nærværende projekt.

Data omfatter:

- Dyrket areal ifølge GLR
- Areal inklusiv brak
- Udbragt N med handelsgødning
- Udbragt N med husdyrgødning
- Udbragt N med anden organisk gødning
- Udnyttelsesprocent af husdyrgødning
- De dominerende jordtyper på markblokniveau
- Markens geografiske placering

Der er anvendt data for året 2005, og GLR-koderne for de forskellige afgrøder er indarbejdet i modellens data således at markernes beliggenhed kan lokaliseres. Koderne dækker afgrødeklasser, der indeholder kornafgrøder, grovfoderafgrøder, udefinerede planteskolearealer, juletræer, brak, vedvarende græsningsarealer m.fl. Planteskolearealer og skovdrift er som udgangspunkt holdt konstante i modellerne.

Såvel sammensætningen af bedriftstyper som jordtyper er forskellige i de to områder, hvilket fremgår af tabel 4. I Bjerringbro-området er der overvejende sandjord (76 % af arealet), mens der hovedsagligt er lerjorde og blandet jord i Odense-området (79 %), jf. Dalgaard et al. 2010. Bedriftssammensætningen er noget forskelligt idet husdyrproduktionen er mere udbredt i Bjerringbro end i Odense. Planteavl er dog den mest udbredte produktionsform i begge områder; 51 % i Bjerringbro og 59 % i Odense. Svineproduktion er dog også udbredt; 31 % i Bjerringbro og 26 % i Odense.

Tabel 5. Sammensætning af bedriftstyper og jordtyper i de to områder (GLR data, 2005)

Type	Bjerringbro		Odense	
	Ha	%	Ha	%
Anden bedriftstype	109,1	0,8	2054,5	3,3
Kvægbedrifter	2365,4	17,5	8124,6	13,0
Plantebedrifter	6875,0	51,0	36466,8	58,2
Svinebedrifter	4139,4	30,7	16045,7	25,6
Total	13488,9		62691,6	
Sandjord		76		21
Lerjord/blandet		24		79

Afgrødefordelingen i de to områder

Der er forskelle i afgrødefordelingen i de to case områder, og der er forskelle i hvilke afgrøder som dyrkes. I Odenseområdet dyrkes nogle afgrøder som ikke dyrkes i Bjerringbro: anden vintersæd til modenhed, anden markfrø, læggekartofler, anden oliefrø, vinterkorn grønkorn, anden bælgfrø til afgræsning og væksthuskulturer.

Afgrødefordelingen i de to områder fremgår af tabel 5. Vinterhvede, vårbyg og vinterbyg er de dominerende afgrøder i begge områder.

Tabel 6. Afgrødefordelingen i Odense og Bjerringbro, hektar (GLR, 2005).

Afgrøder i Odenseområdet	Ha	Afgrøder i Bjerringbroområdet	Ha
Vårbyg	12077.5	Vårbyg	2568.1
Havre	914.2	Havre	383.9
Anden vårsæd til modenhed	461.2	Anden vårsæd til modenhed	101.9
Vinterbyg	3108.9	Vinterbyg	1297.5
Vinterhvede	17658.7	Vinterhvede	2929.1
Vinterrug	323.8	Vinterrug	45.0
Triticale	357.2	Triticale	630.0
Anden vintersæd til modenhed	7.9	Vårraps	2.4
Vårraps	254.7	Vinterraps	876.9
Vinterraps	2501.0	Anden oliefrø til modenhed	6.3
Anden oliefrø til modenhed	0.4	Ærter	97.5
Ærter	318.1	Anden bælgssæd til modenhed	60.2
Anden bælgssæd til modenhed	85.6	Frøgræs	149.3
Frøgræs	3240.4	Fabrikskartofler	25.8
Anden markfrø	580.7	Spisekartofler	13.5
Læggekartofler	82.2	Sukkerroer	27.0
Fabrikskartofler	101.8	Kløvergræs	1176.3
Spisekartofler	261.3	Anden bælgssæd til slæt	1.0
Sukkerroer	2468.4	Vårkorn helsæd	108.3
Kløvergræs	3000.9	Ærtehelsæd	76.2
Anden bælgssæd til slæt	69.0	Majshelsæd	416.7
Anden oliefrø	0.3	Vinterkorn helsæd	39.4
Vårkorn helsæd	365.5	Vårkorn grønkorn	78.2
Ærtehelsæd	70.0	Permanent græs, lavt udbytte	191.6
Majshelsæd	2650.9	Permanent græs, normalt udbytte	419.6
Vinterkorn helsæd	92.0	Miljøgræs MVJ-ordning 1	8.1
Vårkorn grønkorn	100.4	Miljøgræs MVJ-ordning 2	72.4
Vinterkorn grønkorn	38.6	Græs i omdrift	277.6
Permanent græs, lavt udbytte	1484.7	Brak	807.9
Permanent græs, normalt udbytte	1672.6	Udyrket	93.1
Miljøgræs MVJ-ordning 1	50.0	Anden jord udtaget af drift	2.8
Miljøgræs MVJ-ordning 2	720.5	Foderroer	2.7
Græs i omdrift	681.7	Kløver, agræsning	0.9
Brak	3578.6	Grøntsager	289.7
Udyrket	318.7	Frugt og bær	0.2
Anden jord udtaget af drift	178.9	Frugttræer	0.4
Foderroer	8.0	Andre specialafgrøder	4.2
Kløver, afgræsning	4.3	Trækulturer	165.4
Anden bælgssæd, afgræsning	0.9	Energiskov og anden produktion	24.9
Grøntsager	175.7	Andet	17.3
Frugt og bær	286.2		
Frugttræer	151.3		
Væksthuskulturer	32.1		
Andre specialafgrøder	20.8		
Trækulturer	1955.7		
Energiskov og anden produktion	46.6		
Andet	133.0		
	62691.6	Sum	13488.9

Husdyrproduktionen i de to områder

Som nævnt er husdyrproduktionen i hvert område fastholdt på det samme niveau som i basis (2005), og bedrifterne maksimerer således ikke med deres dyrehold som parameter. Dyreholdet har dog stadig indflydelse på valg af afgrøder, fordi bedrifterne selv producerer noget foder og fordi husdyrgødningen spredes på markerne. Bedrifterne kan enten tilvejebringe foder gennem egenproduktion eller gennem indkøb. Det kræves videre, at kvægbedrifter producerer 35 % af deres foderbehov selv mens det tilsvarende tal for svinebedrifter er 20 %, baseret på oplysninger fra Landbrugets Rådgivningscenter.

Antallet af dyr i de to områder har således betydning for afgrødevalget samt for gødningsproduktionen i områderne. Antallet af dyr fordelt på type i de to områder er gengivet i nedenstående tabel 7.

Tabel 7. Husdyrproduktionen i Odense og Bjerringbro-caseområderne, 2005 (CHR), antal dyr.

Dyr	Bjerringbro	Odense
Malkekvæg	1379	8274
Ammekvæg	834	1461
Kalve	1792	10870
Kødkvæg	1900	3514
Får	585	1792
Geder	41	377
Søer	6949	26353
Slagtesvin	27412	121888
Smågrise	36760	85255
Hjorte	150	65
Mink	0	32408
Høns til ægproduktion	55	33050
Høns til slagtning	0	358090
Kalkuner	0	200
Gæs	0	730
Ænder	0	3820
Gråænder	0	1200
Strudse	0	33

Scenarierne

Som nævnt anvendes året 2005 anvendes som basisscenariet for de følgende to politikscenarier, der er nærmere beskrevet i Nielsen et al. (2009):

- Scenario 1: Etablering af 6 meter sprøjtefri randzoner langs alle markkanter, svarende til at ca. 13 % af arealet bliver dyrket uden pesticider.
- Scenario 2: Indførsel af en omsættelig pesticidkvote, der reducerer pesticidforbruget med 25 %, svarende til at pesticidhandlingsplanens mål om at komme ned på et behandlingsindeks på 1,7 indfries.

I Scenario 1 er der ikke lagt begrænsninger på hvilke afgrøder der må dyrkes, og der kan således i princippet dyrkes pesticidkrævende afgrøder som raps og roer. Det er også mulighed for at anvende mekanisk bekæmpelse af ukrudt i randzonerne. Men da udbyttereduktionen er stor ved ophør med pesticider i disse afgrøder er det vores forventning at disse ikke dyrkes på de arealer der er omfattet af randzonerne, og dette er årsagen til at der ikke er lagt særlige restriktioner på afgrødevalget.

For at kalibrere modellerne er der i tillæg til de to scenarier udført en modelberegnet baseline for 2005. Dette scenario kaldes basissituationen og scenario 0, og i dette scenario beregnes den økonomisk optimale afgrødesammensætning, gødningstilførsel, anvendelse af pesticider og anvendelse af mekanisk ukrudtsbehandling til de givne priser (2005-priser). Det skal bemærkes, at pesticidforbruget i baseline er noget lavt, grundet denne beregning som bygger på pesticidfunktionerne estimeret på baggrund af Ørum (2003). Niveaulet matcher derfor ikke fuldt de initiale data fra Miljøstyrelsens bekæmpelsesstatistik, men det har ikke været muligt at anvende andre funktioner for pesticidanvendelsen.

Scenario 1

I **randzone-scenariet** sker der ikke en efterspørgselsændring på pesticider da priserne er de samme som i basissituationen. Der vil dog være en direkte ændring i pesticidanvendelsen, da det pålægges, at 12,7 % af arealet skal dyrkes uden brug af pesticider. Ydermere vil der være en ændring i pesticidanvendelsen som følge af substitutionen mellem afgrøder. Da der ikke kan anvendes pesticid på randzonearealet, vil bedrifterne reagere ved enten at acceptere de tilhørende udbyttetab på afgrøderne eller ved at substituere i retning af mindre pesticidkrævende afgrøder på de 12,7 % af arealet, som bedre kan tåle at dyrkes uden pesticider.

Som beskrevet i Nielsen et al. (2009) er det samlede areal i randzonerne opgjort ved hjælp af GIS-analyser, dvs. konkrete kortoptegninger af markfordelinger. GIS-analyserne viser, at det samlede areal i de obligatoriske randzoner på landplan udgør 12,7 %, der således dyrkes uden pesticider.

I bedriftsmodellerne er randzone-scenariet implementeret ved at anvende to udbyttefunktioner, en for udbyttet ved ophør af pesticider i randzonerne på 12,7 % af arealet, og for de resterende arealer med udbytteforudsætningerne i basismodellen beskrevet foran, dvs. udbyttet beregnes ud fra pesticidfunktionens konstantled. Der er indført en definition (skalar) **randzone** som bestemmer den andel af arealet, som skal være randzoner. Det udgør 0,127 i dette scenario. Herigennem får 12,7 % af arealet et udbytte svarende til et BI på 0, mens $1 - 0,127 = 0,873$ (87,3 %) optimerer med det konstante udbytte. Man kan ikke bestemme hvor randzonerne placeres rent geografisk i modellerne, men modellen beregner hvilke ændringer der sker i afgrødevalget ud fra en antagelse om optimering af dækningsbidraget, og på hvilke jordtyper der sker ændringer. Endvidere beregnes der evt. ændringer i pesticidanvendelsen på de øvrige arealer, som en tilpasningsreaktion.

Scenario 2

Kvote-scenariet omfatter at der indføres en omsættelig pesticidkvote. Dette indebærer, at der sættes en samlet pesticidkvote på landsplan på et niveau, der indebærer en 25-procent reduktion af pesticidforbruget i forhold til niveauet i 2003, således at pesticidhandlingsplanernes mål om at komme ned på et behandlingsindeks på 1,7 indfries.

Scenariet gennemføres således, at landmændene skal købe retten til at bruge en bestemt mængde pesticider, dvs. kvoten. Kvoterettighederne udbydes ved en auktion, hvorved det forventes at de landmænd der har mulighed for at reducere deres pesticidforbrug relativt billigt vil have større økonomisk fordel af at reducere forbruget end af at købe kvoterettigheder. I analysen er det antaget, at landmændene kan handle kvoter indenfor landets grænser. Som nævnt i Nielsen et al. 2009 vil et kvotesystem indebære omkostninger til administration af auktionen og for landmanden indebærer det beslutningsomkostninger. Disse er dog ikke inddraget i beregningerne.

Kvotescenariet er konkret implementeret ved at AAGE beregningerne 10) anvendes til at beregne **en implicit kvotepris** ved handel indenfor hele landet. Denne pris anvendes i caseområderne, og antages at repræsentere den pris landbrugsbedrifterne vil kunne købe pesticiderne til hvis kvotebørsen er national. Dette betyder, at der lokalt vil være muligt at anvende pesticider svarende til et højere forbrug en 1.7 BI, hvilket er realistisk ved en omsættelig kvote – da det er prisforholdet mellem produkterne og prisen på kvoten der afgør det økonomisk optimale behandlingsniveau. Denne fremgangsmåde er i overensstemmelse med tilpasningen som den vil ske i praksis da hver enkelt bedrift ikke vil have markedsindflydelse til at påvirke prisen på kvoterne, men vil være pristagere. Hvis den enkelte landmand ikke påvirker udbudt mængde (den samlede kvote) og pris er antallet af kvoter således ikke en bindende restriktion for den enkelte bedrift. Det påvirker bare den pris, som de skal betale for at anvende pesticider. En anden tilgang ville være at påtvinge alle bedrifter en reduktion af en vis størrelse, men hermed forsvinder de allokeringsmæssige fordele ved omsættelig kvoteregulering, og det ville være det samme som en simulation af et fast kvotescenarie. Prismetoden er derfor valgt.

Dvs. at kvotescenariet er implementeret i bedriftsmodellerne som en prisændring svarende til de ændrede prisindekser der er beregnet med AAGE (Jacobsen 2010). Denne fremgangsmåde giver hver enkelt bedrift mulighed for selv at bestemme reduktionen af pesticidanvendelsen indenfor det økonomiske optimale. I profitmaksimeringsproblemet skal hver enkelt bedrift altså bare beslutte hvor meget pesticid der skal anvendes under forudsætning af, at bedriften skal betale for kvoter til forbruget.

Den højere pris påvirker også arealanvendelsen. Dyrere pesticider vil gøre pesticidkrævende afgrøder relativt mindre profitable i forhold til mindre pesticidkrævende afgrøder. Dette vil forårsage substitution i retning af mindre pesticidkrævende afgrøder, da bedrifternes marginale dækningsbidrag på pesticidkrævende afgrøder vil blive mindre. Be-

drifterne vil også kunne vælge at acceptere det forhøjede udbyttetab ved mindre pesticidanvendelse uden at ændre arealanvendelse, hvis dette er mere profitabelt. Bedrifternes valg afhænger alt andet lige af balancen mellem udbyttetab og den forhøjede pris på pesticider.

I en simplificeret optimering, som kun medtager pesticidanvendelse på en given afgrøde, kan følgende udledes:

$$DB_{afgr.} = p_{afgr.} * udbytte_{afgr.} - p_{pesticid} * pesticidanv_{afgr.}$$

$$\frac{\partial DB_{afgr.}}{\partial pesticidanv_{afgr.}} = p_{afgr.} * \frac{\partial udbytte_{afgr.}}{\partial pesticidanv_{afgr.}} - p_{pesticid} = 0 \Leftrightarrow$$

$$p_{afgr.} * \frac{\partial udbytte_{afgr.}}{\partial pesticidanv_{afgr.}} = p_{pesticid}$$

I det optimale punkt anvender bedrifterne altså pesticid i et omfang, der svarer til, at salgsprisen på afgrøden gange ændringen i udbytte ved ændring af pesticidanvendelsen er lig prisen på pesticid.

Hvis $p_{afgr.} * \frac{\partial udbytte_{afgr.}}{\partial pesticidanv_{afgr.}} > p_{pesticid}$ er det profitabelt at anvende

mere pesticid, da salgsværdien af udbytteændringen er større end omkostningen ved et øget behandlingsindeks. Hvis derimod

$$p_{afgr.} * \frac{\partial udbytte_{afgr.}}{\partial pesticidanv_{afgr.}} < p_{pesticid}$$

overstiger prisen på en enhed pesticid den marginale gevinst i salgsværdi ved at anvende den.

Det vil således være profitabelt at anvende mindre pesticid, da omkostningen overstiger gevinsten. Bedriften antages at anvende pesticid i det optimale omfang i udgangssituationen (basis), hvor den marginale gevinst ved at anvende en enhed pesticid er lig omkostningen ved at gøre det. Ved implementeringen af kvote-scenariet stiger prisen på pesticid som følge af, at bedriften skal købe kvoter til hver enkelt enhed pesticid. Bedriften går således fra en situation hvor

$$p_{afgr.} * \frac{\partial udbytte_{afgr.}}{\partial pesticidanv_{afgr.}} = p_{pesticid} \text{ til situationen}$$

$$p_{afgr.} * \frac{\partial udbytte_{afgr.}}{\partial pesticidanv_{afgr.}} < p_{pesticid} \text{ ved fordyrelsen}$$

af at anvende en ekstra enhed pesticid. I den efterfølgende optimeringsproces vil bedriften således sænke sit pesticidforbrug til det nye optimale niveau, som er gældende efter prisændringen forårsaget af kvoteordningen. Ovenstående eksempel er naturligvis forsimplet i forhold til modellens muligheder for substitution mellem afgrøder og mellem herbicid og mekanisk ukrudtsbekæmpelse. Det illustrerer dog den dynamik, som vil gøre sig gældende, ved en prisstigning på pesticid som følge af kvoteordningen.

Resultater fra case-områderne Odense og Horslev

Overordnede resultater

Resultaterne på ændringer i behandlingsindeks og bedrifternes økonomiske resultat er illustreret i tabel 8 nedenfor.

Tabel 8. Ændringer i behandlingsindeks og dækningsbidrag

	Odense			Bjerringbro		
	Basis	Randzone	Kvot	Basis	Randzone	Kvot
<i>Ændring i behandlingsindeks</i>						
Gns. BI alle bedrifter og afgrøder*	1.34	1.30	1.04	1.19	1.14	0.78
Absolut ændring	-	-0.04	-0.29	-	-0.05	-0.41
Procentvis ændring	-	-2.82	-21.77	-	-4.17	-34.28
<i>Ændring i dækningsbidrag (DB1), kr/ha. (beregnet omkostning per ha)</i>						
Alle bedrifter**	77457	72024	77081	-1460	-1568	-1725
Ændring ifht. Basis	-	-5433	-376	-	-108	-265
<i>Procentvis ændring dækningsbidrag, ifht. basis</i>						
Procentvis ændring ifht. Basis	-	-7.01	-0.49	-	-7.41	-18.18

*Der er ikke data til opgørelse af pesticidanvendelsen per ha eller per afgrøde i datasættet fra DJF. Der er derfor anvendt data for 2005 fra Miljøstyrelsens bekæmpelsesmiddelstatistik, samt data fra Ørum (2003) til bestemmelse af basissniveauet for pesticidanvendelse, jf. afsnit om estimation af pesticidfunktionerne, til estimation af lineære funktioner. Det lave gennemsnitlige BI omfatter både afgrøder som behandles med pesticider og afgrøder som ikke behandles, og dette medfører at gennemsnittet ser noget lavere ud end det gennemsnitlige forbrug i Miljøstyrelsens statistik. Dette påvirker dog ikke de beregnede ændringer fra basis til randzone – og kvotescenariet.

**Det skal her erindres at indtægterne fra husdyrholdet ikke er medtaget, og det medfører, at det beregnede dækningsbidrag i basissituationen ikke er reelt. Estimatet er medtaget udelukkende for at kunne vurdere ændringen som følge af scenarierne i forhold til baseline.

De overordnede resultater af de to scenarier viser, at **randzonescenariet** giver en meget beskedent reduktion i behandlingen med pesticider på hhv. 3 og 4 % i Odense og Bjerringbro. Ved et højere initialt pesticidniveau, hvilket er registreret i de senere år, ville disse reduktioner også blive noget større.

Som nævnt kan man ikke bestemme hvor randzonerne placeres rent geografisk i modellerne, men modellen beregner hvilke ændringer der sker i afgrødevalget ud fra en antagelse om optimering af dækningsbidraget. Den lave reduktion skyldes at randzonerne er lagt i afgrøder hvor udbyttetabet ved ophørt pesticidanvendelse er lavt. Det betyder også at reduktionen i pesticidanvendelsen bliver mindre end den gennemsnitlige reduktion på 12,7 % som kunne være forventelig hvis modellerne have regnet med en gennemsnitlig afgrødefordeling i randzonerne. Der antages med dette at afgrødefordelingen i de marker hvor randzonerne ligger ændres således at randzonerne implementeres med

det mindst mulige økonomiske tab til følge. På trods heraf er omkostningerne beregnet til at være ganske store i case-området i Odense som følge af randzonerne. Selv om der også beregnes evt. ændringer i pesticidanvendelsen på de øvrige arealer, men denne effekt er meget beskeden.

Den valgte metode for udlægningen af randzoner kan kritiseres fordi den medfører meget beskeden effekter på faunaen. Bl.a. tillades randzoner i alle typer afgrøder med denne form for modellering, i princippet også i raps, roer mv. Men der vil ikke lægges randzoner i denne type afgrøder i modellen, netop fordi det vil være for store udbyttetab ved det, og andre afgrøder vil vælges først. Sammenfattende er det vigtigt at randzoner der er geografisk placeret mht. hvor den største natureffekt kan opnås vil have større effekt på biodiversiteten, men vil også blive dyrere.

Som i **kvotescenariet** giver en reduktion på pesticidanvendelsen på i gennemsnit 28 % i de to områder; til sammenligning forudsætter kvotescenariet en samlet reduktion af pesticider på 25 % i hele landet. Der er med bedriftsmodellerne beregnet en reduktion på hhv. 21,8 % reduktion i Odense og 34,3 % reduktion i Bjerringbro. Dette er et plausibelt resultat da en national omsættelig kvote vil medføre forskellige reduktioner i forskellige områder, da kvoterne allokerer reduktionerne til de steder, hvor omkostningen ved reduktion er mindst. Begge reduktioner ligger dog i nærheden af de 25 % med et gennemsnit for disse to specifikke områder på de 28 % reduktion.

Randzonescenariet er beregnet til at koste kr. 5433 ha årligt i Odense oplandet, mens det vil være langt mindre omkostningskrævende i Bjerringbroområdet, hvor omkostningen er beregnet til 108 kr/ha årligt. Det skal her erindres at der ikke er regnet med tab af harmoniareal, som af FØI er beregnet til i gennemsnit 500 kr/ha årligt (Miljøstyrelsen, 2008). Tillægges dette tab Bjerringbro-resultatet fås en omkostning på ca. 700 kr./ha årligt, som modsvarer det tidligere tilskud til randzoner på 750 kr/ha årligt. Beregningerne viser således at omkostningerne ved randzoner varierer meget mellem områder, og at hverken det nuværende årlige tilskud på 1.200 kr./ha eller det tidligere årlige tilskud på 750 kr./ha. i tidligere programperiode vil være tilstrækkeligt til at dække det gennemsnitlige tab i Odense. Det vil imidlertid være rigeligt som incitament i Bjerringbro, også når tab ifm. harmoniareal indregnes, når landmanden antages at træffe disse beslutninger på en fuldt driftsøkonomisk optimal måde.

Tilskuddet på 1200 kr./ha per år er baseret på beregninger af indkomsttab foretaget af Fødevarerøkonomisk Institut (FØI), under forudsætning om at det direkte indkomsttab kan være større og mindre afhængig af bedriftstype samt hidtidig anvendelse (Miljøstyrelsen, 2008).

Kvotescenariet giver en mere ens omkostning per ha i de to områder, og er beregnet til 376 hhv. 265 kr/ha årligt i Odense og Bjerringbro. Samlet vurderet er de omsættelige kvoter således et mere omkostningseffektivt virkemiddel end randzonerne. Beregningen af omkostningerne

per ha er beregnet for det samlede dyrkede areal i caseområderne for begge scenarier, således at disse opgørelser er sammenlignelige.

Detaljerede resultater

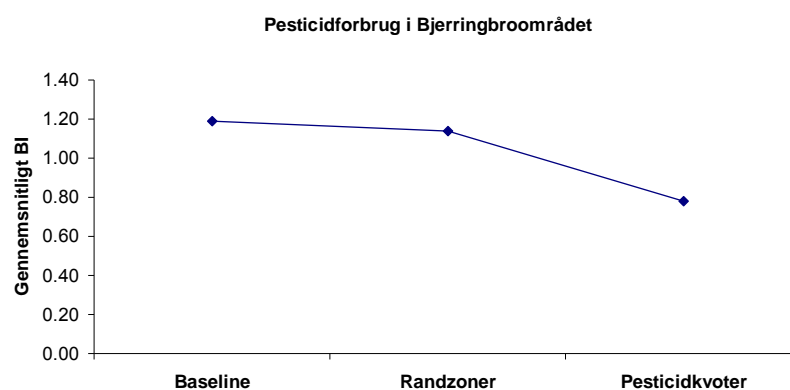
Implementeringen af scenarierne afstedkommer ændringer på flere forskellige niveauer i modellen. Der forekommer således i begge scenarier ændringer i pesticidanvendelsen og i arealanvendelsen ved substitution af afgrøder. Den efterfølgende gennemgang er disponeret ved at ændringerne i behandling præsenteres først, og derefter ændringerne i afgrødevalg.

Anvendelsen af bekæmpelsesmidler

Udviklingen i brugen af pesticider for hvert af to scenarier i forhold til basis fremgår af tabel 9 og illustreres i figur 4. Ændringen er opgjort som ændring i det gennemsnitlige behandlingsindeks for alle bedrifter og afgrøder for hvert af scenarierne.

Tabel 9. Ændringer i BI i Bjerringbro

	Basis	Randzone	Kvote
Absolut ændring i.f.h.t. basis	-	-0,05	-0,41
Procentvis ændring i.f.h.t. basis	-	-4,17	-34,28



Figur 4. Ændringer i pesticidforbrug i Bjerringbro ift. basel ine

Ændringerne er også opgjort på jord- og bedriftstyper, jf. tabel 10, hvilket viser at de største ændringer sker på anden jordtype og anden driftsform end kvæg, plante og svin. dernæst sker de største ændringer på plantebedrifterne i Bjerringbro-området.

Tabel 10. Procentvise ændringer i BI fordelt på jordtyper og produktionsform, Bjerringbro.

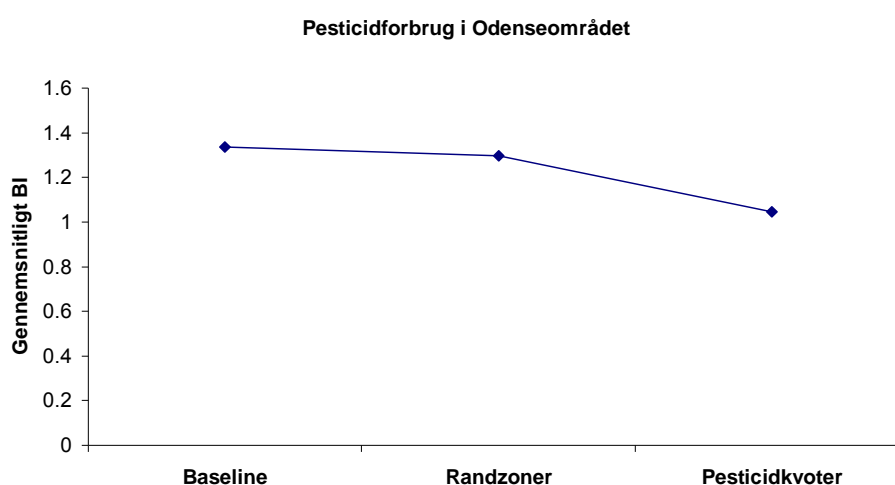
Scenario/Jordtype	Anden	Ler	Sand	
Basisscenario	1,20	1,16	1,19	
Randzonescenario	1,13	1,16	1,14	
Procentvis ændring fra basisscenario	-5,64	0,00	-4,15	
Kvotescenario	0,68	0,90	0,79	
Procentvis ændring fra basisscenario	-42,99	-22,43	-33,43	
Scenario/bedriftstype	Anden	Kvæg	Plante	Svin
Basisscenario	0,73	0,51	1,58	0,80
Randzonescenario	0,62	0,52	1,50	0,81

Procentvis ændring fra basisscenario	-15,54	1,27	-5,32	0,69
Kvotescenario	0,41	0,44	0,96	0,62
Procentvis ændring fra basisscenario	-43,89	-14,21	-39,45	-23,22

De samme beregninger er udført for Odense-området, hvilket fremgår af tabel 11, tabel 12 og figur 5.

Tabel 11. Gennemsnitligt BI Odense

	Basisscenario	Randzone	Pesticidkvote
Absolut ændring i.fh.t. basisscenario	-	-0,04	-0,29
Procentvis ændring i.fh.t. basisscenario	-	-2,82	-21,77



Figur 5. Ændringer i pesticidforbrug ift. basel ine, Odense

Også for Odense er ændringerne opgjort på jord- og bedriftstyper, hvilket viser at de største ændringer også sker på anden jordtype og anden driftsform end kvæg, plante og svin. Dernæst sker de største ændringer også på plantebedrifterne i Odense området.

Tabel 12 Procentvise ændringer i BI fordelt på jordtyper og produktionsform, Odense

Scenarie/jordtype	Anden jordtype	Ler	Sand
Basisscenario; BI	1,23	1,38	1,38
Randzonescenario; BI	1,17	1,39	1,32
Randzonescenarie, procentvis ændring fra basisscenario	-5,12	0,67	-4,38
Kvotescenario	0,90	1,17	1,05
Kvotescenarie, procentvis ændring fra basisscenario	-26,67	-15,35	-24,09
Scenarie/bedriftstype	Anden bedriftstype	Kvæg	Plante
Basisscenario	1,30	0,91	1,51
Randzonescenario	1,23	0,92	1,45
Randzonescenario; procentvis ændring fra basisscenario	-5,25	0,30	-4,07
Kvotescenario	0,94	0,81	1,14

Kvotescenario, procentvis ændring fra basisscenario	-28,01	-11,43	-24,62
---	--------	--------	--------

Der indgår i det opgjorte behandlingsindeks både herbicid og fungicid/insekticid. Herbicidbehandlinger og mekanisk ukrudtsbekæmpelse er i modellen substitutter. Ændringerne i BI kan derfor substitueres med mekaniske bekæmpelsesmetoder. Ikke alle mekaniske bekæmpelsesmetoder kan bruges på alle afgrøder. I modellen antages der at strigling kan anvendes på vårbyg, havre, anden vårkorn til modenhed, vinterbyg, vinterhvede, vinterrug, triticale, anden vinterkorn til modenhed, ærter, anden bælgssæd, vårkorn- vinterkorn- ærte- og majshelsæd og vår- og vintergrønkorn. Radrensning kan anvendes på vår - og vinterraps, andet oliefrø, sukker- og foderroer og majshelsæd, mens manuel ukrudtslugning kan anvendes på sukkerroer, foderroer og majshelsæd. Disse forudsætninger stammer fra Ørum(2003). Ændringerne i den gennemsnitlige mekaniske bekæmpelsesindsats for alle bedrifter på de relevante afgrøder fremgår af de nedenstående tabeller 13,14 og 15. Det ses at kvotescenariet medfører en vis forøgelse i strigling og radrensning, men ikke til manuel ukrudtslugning, da dette er for arbejdskrævende.

Tabel 13. Ændring i gennemsnitlige striglingsbehandlinger, Bjerringbro

	Basisscenario	Randzonescenario	Kvotescenario
Gns. alle bedrifter & afgrøder	0,66	0,65	1,20
Absolut ændring	-	0,00	0,54
Procentvis ændring	-	-0,60	82,63

Tabel 14. Ændring i gennemsnitlige radrensningsbehandlinger, Bjerringbro,

	Basisscenario	Randzonescenario	Kvotescenario
Gns. alle bedrifter og afgrøder	0,00	0,00	2,32
Absolut ændring	-	0,00	2,32
Procentvis ændring	-	0,00	-

Tabel 15. Ændring i behandlinger med manuel ukrudtslugning, Bjerringbro

	Basisscenario	Randzonescenario	Kvotescenario
Gns. alle bedrifter og afgrøder	0,00	0,00	0,00
Absolut ændring	-	0,00	0,00
Procentvis ændring	-	0,00	0,00

Det samme mønster gentages i Odense, men med noget mindre ændringer til strigling end i Bjerringbro, jf. tabellerne 16, 17 og 18. Der sker dog en temmelig markant ændring til fordel for radrensning, men selv om den procentvise ændring er stor, er den absolutte ændring lille. I Odense sker der også en mindre ændring til fordel for manuel ukrudtslugning.

Tabel 16. Ændring i gennemsnitlige striglingsbehandlinger, Odense

	Basisscenario	Randzonescenario	Kvotescenario
Gns. alle bedrifter og afgrøder	0,59	0,60	0,99
Absolut ændring	-	0,01	0,40
Procentvis ændring	-	1,33	68,83

Tabel 17. Ændring i behandlinger med radrensning, Odense

	Basisscenario	Randzonescenario	Kvotescenario
Gns. alle bedrifter og afgrøder	0,004	0,004	1,738
Absolut ændring	-	0,000	1,734
Procentvis ændring	-	0,361	42341,700

Tabel 18. Ændring i behandlinger med manuel ukrudtslugning, Odense

Ændring i behandlinger med manuel ukrudtslugning			
	Basisscenario	Randzonescenario	Kvotescenario
Gns. alle bedrifter og afgrøder	0,004	0,004	0,004
Absolut ændring	-	0,000	0,000
Procentvis ændring	-	0,780	3,098

Tabellerne 19 og 20 viser ændringer i hhv. strigling og radrensning i Bjerringbro studieområdet, fordelt på jord og bedriftstyper, svarende til opgørelsen af behandlingsindeks for pesticid. De største ændringer i strigling sker for begge scenarier på bedrifter med anden jordtype end ler og sand; i randzone scenarier sker der endda en nedgang i brugen af strigling på sandjordsbedrifter, mens kvotescenariet øger anvendelser af strigling med 83 procent. For bedriftstyper sker de største ændringer på "anden bedriftstype" og på planteavlsbedrifter og primært i kvotescenariet.

Tabel 19 Ændringer i strigling fordelt på jordtyper og produktionsform, Bjerringbro

Scenarie/jordtype	Anden	Ler	Sand
Basisscenario	0,65	0,77	0,65
Randzonescenario	0,69	0,77	0,64
Procentvis ændring fra basisscenario	6,33	0,00	-1,79
Kvotescenario	1,41	0,77	1,19
Procentvis ændring fra basisscenario	118,75	0,00	82,88
Scenarie/bedriftstype	Anden	Kvæg	Plante
Basisscenario	0,12	1,63	0,20
Randzonescenario	0,12	1,58	0,21
Procentvis ændring fra basisscenario	0,00	-3,06	4,56
Kvotescenario	1,32	1,64	1,03
Procentvis ændring fra basisscenario	1011,80	0,66	411,32

Ingen af de to scenarier medfører som nævnt væsentlige ændringer i radrensning i Bjerringbro området.

Tabel 20 Ændringer i radrensning fordelt på jordtyper og produktionsform, Bjerringbro

Scenarie/jordtype	Anden	Ler	Sand
Basisscenario	0,00	0,00	0,00
Randzonescenario	0,00	0,00	0,00
Procentvis ændring fra basisscenario	0,00	0,00	0,00
Kvotescenario	2,03	3,00	2,35
Procentvis ændring fra basisscenario	-	-	-
Scenarie/bedriftstype	Anden	Kvæg	Plante
Basisscenario	0,00	0,00	0,00
Randzonescenario	0,00	0,00	0,00
Procentvis ændring fra basisscenario	0,00	0,00	0,00
Kvotescenario	0,00	0,69	2,83
Procentvis ændring fra basisscenario	0,00	-	-

Da der ikke er nogle ændringer i manuel lugning i Bjerringbro mellem scenarierne er der ikke foretaget en opsplitning på jordtyper og produktionsform i Bjerringbro-casen.

Tabellerne 21 og 22 viser tilsvarende udviklingen i mekaniske bekæmpelsesmetoder i Odense-casen fordelt på jordtyper og produktionsform (bedriftstype). For strigling sker de største ændringer på sandjordsbedrifter og på bedriftstypen "anden", dog sker de største ændringer i randzonescenariet på kvægbedrifter, men der er generelt tale om små ændringer.

Tabel 21 Ændringer i strigling fordelt på jordtyper og produktionsform, Odense

Scenarie/jordtype	Anden	Ler	Sand
Basisscenario	0,83	0,34	0,55
Randzonescenario	0,84	0,33	0,56
Procentvis ændring fra basisscenario	1,51	-2,57	2,76
Kvotescenario	1,35	0,46	1,05
Procentvis ændring fra basisscenario	62,29	36,91	90,91
Scenarie/bedriftstype	Anden	Kvæg	Plante
Basisscenario	0,35	0,94	0,40
Randzonescenario	0,35	0,97	0,40
Procentvis ændring fra basisscenario	0,00	3,21	2,03
Kvotescenario	1,07	1,04	0,93
Procentvis ændring fra basisscenario	208,88	10,85	133,94

Radrensning forøges betragteligt i kvotescenariet med de største ændringer på lerbjordsbedrifter og på plantebedrifter.

Tabel 22 Ændringer i radrensning fordelt på jordtyper og produktionsform, Odense

Scenarie/jordtype	Anden	Ler	Sand
Basisscenario	0,003	0,003	0,006
Randzonescenario	0,003	0,003	0,006
Procentvis ændring fra basisscenario	0,000	0,263	0,704
Kvotescenario	1,292	1,977	1,845
Procentvis ændring fra basisscenario	40846,147	70278,178	31185,771
Scenarie/bedriftstype	Anden	Kvæg	Plante
Basisscenario	0,003	0,003	0,003
Randzonescenario	0,003	0,003	0,003
Procentvis ændring fra basisscenario	0,000	3,333	0,000
Kvotescenario	1,412	0,622	2,159
Procentvis ændring fra basisscenario	40988,705	23519,277	77260,518

I Odense medfører kvotescenariet en ændring til en vis forøgelse i manuel lugning, og det fremgår af tabel 23 at dette skyldes øget manuel lugning på kvægbedrifter på anden jordtype end sand, ler.

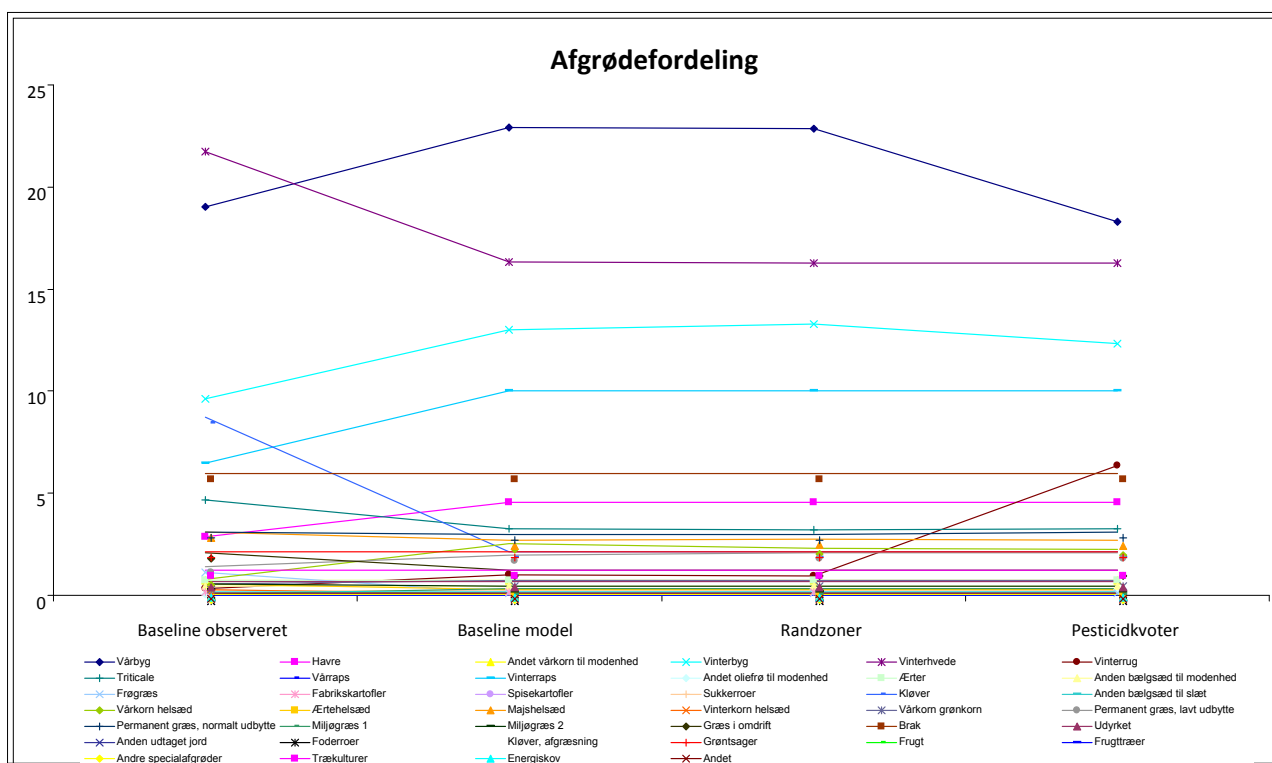
Tabel 23 Ændringer i manuel lugning fordelt på jordtyper og produktionsform, Odense

Scenarie/jordtype	Anden	Ler	Sand
Basisscenario	0,01	0,00	0,00
Randzonescenario	0,01	0,00	0,00
Procentvis ændring fra basisscenario	1,20	0,00	0,00

Kvotescenario	0,01	0,00	0,00
Procentvis ændring fra basisscenario	4,72	0,00	0,00
Scenarie/bedriftstype	Anden	Kvæg	Plante
Basisscenario	0,00	0,01	0,00
Randzonescenario	0,00	0,01	0,00
Procentvis ændring fra basisscenario	0,00	0,00	0,00
Kvotescenario	0,00	0,01	0,00
Procentvis ændring fra basisscenario	0,00	0,00	0,00

Ændringer i afgrødefordelingen

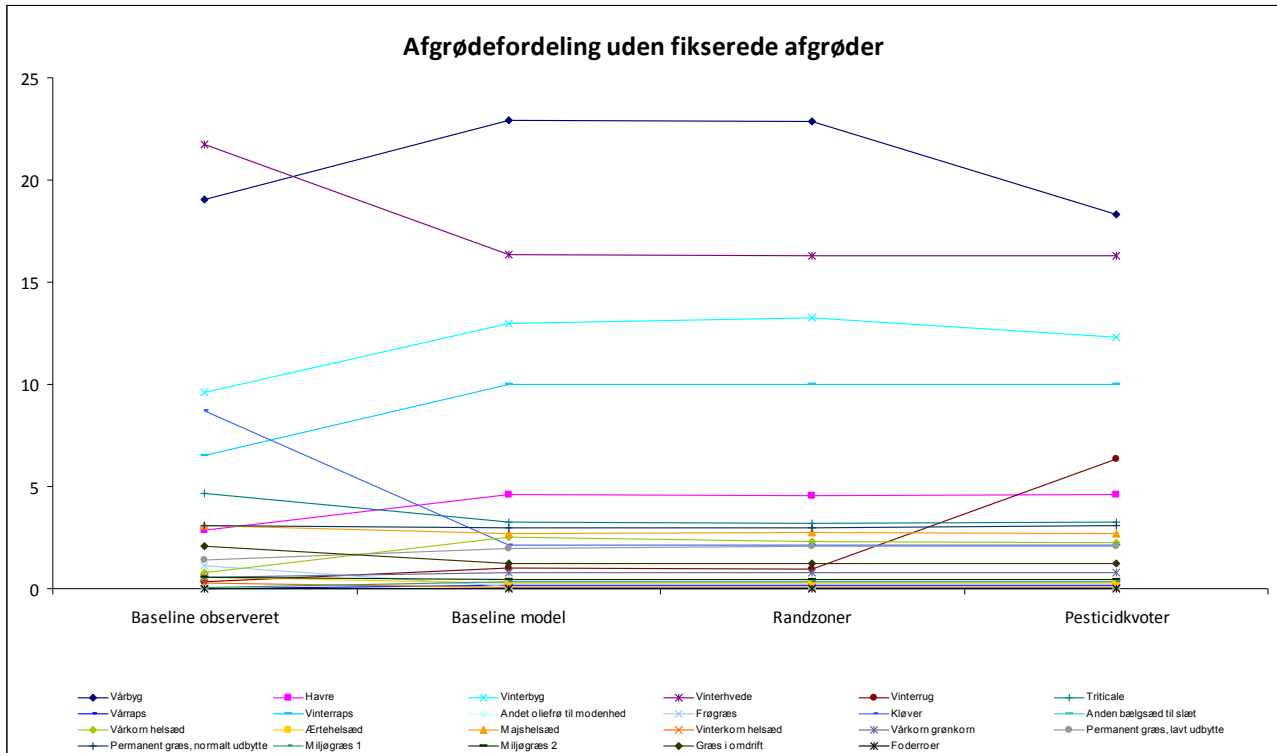
Ændringerne i det dyrkede areal med hver afgrøde er illustreret i nedenstående figurer for hhv. Bjerringbro og Odense. "Baseline observeret" er de faktiske arealanvendelser i 2005 fra GLR, mens "baseline model" er den simulerede arealanvendelse i initialsituationen. Herefter implementeres hhv. randzone-scenariet og pesticidkvoterne. Figureerne er gengivet både med og uden de afgrøder, som er fikseret (det vil sige, afgrøder som ikke ændres men som er fastsat til at dyrkes i samme omfang som i basis) til basisniveauet i modellen, da der selv sagt ikke kan forekomme ændringer i arealanvendelsen for disse afgrøder. Figureerne er også vist uden de to store afgrøder vinterhvede og vårbyg, da dette bedre illustrerer ændringerne i de øvrige afgrøder.



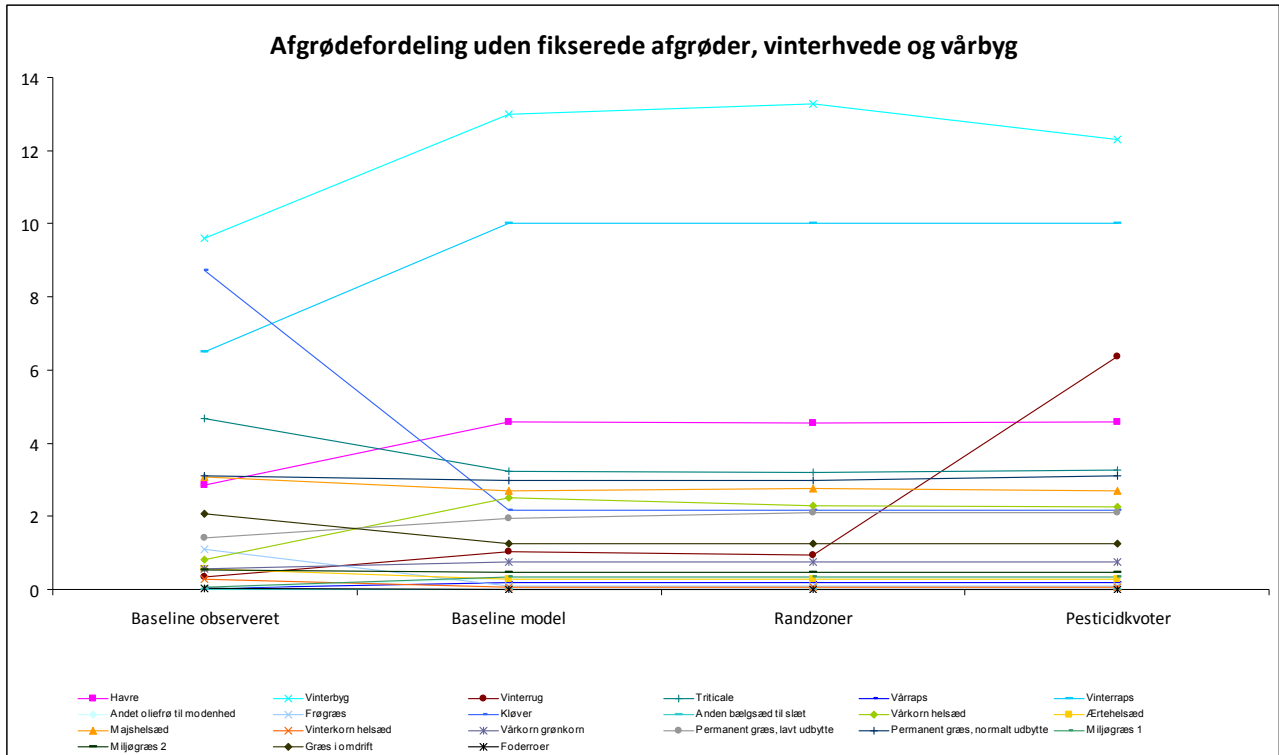
Figur 6. Ændringer i afgrødefordeling, Bjerringbro

Det ses af denne figur at der sker en vis ændring i afgrødefordelingen mellem den reelle basis i 2005 og den modellerede basis. Der er indarbejdet en række restriktioner på dyrkningen af vintersæd, vårbyg og vinterraps (jf. tidligere afsnit) for at modvirke denne forskel i afgrødefordelingen. Forskelle kan skyldes at de reelle udbyttefunktioner for de forskellige afgrøder afviger fra de anvendte i modelberegningerne,

samt at modeloptimeringen foregår under fuld information om priser, udbytter mv., som landmanden ikke har på det tidspunkt hvor han planlægger sin produktion. Forskellene kan også skyldes at landmanden ikke fuldt ud optimerer sit valg af afgrøder. Det samme mønster gør sig gældende når de fikserede afgrøder ikke er medtaget i figuren (jf. figur 7.)

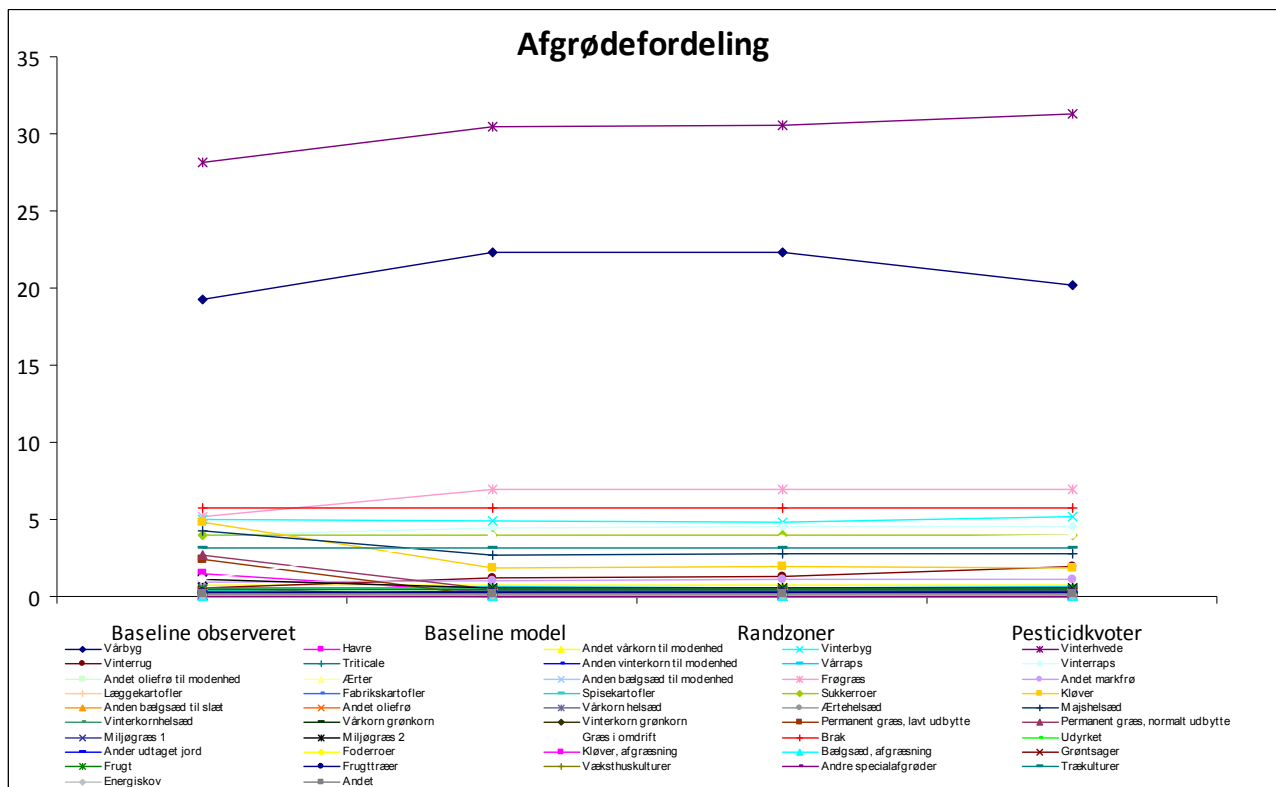


Figur 7. Ændringer i afgrødefordeling, Bjerringbro, uden fikserede afgrøder.



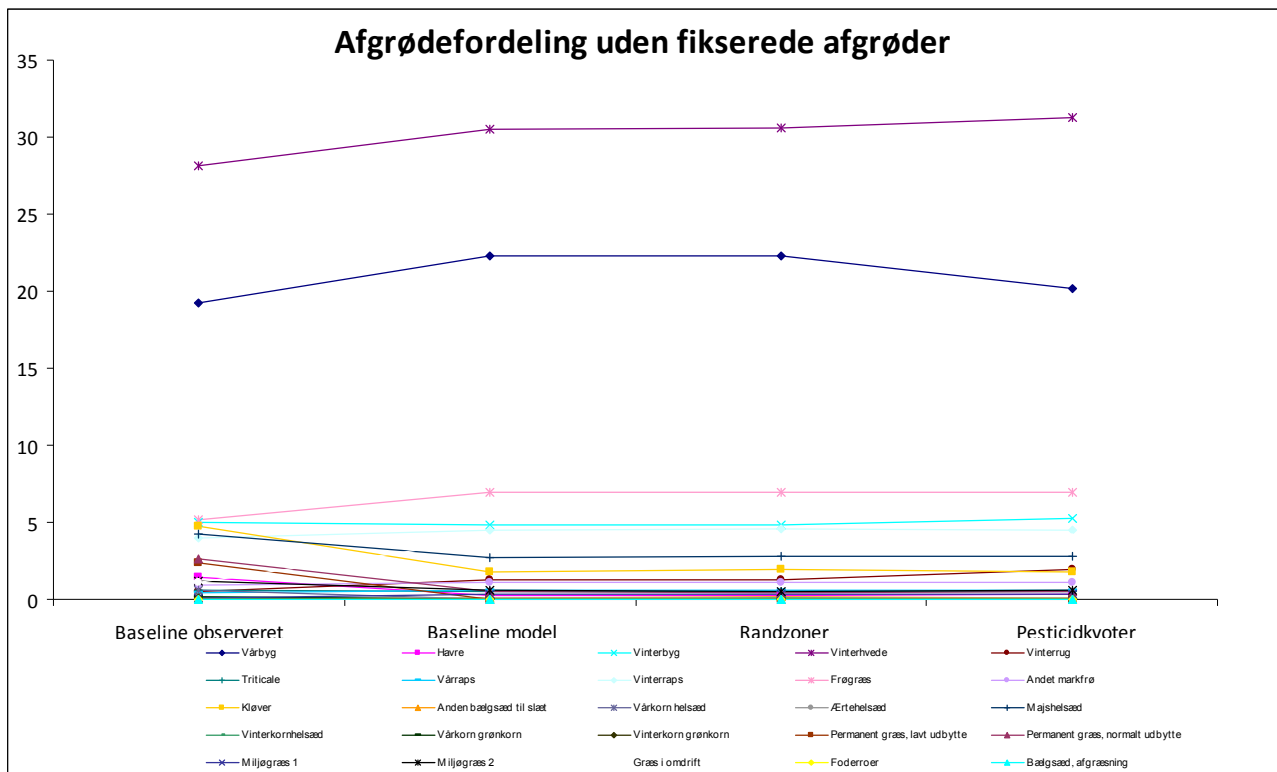
Figur 8. Ændringer i afgrødefordeling, Bjerringbro, uden fikserede afgrøder, vinterbyg og vinterhvede.

Af figur 8 ses at vinterraps og vinterbyg er noget overvurderede i den modellerede basis, og at vårraps til gengæld er undervurderet. Der sker kun mindre afgrødeændringer mellem basis og scenarierne.

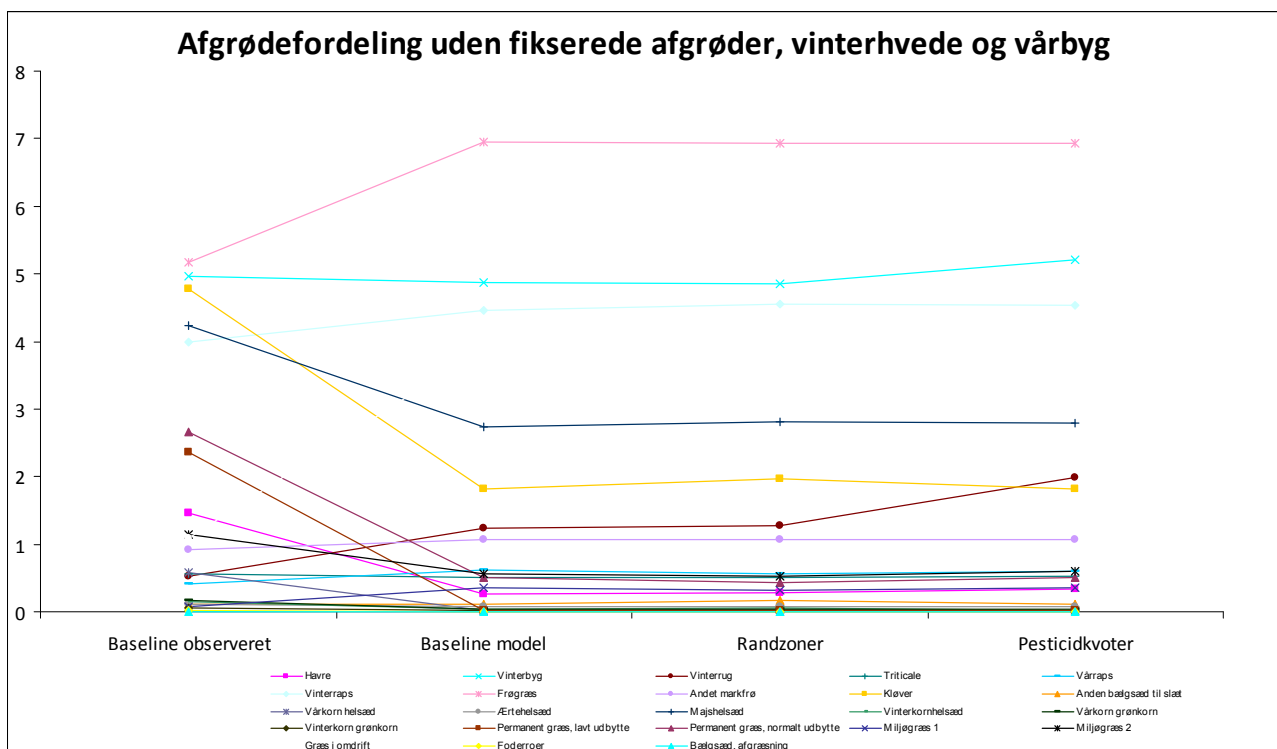


Figur 9. Ændringer i afgørdefordeling, Odense

Det ses af figur 9 at der sker en vis ændring i afgørdefordelingen mellem den reelle basis i 2005 og den modellerede basis, men forskellene er mindre end for Bjerringbro-modellen. De samme forhold gør sig gældende som for Bjerringbro-modellen mht. at forklare forskellene. Til forskel fra Bjerringbro-modellen ses der lidt større ændringer fra den modellerede basis til scenarierne for de store afgørder vårbyg og vinterhvede. Det samme mønster gør sig gældende, når de fikserede afgørder ikke er medtaget i figuren (jf. figur 10).



Figur 10. Ændringer i afgørdefordeling, Odense, uden fikserede afgrøder

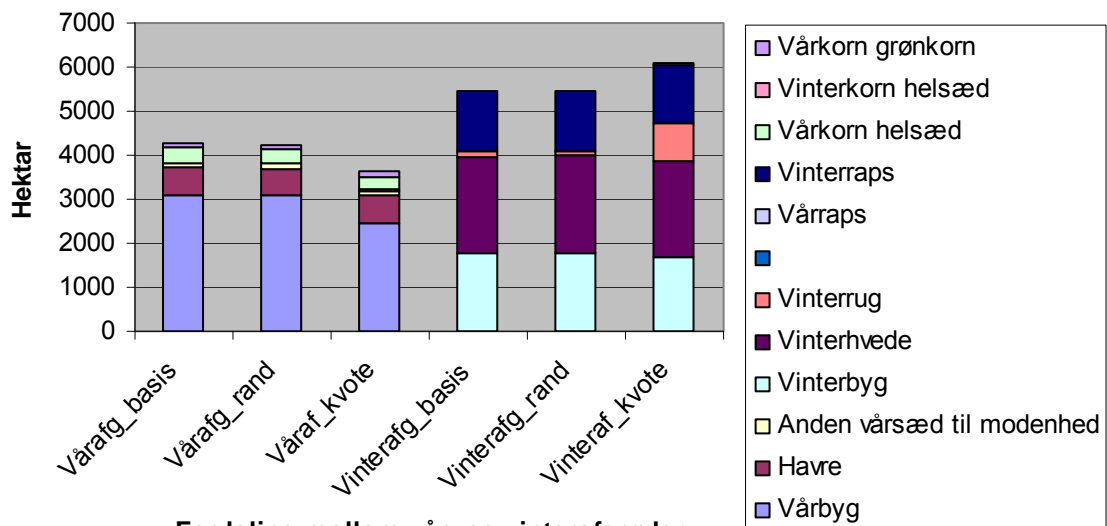


Figur 11. Ændringer i afgørdefordeling, Odense, uden fikserede afgrøder, vinterhvede og vårbyg

Ændringerne i afgørdefordelingerne angivet i ha. er gengivet i skemaer som bilag til notatet, og samles op i de to figurer nedenfor som viser ændringerne i hhv. vår- og vinterafgrøder.

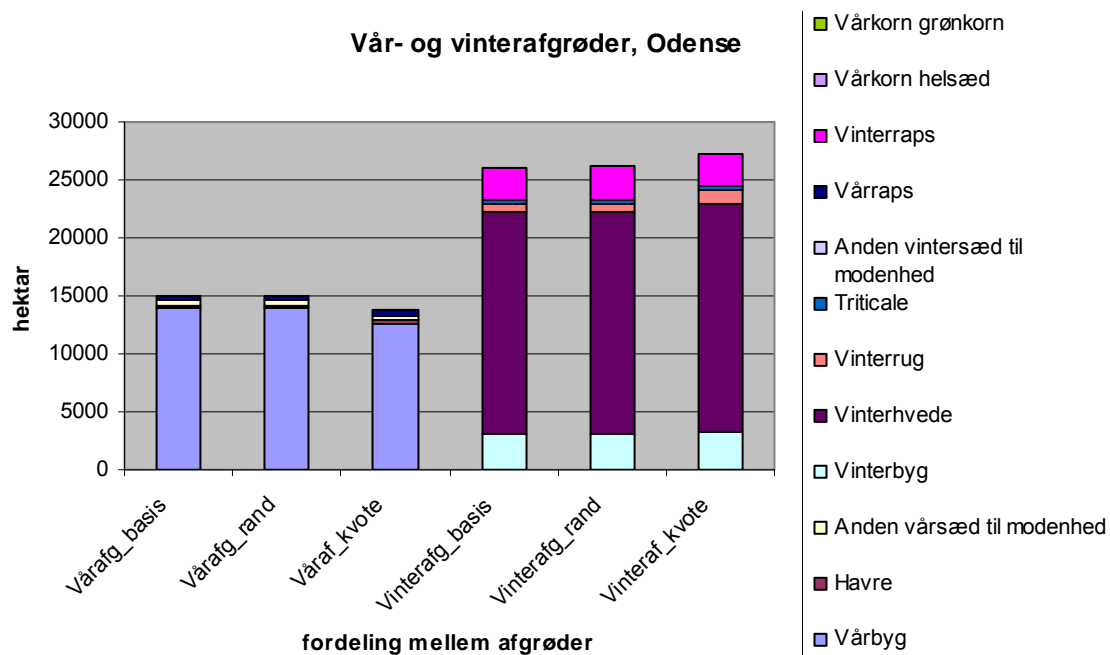
I begge områder ses det at fordelingen mellem vår- og vinterafgrøder ikke ændres markant. Der sker dog en mindre omlægning fra vår- til vinterafgrøder som umiddelbart en kontraintuitiv da pesticidanvendelsen er højere i vinter- end vårafgrøder, men effekten forklares med at den marginale udbytteeffekt af pesticider i de valgte vinterafgrøder er større end i vårafgrøder og kvoten prioriteres derfor – til en vis grad – anvendt på vinterafgrøderne. Som det fremgår af metoderedeologien foran er udbytteoptimeringen i modellen meget bestemt af udbyttefunktionerne for kvælstof, og vores forventning er at der vil ske kraftigere skift i afgrødefordelingen hvis ændringer i kvælstofpriserne eller –reguleringen ændres, end pesticidreguleringen. Dette skyldes modelforudsætninger, men kan understøttes af at pesticidanvendelsen kan se ud til at være forholdsvis uelastisk når reaktionen på pesticidafgiften betænkes.

Vår- og vinterafgrøder i Bjerringbro



Fordeling mellem vår- og vinterafgrøder

Figur 12: Fordelingen af vår- og vinterafgrøder i Bjerringbro-caseområdet



Figur 13. Fordelingen af vår- og vinterafgrøder i Bjerringbro-caseområdet

Som det fremgår af figur 12 og 13, er den modellerede fordeling mellem vår- og vinterafgrøder mere stabil i Odense-området end i Bjerringbro-området.

Diskussion og konklusion

Som nævnt sker der en beskedent reduktion i pesticidanvendelsen i **randzonescenariet** på hhv. 3 og 4 % i Odense og Bjerringbro, som følge af at 12,7 % af arealet tvinges til at dyrkes uden pesticider. Dette skyldes, at der i modelberegningerne anlægges randzoner der hvor der kan dyrkes afgrøder med et meget lavt pesticidbehov, dvs. der hvor det økonomiske tab herved er lavest muligt. Omkostningerne ved at anlægge randzoner vil være højere hvis der anlægges krav om at randzonerne skal ligge langs vandløb og langs skovkanter. Samlet set må det konkluderes, at virkemidlet ikke synes effektivt, og at det er dyrt.

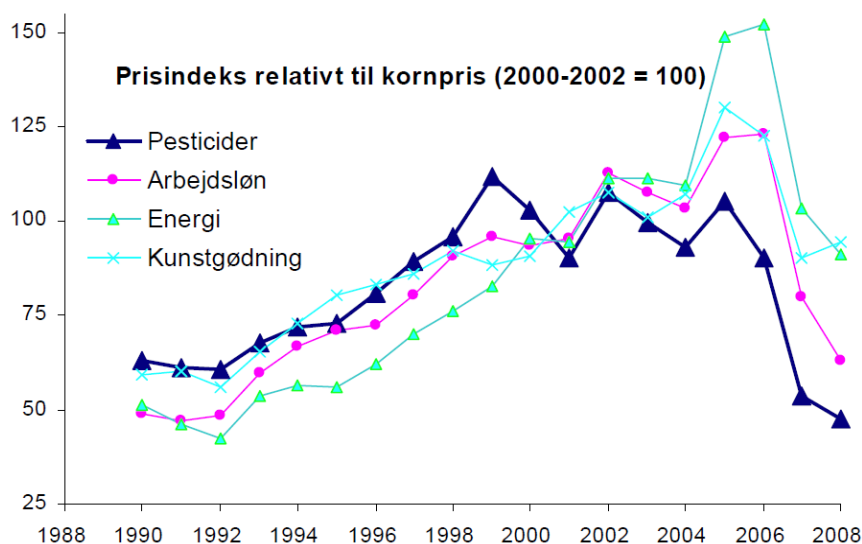
Kvotescenariet giver en markant større reduktion på pesticidanvendelsen på i gennemsnit 28 % i de to områder; til sammenligning forudsætter kvotescenariet en samlet reduktion af pesticider på 25 % i hele landet. Bedriftsmodellerne beregner en reduktion på hhv. 21,8 % reduktion i Odense og 34,3 % reduktion i Bjerringbro. Kvotescenariet medfører en mere ligelig omkostning per ha i de to områder, og er beregnet til 376 hhv. 265 kr/ha årligt i Odense og Bjerringbro. Samlet vurderet er de omsættelige kvoter et mere omkostningseffektivt virkemiddel end randzonerne.

Ændringerne i afgrødefordelingen som følge af scenarierne er forholdsvis beskedent, det vil sige at der hverken er afledte positive eller negative effekter på afgrødevalget som følge af disse virkemidler. De forholdsvis marginale ændringer i afgrødefordelingen er således en begrænsning ved modelleringen, da forventningen var, at der som følge af ændringerne i pesticidreguleringen ville ske en større ændring i afgrødevalget. Løsningerne omfatter nogle kontraintuitive ændringer

fra virafrøder til vinterafgrøder i kvotescenariet, hvilket ikke er en sandsynlig løsning på grund af det højere pesticidbehov i vinterafgrøder. Dette medfører at resultaterne i ALMaSS hvor der sker forringelser af fourageringsforhold og habitatbetingelser for hare er behæftet med usikkerhed, og sandsynligvis tegner et for negativt billede.

Basis for de udførte beregninger er 2005. Af interesse for nærværende analyse er om prisforholdet mellem pesticider, korn og andre faktor og produktpriser adskiller sig meget mellem basisåret 2005 og den efterfølgende periode. Iht. Ørum et al. (2008) udviklede faktor- og produktpriserne sig ganske ens i perioden fra 1998 til 2004, mens prisstigningen på korn i 2007 tilsyneladende har neutraliseret den prisstigning på energi og kunstgødning som gjorde sig gældende fra 2004 til 2005. Figuren viser også at prisen på pesticider relativt til prisen på korn i 2007 og 2008 er den laveste siden 1990, og lavere end i 2005. Det samme gælder for de relative priser for arbejdskraft.

Dette fremgår af figur 14 efter Ørum et al. (2008).



Kilde: Jordbrugets prisforhold (Foreløbig opgørelse, Fødevarøkonomisk Institut, 2008)
 figur 14. Prisindeks for pesticider mv. relativt til kornpris (2000-2002 = 100)

Figuren er udarbejdet af Ørum et al. (2008), side 12.

Af dette kan der konkluderes, at bytteforholdet mellem pesticider, udbringning og afgrøder er ændret således at de relative omkostninger til pesticider og sprøjtning var noget højere i 2005 end nu.

Ørum et al. (2008) illustrerer betydningen af dette ved følgende regneeksempel:

”... en sprøjtning med fungicider, som i 1999 kostede 300 kr. pr. ha for fungiciderne og 88 kr. pr. ha for udbringning vil i dag stort set koste det samme (265 plus 120) målt i kr. pr. ha, men udtrykt i udbytteenheder er prisen for sprøjtningen reduceret fra 5,54 hkg ved en kornpris på fx 70 pr. hkg i 2000 til 2,64 hkg pr. ha ved en kornpris på fx 145 kr. pr. hkg i 2008. Hvor en behandlingen i 2000 skulle give et

merudbytte på 5,54 hkg pr. ha for at være rentabel, er det i dag tilstrækkeligt med et merudbytte på 2,64 hkg pr. ha." (Ørum et al. 2008, side 12).

Dette indebærer, at det er nødvendigt med en større prisstigning på pesticider for at opnå en reduktionseffekt på forbruget, og at det sandsynligvis vil være nødvendigt med en større kvotereduktion end de der er beregnet i denne analyse for at opnå reduktioner med de nuværende kornpriser.

Det skal endelig erindres, at der er en meget begrænset viden om landbrugets faktiske sprøjteadfærd. I analyserne er den aktuelle pesticidanvendelse fastsat på grundlag af faglige skøn, Miljøstyrelsens bekæmpelsesmiddelstatistik og tidligere modelanalyser. Bedre viden om den faktiske adfærd vil naturligvis også kunne bidrage til at forbedre modelanalyserne.

Referencer

Danmarks Statistik. Statistikbanken, 2005.

Dalgaard, T., Børgesen, C.D. & Vinther, F.P. (2010). "Analyse af konsekvenser for drikkevandsinteresserne - baseret på modelberegninger af pesticidforbrug og kvælstofudvaskning fra landbruget". Bilagsrapport til Miljøstyrelsen i projektet "EU's landbrugsordninger og pesticidpolitikken". Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet, marts 2010.

DØRS. 2004. Dansk Økonomi efterår 2004 – Kapitel 3: Vand og Natur. Det Økonomiske Råd. <http://www.dors.dk/rapp/index.htm>

Frandsen, S.E, J.V. Hansen and P. Trier. 1994. A General Equilibrium Model for Denmark with Two Applications, Economic and Financial Modeling, sommer 1994, p. 105-138.

Føns, T., Sønderjydske Landboforening (2008): Afgrødernes indbyrdes konkurrenceforhold. Indlæg ved Planteavlskonferencen 2008.

Hasler, B. (1999) '[Analysis of Environmental Policy Measures Aimed at Reducing Nitrogen Leaching at the Farm Level](#)', Environmental Pollution, vol. 102 no. S1, pp. 749-754.

Jacobsen, L.B. (2010). "Samfundsøkonomiske konsekvenser af en reduceret pesticidindsats i dansk landbrug". Bilagsrapport til Miljøstyrelsen i projektet ***EU's landbrugsordninger og pesticidpolitikken***.

Jacobsen L.B., M. Andersen, J.D. Jensen. 2005. Reducing the use of pesticides in Danish agriculture – macro and sector economic analyses. Fødevarerøkonomisk Institut, Working paper 11/04.

Jacobsen, L.B. 2002. Økologi i dansk økonomi – Konstruktion af en økologispecifik input-output tabel. Working Paper no. 16/2002. Available from the Danish Research Institute of Food Economics.

Jacobsen, L.B 1996. En landbrugsspecifik input-output tabel for Danmark. Rapport nr. 91. Statens Jordbrugs og Fiskeriøkonomiske Institut.

Jacobsen, B.H., J. Abildtrup, M. Andersen, T. Christensen, B. Hasler, Z.B. Hussain, H. Huusom, J.D. Jensen, J.S. Schou og J.E. Ørum. 2004. Omkostninger ved reduktion af landbrugets næringsstoffab til vandmiljøet - Forarbejde til Vandmiljøplan III. Fødevarerøkonomisk Institut, Rapport 167: 299 pp.

Landsforsøgene (2005) Oversigt over landsforsøg 2005. Dansk Landbrugsrådgivning, Skejby.

Miljøstyrelsen, Plantedirektoratet, By- og Landskabsstyrelsen og FødevarerErhverv (2008): Sammenfattende notat om mulighederne for iværksættelse af yderligere virkemidler til opnåelse af målene om rand-

zoner i VMP III aftalen. Rapport udarbejdet ifm. Midtvejsevaluering af Vandmiljøplan III.

Nielsen, H.Ø., Christensen, T. & Pedersen, A.B. (2007). "Mulige udviklingstendenser i EU's landbrugspolitik på langt sigt". Bilagsrapport til Miljøstyrelsen i projektet ***EU's landbrugsordninger og pesticidpolitikken***.

Pedersen JB & Haastrup M. (2006) Foderværdi i kornsorter 2006. Planteavlsoverretning 01-341. Dansk Landbrugsrådgivning. Landscentret Planteproduktion

Plantedirektoratet (2003, 2004, 2005, 2006, 2007) Vejledning om gødskning og harmoniregler. Plantedirektoratet

Topping C.J., Hansen, T.S., Jensen, T.S., Jepsen, J.U., Nikolajsen, F. and Odderskær, P. 2003. ALMaSS, an agent-based model for animals in temperate European landscapes. *Ecological Modelling* 167: 65-82.

Topping C.J., Østergaard, S., Pertoldi, C.B. & Bach, L.A. 2003. Modelling the loss of genetic diversity in vole populations in a spatially and temporally varying environment. *Annales Zoologici Fennici* (40: 255-267)

Topping C.J. & Odderskær, P. 2004. Modeling the influence of temporal and spatial factors on the assessment of impacts of pesticides on skylarks. *Environmental Toxicology & Chemistry* 23, 509-520.

Vils E, Sloth NM, Tybirk P, Pedersen JB, Kjær, LB & Haastrup M. Forskelle i foderværdi i danskdyrkede sorter af vinterhvede, vårbyg og vinterbyg. Meddelelse nr. 731. Dansk Svineproduktion. Dansk Landbrugsrådgivning, Landscentret.

Vinther. F.P. (2008) personlig kommunikation

Wier, M., Hasler, B., Andersen, J.M. 1999, '[Evaluating Consequences of Agricultural Policy Measures in an Integrated Economic and Environmental Model System](#)', in Usó, J.L., Brebbia, C.A., Usó, J.L., Brebbia, C.A. (eds), *Ecosystems and Sustainable Development II*, WIT Press, pp. 113-122.

Wier, M., J. Andersen, B. Hasler og H.G. Bruun (1998): Landbrugscenarier- integreret miljøøkonomisk anvendelse. Faglig rapport fra Danmarks Miljøundersøgelser, nr. 257, Roskilde.

Ørum, J.E. 2003. Driftsøkonomisk analyse af reduceret pesticidanvendelse i dansk landbrug. Fødevarerøkonomisk Institut, Rapport nr. 163, København.

Ørum, J.E., M. Vejlbj Boesen, L. Nistrup Jørgensen, P. Kudsk (2008) Opdateret analyse af de driftsøkonomiske muligheder for en reduceret pesticidanvendelse i dansk landbrug - en beskrivelse af udviklingen fra 2003 - 2008. Rapport nr. 197, Fødevarerøkonomisk Institut, Københavns Universitet.

Bilag. Ændringer i afgrødefordeling

Bilag 1. Afgrødefordeling i Bjerringbro i baselines og scenarier

Afgrøde	Obs. baseline	Basis	Randzone	Kvotescenarie
Vårbyg	2568.1	3093.2	3082.6	2467.4
Havre	383.9	617.8	616.1	617.6
Anden vårsæd til modenhed	101.9	101.9	101.9	101.9
Vinterbyg	1297.5	1753.5	1790.7	1659.6
Vinterhvede	2929.1	2202.5	2194.3	2194.3
Vinterrug	45.0	139.7	127.5	859.9
Triticale	630.0	437.2	431.7	439.5
Vårraps	2.4	26.0	26.0	26.0
Vinterraps	876.9	1351.5	1350.8	1351.4
Anden oliefrø til modenhed	6.3	40.9	41.1	40.9
Ærter	97.5	97.5	97.5	97.5
Anden bælgssæd til modenhed	60.2	60.2	60.2	60.2
Frøgræs	149.3	12.2	12.2	12.2
Fabrikkartofler	25.8	25.8	25.8	25.8
Spisekartofler	13.5	13.5	13.5	13.5
Sukkerroer	27.0	27.0	27.0	27.0
Kløvergræs	1176.3	290.4	291.6	290.4
Anden bælgssæd til slæt	1.0	0.0	0.0	0.0
Vårkorn helsæd	108.3	338.1	308.1	304.4
Ærtehelssæd	76.2	38.8	39.7	38.8
Majshelsæd	416.7	364.1	372.4	363.6
Vinterkorn helsæd	39.4	9.7	9.7	9.7
Vårkorn grønkorn	78.2	102.4	102.4	102.4
Permanent græs, lavt udbytte	191.6	262.4	282.5	283.3
Permanent græs, normalt udbytte	419.6	400.9	400.9	419.6
Miljøgræs MVJ-ordning 1	8.1	45.9	45.9	45.9
Miljøgræs MVJ-ordning 2	72.4	61.7	61.7	61.7
Græs i omdrift	277.6	167.8	168.8	167.8
Brak	807.9	807.9	807.9	807.9
Udyrket	93.1	93.1	93.1	93.1
Anden jord udtaget af drift	2.8	2.8	2.8	2.8
Foderroer	2.7	0.0	0.0	0.0
Kløver, afgæsning	0.9	0.9	0.9	0.9
Grøntsager	289.7	289.7	289.7	289.7
Frugt og bær	0.2	0.2	0.2	0.2
Frugttræer	0.4	0.4	0.4	0.4
Andre specialafgrøder	4.2	4.2	4.2	4.2
Trækulturer	165.4	165.4	165.4	165.4
Energiskov og anden produktion	24.9	24.9	24.9	24.9
Andet	17.3	17.3	17.3	17.3
Sum	13488.9	13488.9	13488.9	13488.9

Bilag 2. Afgrødefordeling i Odense i baselines og scenarier

Afgrøde	Obs. baseline	Basis	Randzone	Kvotescenarie
Vårbyg	12077.5	13999.0	13965.0	12669.4

Havre	914.2	162.5	170.7	206.5
Anden vårsæd til modenhed	461.2	461.2	461.2	461.2
Vinterbyg	3108.9	3054.4	3040.6	3268.9
Vinterhvede	17658.7	19108.2	19156.8	19618.8
Vinterrug	323.8	773.0	795.6	1240.4
Triticale	357.2	322.8	322.2	324.1
Anden vintersæd til modenhed	7.9	7.9	7.9	7.9
Vårraps	254.7	383.9	357.6	378.3
Vinterraps	2501.0	2799.8	2849.4	2837.6
Anden oliefrø til modenhed	0.4	0.4	0.4	0.4
Ærter	318.1	318.1	318.1	318.1
Anden bælgssæd til modenhed	85.6	85.6	85.6	85.6
Frøgræs	3240.4	4357.2	4350.3	4350.6
Anden markfrø	580.7	665.0	671.9	672.0
Læggekartofler	82.2	82.2	82.2	82.2
Fabrikskartofler	101.8	101.8	101.8	101.8
Spisekartofler	261.3	261.3	261.3	261.3
Sukkerroer	2468.4	2468.4	2468.4	2468.4
Kløvergræs	3000.9	1141.6	1229.5	1136.7
Anden bælgssæd til slæt	69.0	76.1	110.3	73.0
Anden oliefrø	0.3	0.3	0.3	0.3
Vårkorn helsæd	365.5	15.4	23.5	15.6
Ærtehelssæd	70.0	51.2	47.5	51.4
Majshelsæd	2650.9	1711.2	1762.9	1745.2
Vinterkorn helsæd	92.0	25.4	33.8	14.4
Vårkorn grønne	100.4	22.0	24.4	20.8
Vinterkorn grønne	38.6	7.5	7.5	7.5
Permanent græs, lavt udbytte	1484.7	7.6	9.1	6.6
Permanent græs, normalt udbytte	1672.6	312.5	270.9	313.4
Miljøgræs MVJ-ordning 1	50.0	225.1	205.3	222.0
Miljøgræs MVJ-ordning 2	720.5	347.5	323.6	371.7
Græs i omdrift	681.7	2454.0	2294.2	2478.0
Brak	3578.6	3578.6	3578.6	3578.6
Udyrket	318.7	318.7	318.7	318.7
Anden jord udtaget af drift	178.9	178.9	178.9	178.9
Foderroer	8.0	0.0	0.0	0.0
Kløver, afgræsning	4.3	4.3	4.3	4.3
Anden bælgssæd, afgræsning	0.9	0.0	0.0	0.0
Grøntsager	175.7	175.7	175.7	175.7
Frugt og bær	286.2	286.2	286.2	286.2
Frugttræer	151.3	151.3	151.3	151.3
Væksthuskulturer	32.1	32.1	32.1	32.1
Andre specialafgrøder	20.8	20.8	20.8	20.8
Trækulturer	1955.7	1955.7	1955.7	1955.7
Energiskov og anden produktion	46.6	46.6	46.6	46.6
Andet	133.0	133.0	133.0	133.0
Sum	62691.6	62691.6	62691.6	62691.6