

Klimabelastning for planteavlsbedriften Åstrupgård - beregnet ved en livscyklusvurdering (LCA)

Af Lisbeth Mogensen og Marie Trydeman Knudsen, DJF, AU 24-11-09



Figur 1. Åstrupgårds placering

INDHOLD

- 1. Beskrivelse af systemet**
- 2. Klimabelastning fra Åstrupgård**
 - 2.1. Klimabelastning og hotspotanalyse
 - 2.2. Følsomhedsanalyse
- 3. Tiltag til forbedring af klimabelastningen**
 - 3.1. Energi - reduceret brug af fossil energi og øget energiproduktion
 - 3.1.1. Alternativt scenarium 1 (foreslået af ejeren selv)
 - 3.1.2. Følsomhedsanalyse af alternativt scenarie 1
 - 3.2. Kvælstof - mere effektiv udnyttelse og mindre tab
 - 3.2.1. Alternativt scenarium 2
 - 3.3. Kulstof - øget binding i jord og biomasse
- 4. Konklusion**

BILAG

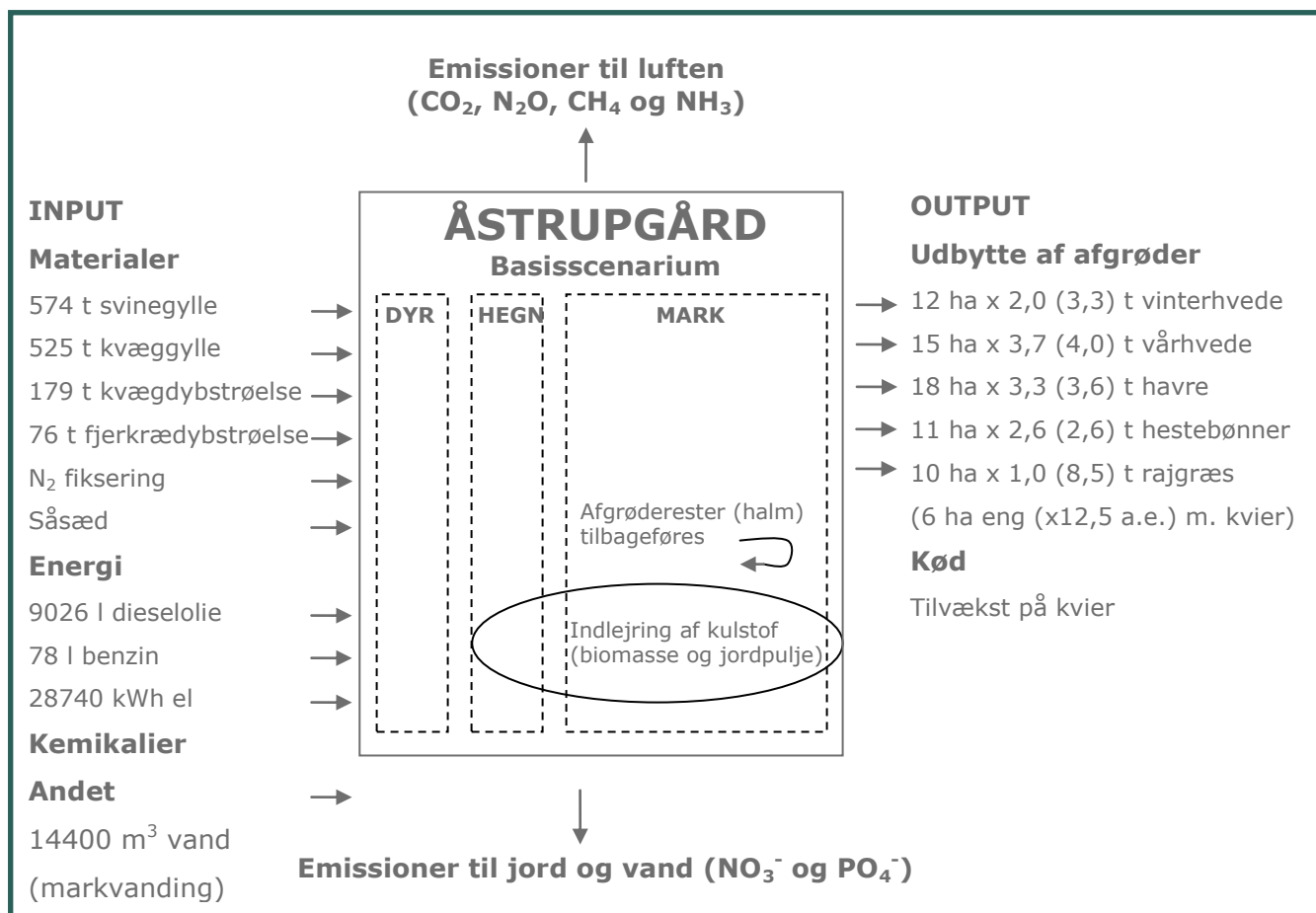
1. Beskrivelse af systemet

Den økologiske planteavlsbedrift Åstrupgård ligger i Østjylland på grov lerblandet sandjord til sandblandet lerjord (JB 3-5). Bedriftens samlede areal er 82,8 ha, hvoraf det dyrkede areal udgør 72,6 ha og 6,2 ha er lagt ud i vedvarende græs. Afgrødefordelingen og gødningstildelingen på Åstrupgård i dyrkningssæsonen 2007 er vist i Tabel 1.

Tabel 1. Dyrkede afgrøder og gødningstildeling på Åstrupgård i 2007.

Afgrøder	Areal (ha)	Forfrugt	Gødningstype	Total N tilført (kg N/ha)
Vinterhvede	12,2	Markært	Svinegylle	120
Vårhvede	15,1	Kløvergræs	Kvæg- og fjærkrædybstrøelse	160
Havre	18,0	Vinterhvede	Kvæggylle	140
Hestebønner	10,8	Havre	-	-
Rajgræs	10,1	Vårtriticale	Svinegylle	140

Klimabelastningen for den økologiske plantebedrift Åstrupgård beregnes ved en livscyklusanalyse (LCA). En LCA er en miljøvurdering, hvor alle delprocesser, der påvirker fremstillingen af enten et specifikt produkt (f.eks. 1 kg hvede) eller som i dette eksempel de delprocesser, der påvirker en bedrifts samlede produktion, inddrages. Det vil i dette eksempel sige, at bidrag fra f.eks. fremstilling af indkøbte hjælpestoffer som husdyrgødning, energi i form af diesel og el indregnes i bedriftens samlede klimabelastning. I denne beregning er der indregnet delprocesser frem til produkterne forlader landbrugsbedriften. Alt hvad der går ind på bedriften i form af materialer, energi, kemikalier og andet tages med i beregninger sammenholdt med det der går ud fra bedriften, i form af afgrøder i dette tilfælde. Ud fra oplysningerne beregnes emissioner til jord, luft og vand og inddrages i beregningerne. I Figur 2 er input, output og emissioner for basisscenariet for bedriften Åstrupgård illustreret. I Bilag, Tabel B1 er bedriftens kvælstofbalance angivet.



Figur 2. Illustration af input, output og emissioner der inddrages i beregningen af klimabelastningen af bedriften Åstrupgård. Tallene er fra 2007, hvorimod udbyttetallene i parentes er gennemsnitlige udbytter, som er opnået på bedriften i perioden 2003 til 2007.

Klimabelastningen beregnes for hele bedriften, som er den funktionelle enhed. Dvs. resultaterne for klimabelastningen angives som kg CO₂-ækvivalenter per bedriften per år. CO₂-ækv. er en fælles enhed for drivhusgasserne kuldioxid (CO₂), lattergas (N₂O) og metan (CH₄), hvor klimaeffekten for CH₄ og CH₄ omregnes til CO₂ med hhv. en faktor 25 og 298, da disse drivhusgasser er langt kraftigere klimagasser end CO₂. For at kunne sammenligne med resultater fra lignende bedrifter angives endvidere resultatet pr ha. Endelig udregnes også klimaaftryk per energienhed i salgsafgrøder (her er valgt FE, selvom de fleste salgsafgrøder ikke anvendes som foder). Da der på denne bedrift indgår en del frøgræssafgrøder med et meget lille output i form af kg eller FE per ha, kan dette tal virke lidt misvisende.

Input til bedriften er dels materialer i form af indkøbt husdyrgødning, kvælstoffiksering og såsæd (Figur 2). Klimabelastningen for indkøbt husdyrgødning tillægges en værdi svarende til klimabelastningen ved at fremstille samme mængde plantetilgængeligt N i kunstgødning. Kvælstoffikseringen bidrager ikke direkte til lattergasemissionen (IPCC, 2006), men påvirker den potentielle udvaskning i form af N-input til kvælstofbalancen, og mængden af kvælstof udvasket har en afledt lattergasemission.

Input af energi består dels af det direkte energiforbrug på bedriften, og dels af det indirekte energiforbrug fra maskinstationens transport og udbringning af husdyrgødning. Dieselforbruget hertil tillægges bedriftens klimabelastning.

Fra afgrødeproduktionen på bedriften sker der en udledning af lattergas (N_2O) fra udbragt husdyrgødning, fra gødning afsat af de græssende kvier, og fra afgrøderester efterladt på marken (både overjordiske og underjordiske rester medtages). Endvidere er der en indirekte udledning af lattergas fra ammoniakfordampningen (Bilag, Tabel B4) og nitratudvaskningen (Bilag, Tabel B1). Beregning af udledningen af lattergas i basisscenariet er vist i Bilag, Tabel B2.

Fra afgrødeproduktionen på bedriften sker der ligeledes en udledning af metan fra det udbragte husdyrgødning og fra gødning afsat af de græssende kvier (Bilag, Tabel B3).

Bedriftens samlede udledning af drivhusgasser skal ses i forhold til den frembragte produktion, her salgsafgrøder. Til dette output lægges endvidere foderforbruget til de græssende kvier.

I denne beregning er der ikke indregnet et bidrag fra ændring af kulstof i jordpuljen, da denne antages at være i ligevægt.

I **basisscenariet** anvendes de gennemsnitlige udbytter opnået i 2003-2007, da udbyttet var ekstraordinært lavt i 2007. Effekten af disse lave udbytter undersøges i en efterfølgende følsomhedsanalyse (tabel 4).

Beregning af klimabelastningen i basisscenariet er stort set baseret på produktionsdata fra 2007, der hovedsaglig fremgår af Grønt regnskab 2007, markplaner og gødningsregnskab for Åstrupgård.

Til bedriften indkøbes 7045 kg total N (svarer til 106 kg N/ha sædskiftejord eller 97 kg N/ha dyrket areal) og bruges markvanding (2007 niveau: 14.400 m³ svarende til 198 m³/ha dyrket).

Kvierne, der afgræsser de vedvarende arealer, regnes som en del af bedriften (dvs. deres udledning af metan og output i form af tilvækst er indregnet og den afsatte gødning regnes som intern post).

2. Klimabelastning fra Åstrupgård

2.1. Klimabelastning og hotspotanalyse af basisscenarium

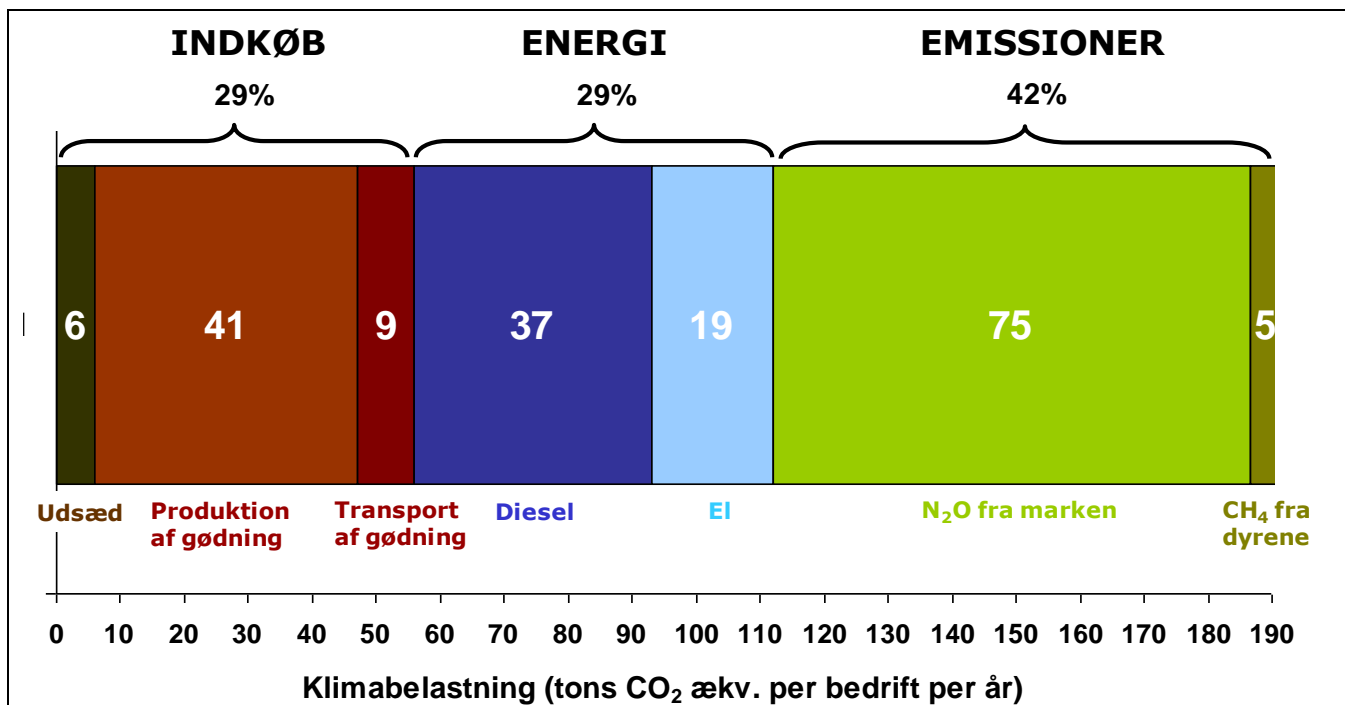
Af Tabel 2 fremgår, at det samlede klimaaftryk fra Åstrupgård som udgangspunkt er 188 t CO₂-ækv. per bedrift per år. Omregnet til klimabelastning per ha dyrket areal giver det 2,6 t CO₂-ækv. per ha per år eller 1,00 kg CO₂-ækv. per FE salgsafgrøde per år (svarer til 0,97 kg hvede). Til sammenligning har 1 kg hvede en klimabelastning på ca. 0,6 kg CO₂-ækv.

Tabel 2. Klimaaftryk for basisscenariet for den samlede planteavlsbedrift (kg CO₂-ækvivalenter).

Scenarie	Basisscenarium (2007 sædskifte, gns. udbytte)
Bedriftens samlede klimabelastning	188.312
Pr. ha dyrket (72, 6 ha)	2592

Pr. ha i alt (82,4 ha) ¹⁾	2287
Pr. FE salgsafgrøde	1,00
Pr. FE i salgsafgrøder og kvietilvækst	0,96

I Figur 3 er vist en oversigt over bedriftens samlede klimabelastning. Som det ses kommer 29% af klimabelastningen fra indkøb af husdyrgødning, 29% fra energiforbruget og 42% fra selve afgrødeproduktionen på bedriften. I Tabel 3 er disse bidrag udspecificeret yderligere, således at man kan se bidraget fra de forskellige klimagasser. For en planteavlsbedrift som Åstrupgård kommer 56% af klimabidraget fra lattergasemissioner, 40% fra CO₂ og kun 3% fra metanemissioner.



Figur 3. Hotspotanalyse af klimabelastningen fra basisscenariet for bedriften Åstrupgård.

Tabel 3. De vigtigste bidrag til klimabelastningen for basisscenariet for bedriften Åstrupgård (kg CO₂ ækv. per bedrift per år). I bidraget fra de forskellige klimagasser angives den procentvise andel i parentes).

	I ALT		Bidrag fra forskellige klimagasser		
	Kg CO ₂ -ækv.	% af total	CO ₂ (kg CO ₂ -ækv)	N ₂ O (kg Co ₂ -ækv)	CH ₄ (kg Co ₂ -ækv)
INDKØB					
Udsæd	6012	3,2	1647 (27%)	4118 (69%)	228 (4%)
Gødning	41.035	21,3	13.377 (33%)	27.617 (67%)	-
Transport af gødning	8.774 ³⁾	4,6	8.309 (95%)	254 (3%)	237 (3%)
ENERGI					
El	18.825 ¹⁾	9,8	18.561 (99%)	4 (0,02%)	264 (1%)
Diesel	35.442 ²⁾	18,4	33.564 (95%)	1.028 (3%)	957 (2%)
Udbringning af gødning	1.811	0,9	1.715 (95%)	53 (3%)	49 (2%)
EMISSIONER på bedriften	76413	41,6	-	74.817 (94%)	4607 (6%)
I alt	188.312		77.174 (40%)	107.891 (56%)	6341 (3%)

- 1) Heraf markvanding 4716 kg CO₂-ækv, korntørring 11.240 kg CO₂-ækv, andet 2869 kg CO₂-ækv.
- 2) Heraf korntørring 16.818, forbrug af diesel i til markbehandlinger 18.320 kg CO₂-ækv
- 3) Dieselforbruget til transport af husdyrgødning er opgjort til 2254 l diesel (0,2 l diesel per ton gødning transporteret 1 km, Dalgaard et al., 2002) – her er ikke indregnet bidrag fra det husdyrgødning som Anders selv transporterer, antaget inkluderet i dieselforbrug mark.

2.2 Følsomhedsanalyse af basisscenarium

I følsomhedsanalysen vises hvor følsomme resultaterne er overfor ændringer i forhold til de værdier der er brugt i basisscenariet.

I) Basisscenariet ændret til det faktiske udbyttensniveau fra 2007 (lavere niveau)

I basisscenariet anvendes de gennemsnitlige udbytter, som er opnået på bedriften i perioden 2003 til 2007, hvis man i stedet anvender det faktiske udbytte opnået i 2007 forbliver bedriftens samlede klimaaftryk uændret 188 ton CO₂-ækv. per bedrift per år (se tabel 4). Ser man på klimaaftrykket pr produceret enhed er det 11% lavere i basis scenariet som følge af, at der alt i alt produceres 21.318 FE mere i salgsafgrøder svarende til 13%. Det højere udbyttensniveau i basis scenariet betyder desuden, at der fraføres mere kvælstof (310 kg N ekstra i forhold til basis med 2007 udbyttensniveau) med afgrøderne, hvorved bedriftens N-overskud reduceres tilsvarende. Da udvaskningen beregnes som differensen mellem overskuddet og de øvrige tabsposter, og disse er uændret, reduceres udvaskning også tilsvarende, og dermed også den lattergasemission forårsaget heraf (reduceres 2,3 kg N₂O-N). Dette opvejes dog af, at lattergasemissionen fra afgrøderester bliver større (øges med 2,9 kg N₂O-N) som følge af de højere udbytter.

II) Basis scenariet uden bidrag til korntørring og alt andet lige (bidrag til tiltag vedr. energi 3.1)

I basis scenariet anvendes 17.160 kWh el (à 0,655 kg CO₂-ækv/kwh) og 4320 l diesel (à 3,893 kg CO₂-ækv/l) til korntørring. Hvis produktionen kan gennemføres uden brug af korntørring ville bedriftens samlede klimabelastning reduceres med 14% (Tabel 4).

Tabel 4. Følsomhedsberegninger for klimaaftrykket for basisscenariet, den samlede plantebedrift (kg CO₂-ækv.)

Scenarie	Basisscenarium (gennemsnitsudbytter)	Basisscenarium (2007- udbytter)	Basisscenarium uden korntørring
Bedriftens samlede klimabelastning	188.312	188.072	161.527
Pr. ha dyrket (72, 6 ha)	2592	2589	2224
Pr. ha i alt (82,4 ha) ¹⁾	2287	2284	1961
Pr. FE salgsafgrøde	1,00	1,14	0,86
Pr. FE i salgsafgrøder og kvietilvækst	0,96	1,08	0,82

3. Tiltag til forbedring af klimabelastningen

På en planteavlsbedrift er der en række virkemidler, der kan tages i brug for at reducere fra klimabelastningen den samlede bedrift og dermed også klimabelastningen for de enkelte produkter, der bli-

ver solgt fra bedriften. Overordnet kan virkemidlerne inddeles i tre hovedemner, nemlig energi, kvælstof og kulstof – der alle på hver deres måde påvirker klimabelastningen fra en bedrift:

1. Energi – reduceret brug af fossil energi og øget energiproduktion
2. Kvælstof – mere effektiv udnyttelse og mindre tab
3. Kulstof – øget binding i jord og biomasse

De tre tiltag beskrives nærmere i de enkelte efterfølgende afsnit.

3.1 Energi – reduceret brug af fossil energi og øget energiproduktion

Energiforbruget på Åstrupgård udgør, som nævnt, ca. 29% af bedriftens totale klimabelastning og går primært til diesel (trækkraft) og elektricitet (markvanding og korntørring) (Figur 3). Klimabelastningen fra energiforbruget kan reduceres ved enten at 1) reducere energiforbruget og/eller 2) benytte vedvarende energi produceret enten på bedriften eller andetsteds.

Energiforbruget kan generelt reduceres ved at vælge afgrøder, der har et lavt energiforbrug, såsom flerårige afgrøder (hvor dieselforbruget til jordbehandling og såning reduceres), afgræssede afgrøder (hvor dieselforbruget til slæt spares), N₂-fikserende afgrøder (hvor energiforbruget til gødning reduceres) eller hårdføre afgrøder (hvor markvanding kan reduceres). Desuden kan reducerede transportafstande og let reduceret jordbearbejdning reducere energiforbruget, hvor det sidstnævnte dog er vanskeligt på økologiske jordbrug i relation til ukrudtsbekæmpelse.

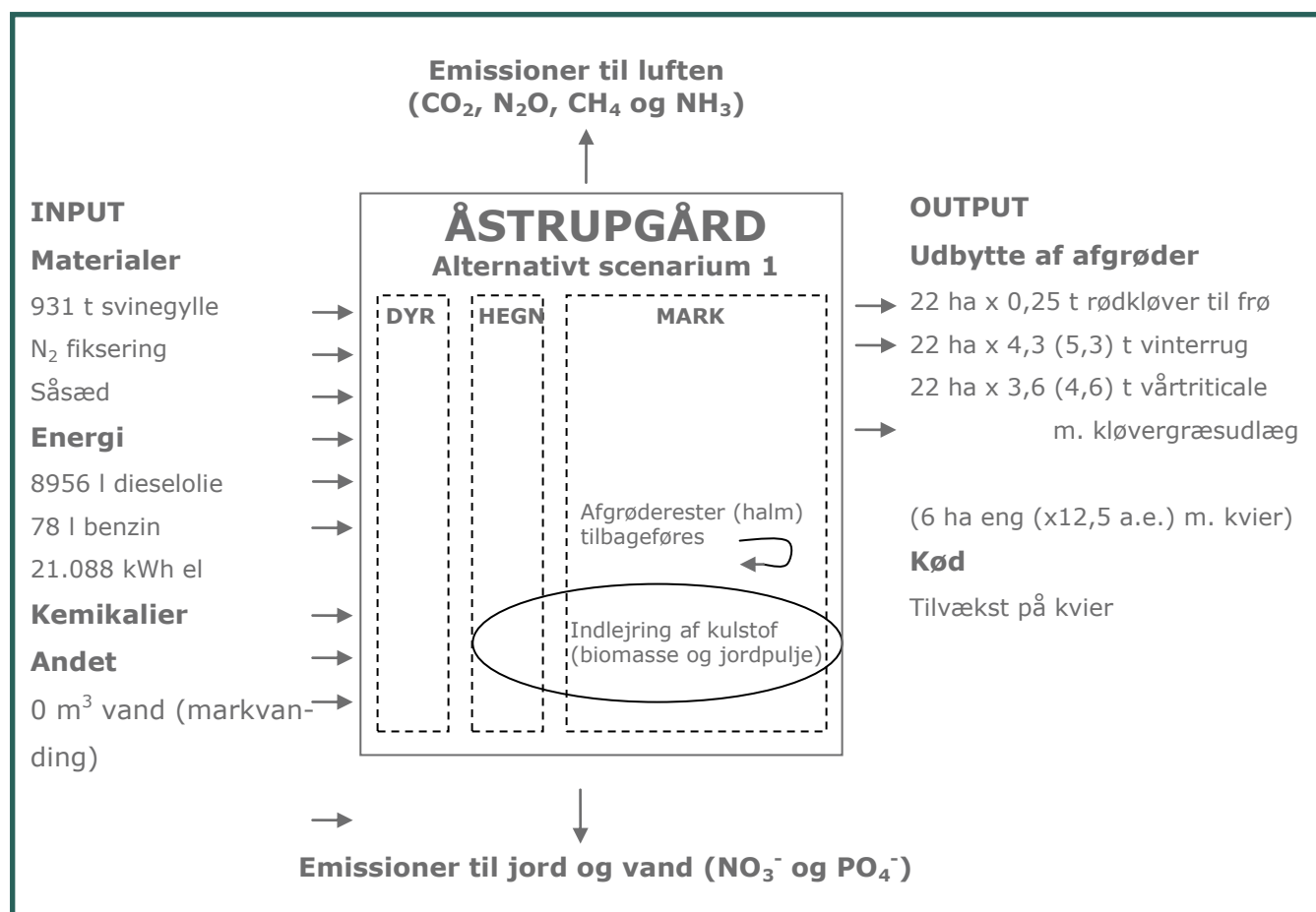
Alternativt kan bedriften søge at blive selvforsynende med energi eller benytte vedvarende energi produceret andetsteds enten via biogasproduktion, rapsolie, vindmøller eller solceller. Her er det dog vigtigt at være opmærksom på, at hvis dyrkningsegne arealer benyttes til energiproduktion og mængden af salgsafgrøder reduceres tilsvarende, så risikerer klimabelastningen at stige per kg solgte produkt.

På Åstrupgård i 2007 har korntørring som tidligere nævnt forøget energiforbruget på bedriften betragteligt. I tabel 3 ses, at korntørring har øget energiforbruget med knap 27 ton CO₂ på bedriften per år, hvilket næsten er en fordobling af det energiforbrug, der kunne have været på bedriften uden korntørring. Risikoen for korntørring øges i afgrøder med udlæg og ukrudt og der kan derfor være større tørringsbehov på økologiske brug. Den faktor der har størst betydning for risikoen for korntørring er dog vækstsæsonen og specielt vejforholdene omkring høst, hvilket er umuligt at styre. Tørringssystemet kan dog have en vis betydning for energiforbruget til korntørring.

3.1.1 Alternativt scenarium 1 (forslået af ejeren selv)

Ejeren af Åstrupgård har selv foreslået et alternativt scenarium med mere hårdføre afgrøder med det formål at reducere energiforbruget på bedriften til markvanding. Effekten af dette tiltag i forhold til basisscenariet er vist i det følgende.

Strategien for det alternative scenarium 1 er at ændre sædskiftet til en 3-marksdrift med afgrøderne: rødkløver til frø, vinterrug med gul sennep som efterafgrøde, vårtriticale med rødkløverudlæg, der kan klare sig uden markvanding. Desuden er indkøbet af husdyrgødning reduceret med 33% og begrænset til kun at være svinegylle (se figur 4).



Figur 4. Flowdiagram der illustrerer de vigtigste input, output og emissioner fra det alternative scenarium 1. Det forventede udbytniveau er angivet for afgrøderne. Tallene i parentes er udbytniveauet for 2009 (10 hkg over gns i korn) ifølge ejeren. Effekten af udbytniveauet undersøges i en følsomhedsberegning.

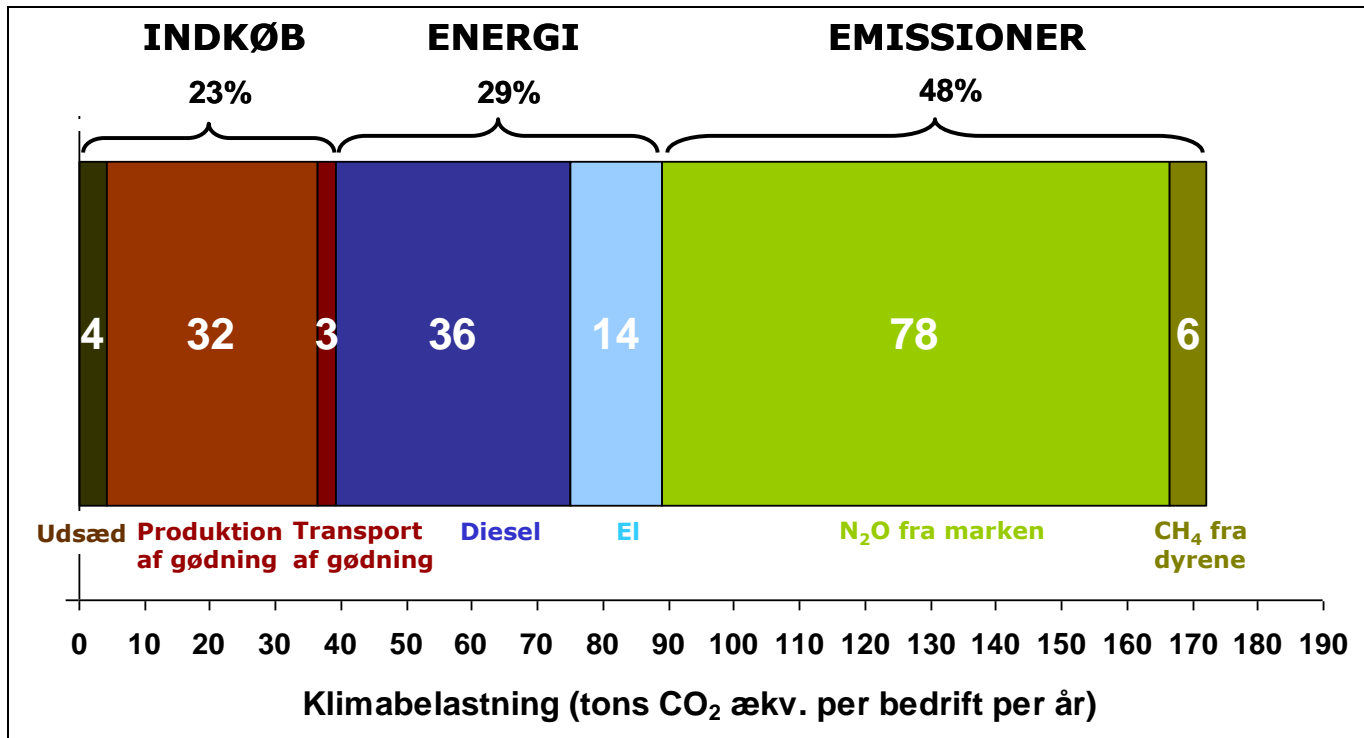
Ændringer i forhold til basisscenarioet alternative scenarium 1:

- Der indkøbes 4704 kg total N (33% mindre end i basis scenariet) (svarer til 71 kg N/ha sædskiftejord eller 65 kg N/ha dyrket) udelukkende svinegylle
- Indkøbt svinegylle antages at komme fra samme afgang som i 2007, dvs. transporteret 3,7 km
- Ingen markvanding, da der i dette sædskifte indgår afgrøder, der er robuste over for perioder med tørke, hvilket ifølge Anders' strategi betyder, at der ikke er behov for vanding).
- I det Alternative scenarium 1 anvendes et udbytniveau svarende til det der forventes opnået som gennemsnit over årene.

Kvælstofbalancen af det alternative scenarium 1 i forhold til basisscenarioet er angivet i Bilag, Tabel B1 og klimabelastningen for det alternative scenarium 1 er vist i Tabel 5 og Figur 5.

Tabel 5. Klimaaftryk for det alternative scenarium 1 for den samlede planteavlsbedrift (kg CO₂-ækvivalenter).

Scenarie	Alternativt scenarium 1 (ændret sædskifte, gns. udbytte)
Bedriftens samlede klimabelastning	168.180 (90%)
Pr. ha dyrket (72,6 ha)	2319
Pr. ha i alt (82,4 ha) ¹⁾	2045
Pr. FE salgsafgrøde	0,94 (95%)
Pr. FE i salgsafgrøder og kvietilvækst	0,90



Figur 5. Hotspotanalyse af klimabelastningen fra det alternative scenarium 1 for bedriften Åstrupgård.

Som det fremgår af tabel 6, så er klimabelastningen reduceret med 11% fra 188 i basisscenariet til 168 t CO₂ per bedrift per år, som følge af det alternative scenarium 1 (foreslået af ejeren selv). Som illustreret i figur 5, skyldes reduktionen primært at el-forbruget er reduceret med 5 t CO₂ per bedrift per år (fra markvanding, tabel 3) og at der indkøbes en mindre mængde kvælstof til bedriften (reduktion på 15 t CO₂ per bedrift per år). Derudover er lattergasemissionen steget med 3 t CO₂ per bedrift per år, grundet flere afgrøderester fra rødkløveren og højere udvaskning. Den højere udvaskning kan primært skyldes at vintersæd, som vinterrug, er dårlige til at udnytte forfrugtsværdien fra rødkløveren, hvor meget kvælstof udvaskes i løbet af efteråret og vinteren. I Tabel 6 udspecificeres bidragene fra de enkelte drivhusgasser i det alternative scenarium 1.

Tabel 6. De vigtigste bidrag til klimabelastningen for det alternative scenarium 1 for bedriften Åstrupgård (kg CO₂ ækv. per bedrift per år). I bidraget fra de forskellige klimagasser angives den procentvise andel i parentes).

	I ALT		Bidrag fra forskellige klimagasser		
	Kg CO ₂ -ækv.	% af total	CO ₂	N ₂ O	CH ₄
			(kg Co2-ækv)	(kg Co2-ækv)	(kg Co2-ækv)
INDKØB					
Udsæd	4.145	2,4	1.136 (27%)	2.839 (69%)	158 (4%)
Gødning	32.175 ¹⁾	18,8	10.489 (33%)	21.654 (67%)	-
Transport af gødning	2.823 ⁴⁾	1,6	2.623 (93%)	82 (3%)	76 (3%)
ENERGI					
El	13.812 ²⁾	8,1	13577 (98%)	28 (0,2%)	193 (1%)
Diesel	34.867 ³⁾	20,6	32391 (93%)	1011 (3%)	941 (3%)
Udbringning af gødning	1088 ⁵⁾	0,6	1011 (93%)	32 (3%)	29 (3%)
EMISSIONER på bedriften	87.966 ⁶⁾	47,9	0	77.515 (94%)	4598 (6%)
I alt	168.180		61.227 (36%)	103.147 (61%)	6.009 (4%)

- Gødningsindkøb i kg N reduceret 33% i Scenarie 1, hvorved der spares 8860 kg CO₂-ækv. – den store effekt af indkøbt husdyrgødning skyldes at det i klimaregnskabet tillægges samme belastning som produktion af kunstgødning, da økologernes forbrug af (konventionelt (evt. skal man skelne her ml øko og konv. indkøbt husdyrgødning??) husdyrgødning forventes at betyde, at der indkøbes mere kunstgødning på en konventionel husdyrbedrift!?
- I scenarium 1 indgår der ikke noget elforbrug til markvanding (=7.200 KW=4716 kg CO₂-ækv i basis scenariet. El bidraget fra korntørring er sat til 378 kw/ha med korn ligesom i basisscenariet.
- Dieselforbruget i scenarium 1 er stort set som i basis.
Bidrag til korntørring på 4199 l diesel (er beregnet ud fra et dieselforbrug på 95 l /ha med korn fra basis scenariet og et kornareal på 44 ha i Scenarium 1).
Dieselforbruget til markbehandlinger er i basis scenariet opgivet til 4706 l i Grønt Regnskab, dette er sammenholdt med de angivne antal markbehandlinger fra Grønt Regnskab og det teoretiske dieselforbrug pr markoperation ifølge Dalgaard et al.. (2002), hvilket giver anledning til en korrektionsfaktor på 1,22. I scenarie 1 er antal markoperationer i de forskellige afgrøder taget dels fra Anders' strategi og dels antagelse om kvikbehandling (harvning og pløjning som opgivet for vår- og vinterhvede i basis) i både vårtriticale og vinterrug!, hertil er brugt det teoretiske dieselforbrug og samme korrektionsfaktor som i basis, og alt i alt ender det på samme niveau (4757 l diesel til markbehandlinger i scenarie 1 versus 4706 l i basis)
- Klimabidraget fra transport af husdyrgødning er reduceret med 5951 kg CO₂-ækv, skyldes dels færre tons transporteret (980 vs 1325 t) og dels den kortere afstand (3,7 km antaget i scenarie 1)
- 0,3 l/ton gylle og 0,6 l/ton dybstrøelse udbragt (Dalgaard & Halberg, 2004 (Føjo rapport 19)) af maskinstation eller afgiver. Klimabidraget er 723 kg CO₂-ækv mindre i scenarie 1 (=3% af den samlede klimareduktion) pga mindre mængde gødning, og mere gylle der har lavere dieselforbrug per ton
- Klimabidraget fra selve produktionen på bedriften er øget med 11.553 kg CO₂-ækv i scenarie 1, hvilket skyldes større lattergasudledning, da metan produktionen fra græssende kvier er antaget uændret og metan bidrag fra udbragt husdyrgødning er minimal (hhv. 9 og 8 kg CH₄ svarende til hhv. 225 og 200 kg CO₂-ækv. i basis og scenarie 1).
Lattergas fra gødning udbragt i marken reduceres 33% som følge af den mindre mængde udbragt i scenarie 1 (svarende til 24 kg N₂O-N = 11.000 kg CO₂-ækv), dette opvejes dog af større indirekte lattergas emission fra større nitratudvaskning i scenarie 1 (8309 versus 4972 kg NO₃-N i basis) (– se N-balance for de 2 scenarier i tabel 6) og større bidrag fra afgrøderester (35,5 kg N₂O-N i scenarie 1 mod 26,7 i basis, her er det især det store bidrag fra et højt N indhold i halmen fra rødkløverfrø (14,5% råprotein mod f.eks. 3,3% råprotein i hvedehalm), der gør forskellen.

3.1.2 Følsomhedsanalyse af alternativt scenarium 1

1) Scenarie 1 med højere kornudbytter (som opnået i 2009)

I scenarie 1 anvendes det udbyttensniveau, der forventes at kunne opnås i med det ændrede sædskifte (fremgår af figur 4). Hvis man i stedet anvender de kornudbytter, der blev opnået på bedriften i 2009 ifølge ejeren (se figur 4) forbliver bedriftens samlede klimaaftryk stort set uændret med 166 ton CO₂-ækv. per bedrift per år (se tabel 7). Det højere udbyttensniveau betyder, at der fraføres mere kvælstof

(592 kg N ekstra i forhold til scenarie 1) med afgrøderne, hvorved bedriftens N-overskud reduceres tilsvarende. Da udvaskningen beregnes som differencen mellem overskuddet og de øvrige tabsposter, og disse er uændret, reduceres udvaskning også tilsvarende, og dermed også den lattergasemission forårsaget heraf (reduceres 4,4 kg N₂O-N). Dette opvejes dog af, at lattergasemissionen fra afgrøderne bliver større (øges med 4,7 kg N₂O-N) som følge af de højere udbytter. For bedriftens samlede klimaaftryk er der ingen fordel af det højere udbyttensniveau, men ser man på klimaaftrykket pr produceret enhed bliver dette 20% lavere som følge af højere udbytter (se tabel 7). Alt i alt produceres der 44.423 FE mere i salgsafgrøder svarende til 25%.

Tabel 7. Følsomhedsberegninger for klimaaftrykket for scenarium 1 for den samlede plantebedrifts udledning af kg CO₂-ækv. (kg CO₂ ækv. per bedrift per år).

Scenarie	Alternativt scenarium 1	Alternativt scenarium 1 m. høje udbytter som i 2009
Bedriftens samlede klimabelastning	168.180	166.063 (100%)
Pr. ha dyrket (72, 6 ha)	2319	2290
Pr. ha i alt (82,4 ha) ¹⁾	2045	2020
Pr. FE salgsafgrøde	0,94	0,74 (79%)
Pr. FE i salgsafgrøder og kvietilvækst	0,90	0,72 (80%)

3.2 Kvælstof – mere effektiv udnyttelse og mindre tab

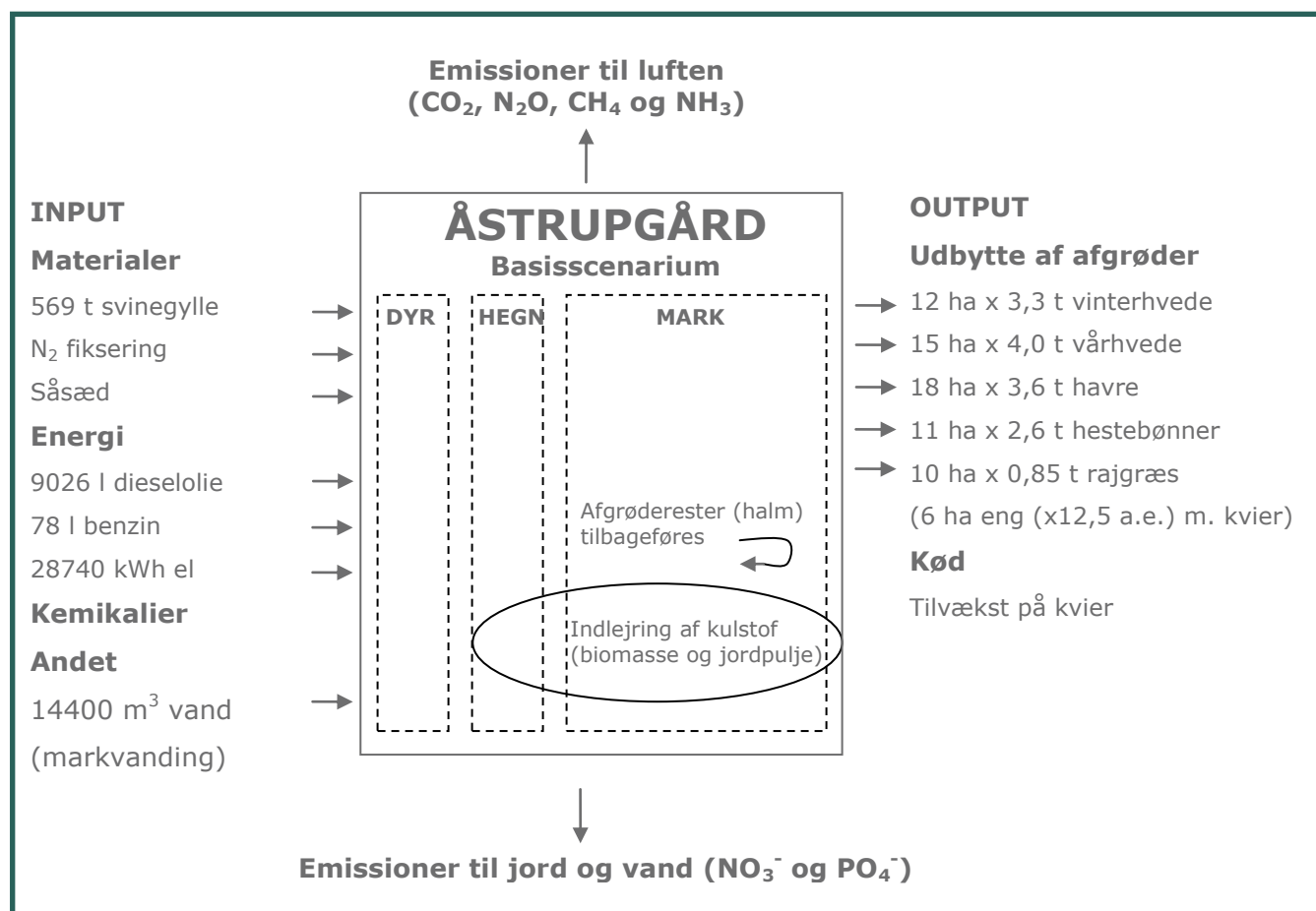
Reduktion af det direkte energiforbrug på bedriften er dog ikke det eneste, der kan reducere klimabelastningen fra bedriften, da CO₂ ikke er den eneste gas, der bidrager til global opvarmning. Kvælstof-forbruget, -omsætningen og -tabet på bedriften påvirker også i høj grad bedriftens klimabelastning, idet kvælstof kan omdannes til drivhusgassen lattergas, N₂O, der er en 298 gange mere potent drivhusgas end CO₂. Jo mere kvælstof der cirkulerer på bedriften og jo større tabet er, jo større er den potentielle udledning af N₂O. Jo mere kvælstof der kan omdannes til udbytte, f.eks. ved hjælp af effektive efterafgrøder, jo mindre bliver klimabelastningen per kg af de solgte produkter. En mere effektiv udnyttelse af kvælstof på bedriften påvirker derfor automatisk klimabelastningen for bedriften og for de solgte afgrøder. Der er desuden som tidligere beskrevet sat en klimabelastning på produktionen af husdyrgødning, i det det har en gødningsværdi og derfor ikke bør være gratis. Ved reduktion af indkøb af husdyrgødning, reduceres denne post til produktion af husdyrgødning ligeledes. På Åstrupgård kommer ca. 26% af klimabelastningen fra produktionen af gødning og 39% fra udledning af N₂O. Der er derfor meget at hente, hvis indkøbet af kvælstof til bedriften minimeres (uden at det går ud over udbytterne) og udnyttelsen og tabet af kvælstof optimeres.

På Åstrupgård er der allerede godt besat med efterafgrøder i basisscenariet, der kan medvirke til en effektiv udnyttelse af kvælstoffet, hvor den størst mulige mængde kvælstof omdannes til udbytter. Der er kun to pladser til efterafgrøder efter vårhvede – og disse er sandsynligvis forbeholdt kvikbekæmpelse. Med kvikbekæmpelsen opstår et dilemma, idet dette skaber et "hul", hvor meget kvælstof kan tabes, hvilket bidrager til lavere udbytter og større udvaskning og dermed også højere klimabelastning. Hvis det på nogle måder er muligt at reducere denne kvikbekæmpelse ville dette kunne reducere klimabelastningen.

Hvis man ser på kvælstofbalancen for basisscenariet, er der et overskud på 82 kg kvælstof og en estimeret udvaskning på 68 kg N/ha. Hvis N-effektiviteten kunne optimeres og kvælstofindkøbet til bedriften minimeres ville klimabelastningen falde betragteligt. I et alternativt scenarium 2 i det efterfølgende illustreres således effekten på klimabelastningen af at reducere kvælstofindkøbet til bedriften til et minimum, hvorved N-cirkulationen på bedriften og N-tabet minimeres.

3.2.1 Alternativt scenarium 2

I scenarium 2 reduceres indkøbt mængde husdyrgødning i forhold til mængden i basissceneriet med 58%. Hestebønner og afgrøder, der kommer efter kløvergræs gødes ikke og øvrige afgrøder tildes en mindre mængde kvælstof svarende til det niveau, der er anvendt i de økologiske afgrødekalkuler (71 kg total N/ha fra 14 ton konventionel svinegylle). Samtidig ændring gødningstypen til udelukkende at bestå af gylle, hvor kvælstoffet har den højeste planteudnyttelse (Figur 6). I scenarium 2 antages det således at være agronomisk muligt at reducere tilført gødningsmængden samtidig med, at udbyttetiveauet fastholdes.



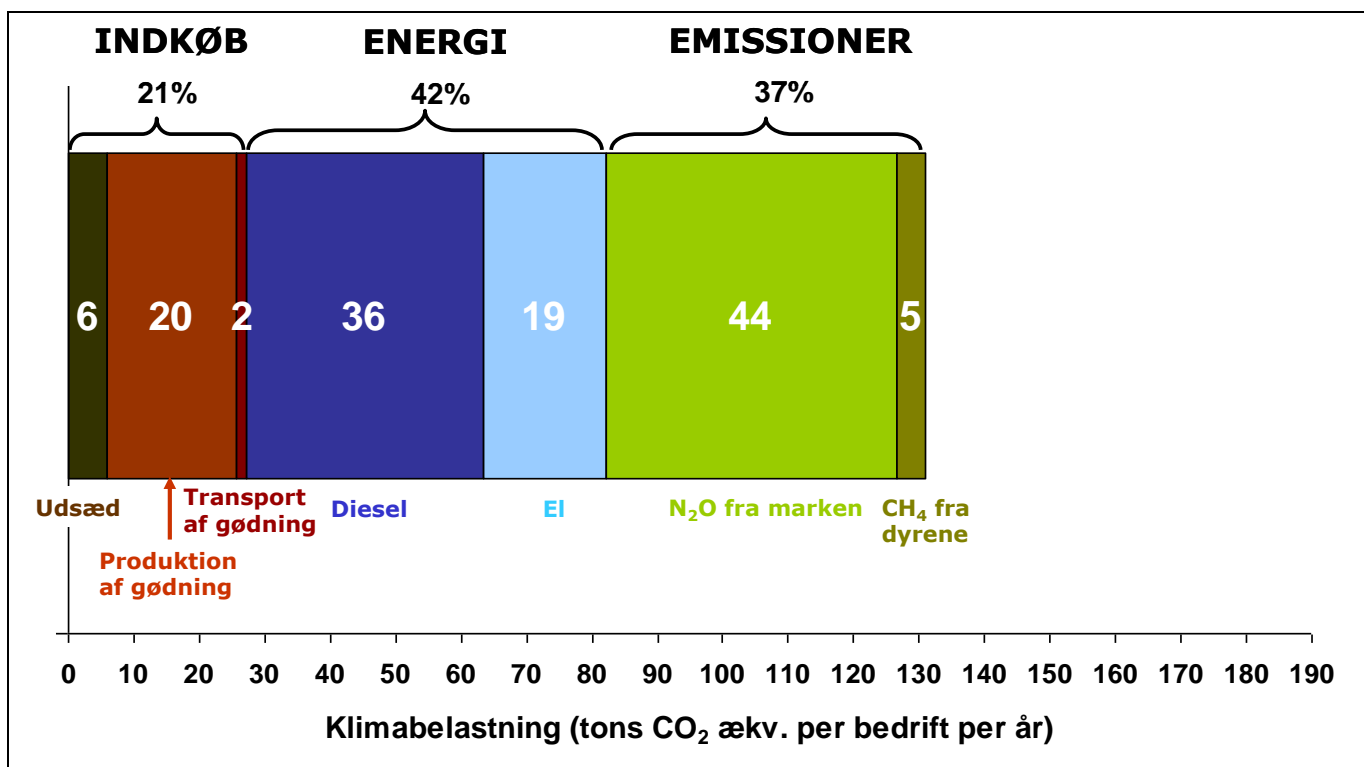
Figur 6. Flowdiagram der illustrerer de vigtigste input, output og emissioner fra det alternative scenarium. Som i basissceneriet anvendes de gennemsnitlige udbytter, idet udbyttet var ekstraordinært lavt i 2007.

Resultatet af scenarie 2 for klimabelastningen for Åstrupgård ses i Tabel 8 og Figur 7. Den reducerede gødningstildeling i scenarie 2 reducerer bedriftens klimabelastning med 31%, fra 188 til 127 ton CO₂-ækv. per bedrift per år (Tabel 8). I scenarie 2 er klimaaftrykket pr. ha kun 1750 kg CO₂-ækv. eller 0,67 kg CO₂-ækv. pr. FE salgsafgrøde.

Tabel 8. Klimaaftryk for det alternative scenarium 2 for den samlede planteavlsbedrift (kg CO₂-ækvivalenter).

Scenarie	Basis (2007 sædskifte, gns. udbytte)	Scenarie 2 (reduceret input af N)
Bedriftens samlede klimabelastning	188.312	127.132 (69%)
Pr. ha dyrket (72, 6 ha)	2592	1750 (69%)
Pr. ha i alt (82,4 ha) ¹⁾	2287	1544 (69%)
Pr. FE salgsafgrøde	1,00	0,67 (69%)
Pr. FE i salgsafgrøder og kvietilvækst	0,96	0,65 (69%)

Den opnåede reduktion i bedriftens i klimaaftryk skyldes en betydelig reduktion i bidraget fra to vigtige poster, dels indkøbt husdyrgødning, der udgør 21% af bedriftens samlede klimaaftryk i basisscena-riet og dels lattergasemissioner fra afgrødedyrkningen, der udgør 39% af bedriftens samlede klimaaf-tryk i basisscena-riet (Figur 7 og Tabel 9) .



Figur 7. Hotspotanalyse af klimabelastningen fra det alternative scenarium 2 for bedriften Åstrupgård.

I Tabel 9 udspecificeres reduktionen fra basisscena-riet til scenarium 2 i relation til de vigtigste input og emissioner.

Tabel 9. Ændringer i bidrag til klimaeffekten for scenarie 2 saml. med basis (kg CO₂ ækv. per bedrift per år).

	Basis		Scenarie 2	
	Kg CO ₂ -ækv.	(100%)	(% af basis)	
INDKØB				
Gødning	41.035		19.644	(48%)
Transport af gødning	8.774		1.638	(19%) ¹
ENERGI				
Udbringning af gødning	1.811		664	(37%)
	74.725		44.242	(59%)
EMISSIONER fra N₂O, heraf				
-N ₂ O-N fra nitratudvaskning	17.467		6931	(54%)
-N ₂ O-N fra gødn. udbringning	33.014		13.440	(41%)
I alt	188.312		127.132	(69%)

1) svinegylle transporteres kun 4 km som i basis

Det reducerede bidrag fra indkøbt husdyrgødning skyldes, at husdyrgødning mht. klimaaftryk tillægges samme klimaaftryk som tilsvarende mængde plantetilgængeligt N fra kunstgødning. Det reducerede bidrag fra lattergasemissioner skyldes dels en direkte reduktion i lattergasemissionen som følge af den mindre mængde kvælstof udbragt, og dels en indirekte effekt som følge af mindre nitratudvaskning. I scenarium 2 reduceres bedriftens kvælstofoverskud med 57 kg N/ha, idet input i form af husdyrgødning er reduceret tilsvarende og output af N fra bedriften opretholdt. Der frigives dog mere N (og CO₂) fra jorden som følge af den mindre mængde gødning tilført og ændring af gødningstype fra en blanding af gylle og dybstrøelse i basis scenariet til udelukkende at bestå af gylle i scenarium 2. Alt i alt reduceres den potentielle udvaskning dog fra 68 til 27 kg N/ha/år (Tabel 10).

Tabel 10. Bedriftens kvælstofbalance – ændringer som følge af reduceret gødningsmængde i scenarium 2.

Bedrifts N-balance	Basis		Scenarie 2	
	Kg N/ha	Kg N i alt	Kg N/ha	Kg N i alt
INPUT				
Indkøbt husdyrgødning	<i>Pr ha dyrket</i>		<i>Pr ha dyrket</i>	
svinegylle, slagtesvin		2899		2872
kvæggylle, øko		1838		
Dybstrøelse kvæg, øko		780		
Dybstrøelse fjerkræ, kyllinger		1528		
I alt (pr ha dyrket)	97	7045	40	2872
Input i alt (pr ha dyrket)	134	9.757	77	5584
Output i alt	53	3825	34	2437
Bedriftens N-balance	82	5931	43	1759
Fordeling af overskud	Kg N/ha	Kg N i alt	Kg N/ha	Kg N i alt
Ændring i Jordpulje ²⁾	-4		-16	-2325
Udvaskning (NO₃-N) ³⁾	68		27	
heraf tabt som N ₂ O-N		37,3		14,8

3.3.3 Kulstof – øget binding i jord og biomasse

Den forøgede mængde CO₂ i atmosfæren kan modvirkes ved at binde noget kulstof. Dette kan gøres på bedriften, hvorved det modregnes positivt i bedriftens klimabelastning. Binding af kulstof på bedriften kan ske enten i jorden eller den overjordiske biomasse. Binding af kulstof i jord kan stimuleres primært ved nedmuldning af afgrøderester, brug af husdyrgødning (især dybstrøelse), flerårige græsmarker og brug af efterafgrøder. Mange af disse tiltag er allerede effektueret på Åstrupgård. I de alternative scenarier 1 og 2 er bindingen af kulstof på bedriften dog ikke optimal, hvilket blandt andet skyldes at dybstrøelsen erstattes med gylle.

En alternativ måde at binde kulstof på bedriften er at plante flere blivende hegn og træer, for på den måde at binde kulstof i biomasse.

4. Konklusion

Planteavlsbedriften Åstrupgård har en total klimabelastning på 188 tons CO₂-ækvivalenter per år, hvilket svarer til 1 kg per FE salgsafgrøde. 29% af klimabelastningen fra bedriften stammer fra produktion og transport af input i form af husdyrgødning og udsæd, 29% stammer fra det direkte energiforbrug på bedriften til primært trækraft, vanding og korntørring, hvorimod 42% af klimabelastningen stammer fra direkte emissioner af lattergas (N₂O) og metan (CH₄). Det direkte energiforbrug har været højt pga. korntørring i referenceåret. En følsomhedsanalyse illustrerer at klimabelastningen for bedriften uden korntørring ville være 14% lavere. Følsomhedsanalysen illustrerer desuden hvordan lavere udbytter øger klimabelastningen per FE af de solgte produkter.

Klimabelastningen kan generelt reduceres på bedriften ved tre hovedfokusområder: 1) Energi – reduceret brug af fossil energi og øget energiproduktion, 2) Kvælstof – mere effektiv udnyttelse og mindre tab og 3) Kulstof – øget binding i jord og biomasse.

Med hensyn til reduceret energiforbrug på bedriften, har ejeren selv foreslået et alternativt scenarium 1. I dette scenarium skæres energiforbruget til markvanding væk, ved at vælge mere tørkoresistente afgrøder og kvælstofindkøbet til bedriften reduceres samtidig. Dette tiltag reducerer klimabelastningen for bedriften med 11%. Ligeledes har korntørring, som tidligere nævnt en stor effekt på energiforbruget.

Med hensyn til en mere effektiv udnyttelse og mindre tab af kvælstof, er effekten på klimabelastningen illustreret i et scenarium, hvor kvælstofindkøbet til bedriften er reduceret til et minimum. Dette tiltag reducerer klimabelastningen betragteligt på bedriften med 32%.

BILAG

Tabel B1. Bedriften Åstrupgårds kvælstofbalance i basisscenariet og scenarie 1.

Bedrifts N-balance	Basis		Scenarie 1	
Sædskifteareal, ha	66,4		66,4	
Dyrkede areal, ha	72,6		72,6	
INPUT	Kg N/ha	Kg N i alt	Kg N/ha	Kg N i alt
Indkøb				
Foder				
Halm				
Udsæd		208		84
Fixering				
	<i>Pr. ha med afgrøden</i>		<i>Pr. ha med afgrøden</i>	
Lupin				
Ært				
hestebønner	124	1.340		
Rødkløver til frø			200	4420
kl græs slæt				
vedv græs	12	74	12	74
Udlæg	25		25	553
efterafgrøde	10		10	
I alt (pr ha dyrket)	19	1414	70	5047
Indkøbt husdyrgødning				
	<i>Pr ha dyrket</i>		<i>Pr ha dyrket</i>	
svinegylle, slagtesvin		2899		4704
kvæggylle, øko		1838		
Dybstrøelse kvæg, øko		780		
Dybstrøelse fjerkræ, kyllinger		1528		
I alt (pr ha dyrket)	97	7045	65	4704
Atmosf. deposition, nedbør				
I alt (pr ha dyrket)	15	1089	15	1089
Input i alt (pr ha dyrket)	134	9.757	151	10.922
OUTPUT	Kg N/ha	Kg N i alt	Kg N/ha	Kg N i alt
Salgsafgrøder				
	<i>Pr. ha med afgrøden</i>		<i>Pr. ha med afgrøden</i>	
vinterhvede	50	609		
hestebønner	108	1166		
vårhvede	61	927		
Havre	49	881		
alm. Rajgræs, frø	18	186		
rødkløver, frø			5,4	119,5
vårtritikale m kl udlæg			50,5	1116,1
vinterrug			54,4	1201,3
I alt (pr. ha dyrket)	52	3770	34	2437
Mælk				
Kød - tilvækst		55		55
Solgt husdyrgødning				
Dyr				

Halm

Output i alt	53	3825	34	2437
Bedriftens N-balance	82	5931	117	8485
Fordeling af overskud	Kg N/ha	Kg N i alt	Kg N/ha	Kg N i alt
Ammoniakfordampning		<i>kg NH3-N</i>		<i>kg NH3-N</i>
stald, HG				
lager, HG				
udbringning af HG	7,1	514	4,7	343
afgræsning, HG	0,4	32	0,0	0
afgrøder (kunstgødning)	1,7	121	1,9	136
I alt Ammoniakfordampn.		667		479
Heraf tabt som N ₂ O-N		6,7		5
Amm. Fordampning (efter N ₂ O-N tab)	9,1	660	6,5	474
Denitrifikation ¹⁾	8,3	605	9,1	663
Ændring i Jordpulje ²⁾	-4		-14	-928
Udvaskning (NO₃-N) ³⁾	68	4972	115	8309
heraf tabt som N ₂ O-N		37,7		62

1) Beregnet vha. SimDen

2) Beregnet med B.M. Pedersens nye C-tool model (2009) tilpasset økologi (kulstofskolen) – dvs. at der frigives 4 kg N/ha/år i basis scenariet mod 14 kg N/ha/år i scenarie 1. Samtidig frigives 50 kg C svarende til 183 kg CO₂ pr. ha, hvilket øger klimabelastningen pr FE i salgsafgrøde med +0,07 kg CO₂-ækv.

3) Beregnet som differens, N overskud minus øvrige tabsposter

Tabel B2. Beregning af lattergas emission – Basis scenarie.

Lattergas (N₂O) emission:				
Gødningshåndtering	kg N ₂ O-N	Emissions faktor	N mængde, kg	Kildefaktor
Afgræsning				
Fra gødning afsat under afgræsning	9,2	0,02	458 kg N i gødning afsat på græs	
Stalden				
Fra gødning afsat i stalden	0	0,002	0 kg N i gødning afsat i stalden	
Lager				
Fra gødning overført til lager	0	0,005	00 kg N i gødning overført til lager	
Udbringning i marken				
Husdyrgødning udbragt	70,5	0,01	7045 kg N i gødning udbragt på marken	
Afgrøderester				
Fra afgrøderester	29,6	0,01	2956 kg N i afgrøderester	IPPC 2006
<i>Indirekte lattergas emission</i>				
Fra ammoniakfordampning	6,7	0,01	667 kg NH ₃ -N tabt	
Fra nitratudvaskning	37,3	0,0075	4972 kg NO ₃ -N udvasket	
Samlede lattergasemission	153			

Tabel B3. Beregning af metanemission – basisscenarie for Åstrupgård.**Metan (CH₄) emission:**

Gødningshåndtering	kg CH₄	Emissions faktor	Mængde	Kilde faktor
Afgræsning				
Gødning afsat under afgræsning	7,0	0,0011	6380 kg DM gødning afsat på græs	IPCC 2006
Stalden				
Fra gødning afsat i stalden	0	0,003144	0 kg DM gødning afsat i stalden	
Lager				
Fra gødning overført til lager	0,0	0,0105	0 kg DM gødning overført til lager	
Udbringning i marken				
Fra husdyrgødning udbragt	1,8	0,0013	1403 m ³ gødning udbragt på marken	
Enteric fermentation	179	0,06	9005 kg TS indtag	*18,45 MJ/kg DM
Samlet metan (CH₄) emission:	188,0			

Tabel B4. Beregning af ammoniakfordampning – basisscenarie for Åstrupgård.

Ammoniakfordampning	kg NH ₃ -N	Emissions faktor	Mængde
Stald, HG	0	0,062	kg NH ₃ -N/kg HG_N afsat i stalden
Lager, HG	0	0,065	kg NH ₃ -N/kg HG_N overført til lager
Udbringning af HG	514	0,073	kg NH ₃ -N/kg HG_N udbragt på marken
Afgræsning, HG	32	0,07	kg NH ₃ -N/kg HG_N afsat på græs
Afgrøder (Kunstgødning)	120	2 hhv. 0,5	kg NH ₃ -N/ha
	0	0,03	kg NH ₃ -N/kg N udbragt
I alt Ammoniakfordampn.	667		
Heraf tabt som N ₂ O-N	6	0,01	andel af NH ₃ -N tabt som N ₂ O-N
Amm. fordampning efter N₂O-N tab	660		