



På vej mod klimaneutral produktion af økologisk havregryn

Studie fra projekt Zero-Emission Food Chain – The case of Ryebread and Oats – “Zero”.





Udgivet af

Innovationscenter for Økologisk Landbrug
Agro Food Park 26
8200 Aarhus N
+45 78780120
info@icoel.dk

Forfattere

Majken Husted, Innovationscenter for Økologisk Landbrug
Erik Fog, Innovationscenter for Økologisk Landbrug

Fagfællebedømmelse

Andreas Jensen, SEGES Innovation
Benita Hyldgaard, SEGES Innovation
Julie Cherono Schmidt Henriksen, Innovationscenter for Økologisk Landbrug

Finansiering

Grønt Udviklings og Demonstrationsprogram.
Planteafgiftsfonden.

Udarbejdelse af rapporten

Forfatterne har i forbindelse med udarbejdelse af rapporten indhentet viden fra en række vidensinstitutioner og virksomheder.

Citeres som

Husted, M. 2025. På vej mod klimaneutral produktion af økologisk havregryn. Studie fra projekt Zero-Emission Food Chain – The case of Ryebread and Oats – “Zero”. 16 sider.
Innovationscenter for Økologisk Landbrug.

Henvendelser vedr. rapporten

Majken Husted, majh@icoel.dk

Forsidefoto

Tomas Fibiger Nørfelt



Sammendrag

I projekt Zero er der dyrket konventionel havre med anvendelse af en nitrifikationshæmmer, og halmen er efterfølgende blevet pyrolyseret til biokul. Denne proces bidrager både til lagring af kulstof og til produktion af pyrolysegas. Ideelt set skal biokulproduktionen kompensere for de emissioner, der opstår i hele værdikæden. I projektet lykkedes det at reducere nettoemissionen med 70 %.

I denne rapport beskrives, hvordan erfaringerne fra det konventionelle system kan inspirere til lignende klimainitiativer i økologisk dyrkning, samt afklarer de metodiske udfordringer der opstår, når man beregner klimabelastningen for et økologisk sædskifte.

I det beregnede økologiske scenarie for havredyrkning er marken gødet med gylle, og halmen er, ligesom i den konventionelle case, pyrolyseret til biokul. For at undersøge mulige klimaforbedringer i økologisk dyrkning er der analyseret to varianter: én, hvor en del af gyllen erstattes af kød- og benmel, som i forsøg har vist lavere risiko for dannelse af lattergas, og en anden, hvor der tilsættes en naturlig nitrifikationshæmmer til gyllen.

De økologiske scenarier, der kan sammenlignes direkte med den konventionelle case, viste alle en lidt højere nettoemission pr. produceret enhed. Udskiftning af gylle med kød- og benmel øgede emissionen en smule – muligvis fordi beregningsmetoden ikke fuldt ud kan afspejle de reelle effekter. Beregningen for tilsætning af naturlig nitrifikationshæmmer viste en reduceret emission, men kunne ikke bringe den ned på niveau med den konventionelle case.

Rapporten peger derfor på andre tiltag, der forventes at kunne opnå større reduktioner i emissionerne fra økologisk produktion. Det gælder især dyrkning af havre efter kløvergræs, hvor brug af gylle helt kan undgås, eller hvor gyllen kan erstattes af en effektiv flydende nitratgødning, som er under udvikling på basis af afgasset biomasse. Disse tiltag kan dog ikke indregnes i det valgte metodegrundlag.

Introduktion

Der er behov for at dansk landbrug og fødevarerindustri tager nye initiativer i den grønne omstilling og viser vejen frem mod klimaneutralitet. I dag kan forbrugere købe fødevarer som anpriseres som klimaneutrale ved brug af klimakompensation, og som dermed køber sig til et netto nul via reduktioner andre steder. Derved forbliver udledningen fra fødevarens værdikæde på samme niveau som hidtil.

I projekt Zero (Zero-Emission Food Chain – The case of Ryebread and Oats) har der været arbejdet med at afklare og dokumentere, hvordan dansk produceret rugbrød og havregryn kan dyrkes og processeres, så den samlede værdikæde bliver klimaneutral.

Der er gennemført en konkret produktion af konventionelt dyrket rug og havre og efterfølgende processering til rugbrød og havregryn. Dyrkningen var organiseret af SEGES Innovation i samarbejde med rådgivningsvirksomheden Fjordland; mens Valsemøllen af 1899 A/S stod for produktionen af havregryn og Kohberg Bakery Group A/S skulle stå for fremstilling af rugbrød.

Øvrige partnere i projektet var Innovationscenter for Økologisk Landbrug, Aarhus Universitet, Bureau Veritas, Stiesdal SkyClean A/S, BASF A/S, Coop Danmark A/S og Skovgaard Energy ApS.

For at opnå klimaneutralitet ville man mindske udledningerne af drivhusgas via gødskning med grøn ammoniak og tilsætning af nitrifikationshæmmere, og lagre kulstof ved at pyrolysere halmen til biokul og tilbageføre den til marken. Det lykkedes dog ikke at anvende "grøn ammoniak", dvs. kvælstofgødning fremstillet ved hjælp af vedvarende energi.

Ved hjælp af Life Cycle Assessment (LCA) er drivhusgasudledningerne og kulstofbindingen beregnet igennem hele proceskæden fra produktion af gødning og sprøjtemidler til de færdige produkter ligger i butikken. Der er regnet efter de procedurer der er fastlagt i EU for Product Environmental Footprint [4,6].



Hypotesen var, at ved at omdanne halmen til biokul fra det korn, der er brugt til at fremstille henholdsvis rugbrød og havregryn, så lagrer man en mængde CO₂, der ellers ville komme op i atmosfæren, når halmen omsættes i jorden. Ved at fraregne det bundne kulstof i biokullet og fortrængning af fossil energi fra pyrolysegas, skulle det kunne kompensere for de emissioner som de øvrige processer genererer, og derved kan en klimaneutral værdikæde opnås.

Det viste sig ikke muligt at nå en fuldstændig udligning af udledninger via kulstoflagring med biokul. Beregningerne viste, at emissionerne kunne begrænses med ca. 70 % i forhold til almindelig dyrkning af havre og fremstilling af havregryn. For rug og rugbrød lykkedes det ikke at gennemføre en fuld beregning efter PEF-metoden.

Der er ikke gennemført tilsvarende dyrkningsforsøg i projektet med økologisk rug og havre; men ud fra økologisk dyrkningspraksis for havre, data fra landsforsøg og standard-kalkuler for tilførsel af gødning er der formuleret en række scenarier for dyrkningspraksis, der matcher de konventionelle dyrkningssystemer, der er testet i projektet.

Beregningerne for de økologiske scenarier er lavet for at vurdere, om økologisk dyrkningspraksis vil være i stand til at levere havre, der er på niveau med, større eller mindre end den nettoemission, der er beregnet for det konventionelle klimavenlige system.

I denne rapport er der redegjort for beregningerne for de økologiske scenarier sammenholdt med resultaterne for det konventionelle koncept, og der er peget på, hvor den økologiske dyrkning vil kunne optimeres i forhold til at mindske klimabelastningen.

Materialer og metoder

Beregning af emissionerne for den konventionelle case og de økologiske scenarier er udført af SEGES Innovation. Den anvendte beregningsmetode er baseret på livscyklusanalyse (LCA) og følger EU-retningslinjerne for Product Environmental Footprint (PEF) [6] og er nærmere beskrevet i projektrapport fra SEGES Innovation [4].

Metoden består af følgende trin:

- 1) Målsætning og afgrænsning af systemet, der undersøges. I dette tilfælde er det at bestemme PEF-værdien af valsede havregryn og systemet medtager produktionen af input til dyrkningen (gødning, sprøjtemidler, diesel osv.), selve dyrkningen, transport af kornet, valse på møllen, transport af færdige havregryn, energi i butikken, energiforbrug hos forbruger (kogning af havregrød, og bortskaffelse af emballage),
- 2) Indsamling af data til beregninger. Dels primære data fra landbruget, der dyrkede havren og fra møllen, der skulle valse grynene. Dels sekundære data fra rapporter og databaser f.eks. for belastning fra gødning, pesticider, diesel og energi.
- 3) Beregning af PEF-værdier for klima- og miljøbelastning. Der benyttes metoden Life Cycle Impact Assessment, og der er brugt beregningsværktøjet SimaPro 9.6.0.1.
Da der endnu ikke er officielle standarder for beregning af biokuls klimaeffekter, er denne del ikke medtaget i basisberegningen, men medtaget i en efterfølgende scenarieberegning.
- 4) Sidste trin i analysen er en standardiseret analyse og rapportering af resultaterne [4]. Her præsenteres og kommenteres de beregnede værdier for basisberegning og scenarier (alternativer).

Der er i nærværende rapport om de økologiske scenarier regnet på emissionerne fra hele værdikæden. Men det er kun ændringerne i emissionerne i markdriften der er beskrevet nærmere, da emissioner fra transport og forarbejdning til havregryn forventes at være det samme for konventionel og økologisk produktion.

Udledninger fra henholdsvis konventionel og økologisk havredyrkning beregnes på basis af dyrkningsdata som gødskning, udbytte mv.



I tabel 1 er beskrevet de vigtigste dyrkningsdata for den konventionelle havredyrkning og for et økologiske basisscenarie (scenarie 1.1 i tabel 3).

Tabel 1: Udbytte og input til konventionel og økologiske havredyrkning.

	Konventionel havredyrkning ¹⁾	Økologisk havredyrkning ²⁾
Havreudbytte, kg FM/ha	6.522	4.404
Halmudbytte, kg FM/ha ³⁾	2.673	2.642 (1.762)
Udsæd, kg/ha	140	200
Handelsgødning, kg total N/ha	114	
Gylle, kg total N/ha		120
Brug af plantebeskyttelsesmidler	X	
Mekanisk ukrudtskontrol		X
Tilsat nitrifikationshæmmer	X	

1) Som det er gennemført i projektet

2) Efter typiske resultater i landsforsøg og dyrkningsvejledninger

3) Halmudbyttet i den konventionelle dyrkning var hæmmet af dårligt vejr og blev derfor kun 40 % af kerner vægten, hvor der normalt regnes med 60 %. Hvis det økologiske halmudbytte reduceres til 40 % af kerner vægten bliver det 1.762 kg/ha.

For den økologiske dyrkning er basismodellen gødskning med 120 kg N i gylle og produktion af biokul fra halmen, desuden er regnet på, hvordan det påvirker emissionerne hvis gødskning ændres til 100 kg N i gylle suppleret med 20 kg N i kød-benmel, eller hvis gyllen tilsættes naturlige nitrifikationshæmmere. For hver af de tre modeller er regnet på to halmmængder henholdsvis 60 % af kerneudbyttet og 40 % som i det konventionelle dyrkningsforsøg.

Det er samlet i seks scenarier som vist i tabel 2.

Tabel 2: Dyrkningsforhold i økologiske scenarier.

Scenarie	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2
Kg total N fra gylle	120	120	100	100	120	120
Biokul fra halm nedmuldes	x	x	x	x	x	x
Halmudbytte, % af kerneudbytte	60 %	40 %	60 %	40 %	60 %	40 %
Kg total N fra kød-benmel ¹⁾			20	20		
Gødnings tilsat nitrifikationshæmmer ²⁾					x	x

1) Der findes organisk handelsgødning udvundet af kød- og benmel, der må bruges i økologisk jordbrug.

2) Der er endnu ikke økologiske nitrifikationshæmmere på markedet. Men der er brugt data fra forsøg med et testprodukt af en naturlig nitrifikationshæmmer (NNI), der forventes at kunne opnå økologisk godkendelse.

Det har også været ønsket at regne på et scenarie, hvor der ikke tilføres gødning; men hvor der er en kraftig forfrugt i form af kløvergræs, der kan levere lige så meget næring til havren, som i scenarierne med gylle. Økologiske landsforsøg har vist at dette er muligt. Afgrænsningen af regnemethoden, der er anvendt i dette projekt, har desværre ikke kunnet tage højde for forfrugtsværdien, hvorfor det ikke har været muligt at kvantificere det scenarie. En udvidelse til foregående afgrøder ville også ændre hele beregningen og der kunne tilsvarende laves scenarier for konventionel dyrkning med kvælstofsamlende afgrøder forud for havren.

I tabel 3 er listet afgrøde- og gødningsdata som er anvendt i beregningerne i LCA-analysen.

Tabel 3: Inputdata til beregninger for afgrøde og gødningsforbrug.

Scenarie	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2
Afgrødedata						
Udbytte, kg FM/ha	4.404	4.404	4.400	4.400	4.404	4.404
Udbytte, kg TS/kg FM	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86
Udbytte, kg TS/ha	3.787	3.787	3.784	3.784	3.787	3.787
Halmfraktion ift. udbytte	0,6	0,4	0,6	0,4	0,6	0,4
Halmudbytte, kg FM/ha	2.642	1.761	2.640	1.760	2.642	1.761
Halmudbytte, kg TS/kg FM	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Halmudbytte, kg TS/ha	2.246	1.497	2.244	1.496	2.246	1.497
Udsæd, kg/ha	200	200	200	200	200	200
Gødningsdata						
Gylle, kg total N/ha	120	120	100	100	120	120
Kød-benmel, kg total N/ha	0	0	20	20	0	0
Tilsat NNI, ja/nej	Nej	Nej	Nej	Nej	Ja	Ja

Udbytter og gødningstildelinger er baseret på økologiske budgetkalkuler for havre på JB1-4 med vandring [1] og udbytteresponskurver for økologisk havre. Det samme gælder markoperationer og udsædsmængder.

For de direkte udledninger af lattergas fra anvendt gødning anvendes emissionsfaktorer som anbefalet af Aarhus Universitet [2]. De anbefalede emissionsfaktorer følger nyeste viden fra danske målinger af lattergas fra kunstgødning og gylle, hvor man har fundet at mineralsk kunstgødning, udleder betydeligt mindre lattergas end gylle [2, 5]. Det betyder, at der i den konventionelle case er regnet med en emissionsfaktor for den direkte udledning af lattergas fra anvendt gødning på 0,3% af tilført total N, hvor der for anvendelsen af gødning i de økologiske scenarieberegninger er regnet med en emissionsfaktor på 1,17% af tilført total N [2]. I de efterfølgende figurer er den direkte udledning af lattergas angivet som "markemission".

Den fulde oversigt over anvendte emissionsfaktorer for udledninger i relation til forskellige kvælstofudledninger i de økologiske scenarieberegninger, kan ses i tabel A1 i Appendix.

Data for udledning fra produktionen af kød-benmel er baseret på emissionsfaktorer fra Blonk Institute [8]. Udledningen af lattergas fra gødskning med kød-benmel er beregnet med samme emissionsfaktorer, som anvendes for husdyrgødning.

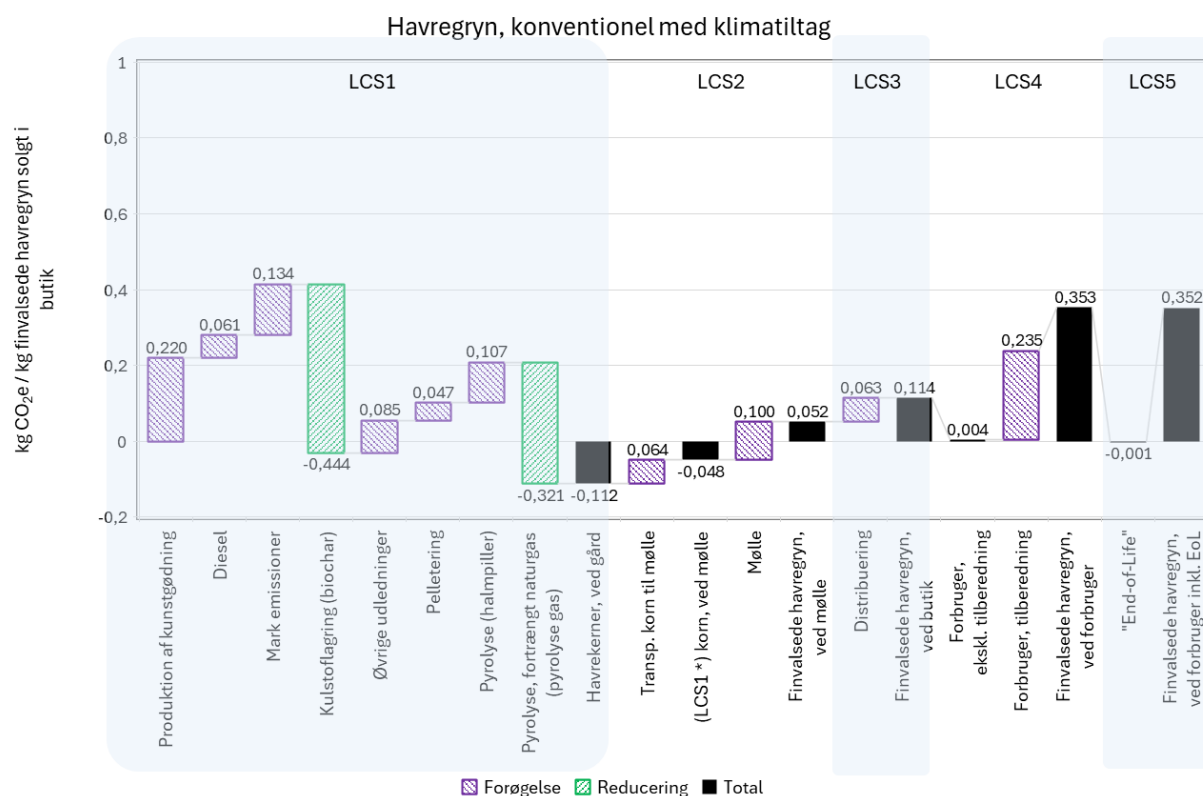
For biokullet er regnet med en negativ emission, idet pyrolysen af halmen hindrer den mineralisering af halmen og deraf CO₂-udledning, der naturligt sker, når halmen nedmuldes. Metoden til beregning af negativ emission ved kulstoflagring i biokul er beskrevet af Aarhus Universitet [3]. For den anvendte type af biokul er der beregnet at andelen af kulstof som stadig vil være i jorden 100 år efter tilførsel er 92,3%, og det er kun dette kulstof som er tilbage efter 100 år, som indgår i beregningen af kulstoflagringen.

For de naturlige nitrifikationshæmmere (NNI), som tænkes brugt i den økologiske dyrkning findes ikke officielle faktorer for emissionshæmning. Der er til dette projekt anvendt en reduktionsfaktor som er udledt fra et forsøg med en plantesyre [8]. Beregningen af emissionshæmning er udført som ved anvendelse af en kemisk nitrifikationshæmmer, dog med en mindre effekt.

Resultater og diskussion

Figur 1 viser udledningerne fra den konventionelle dyrkning af havre til havregryn, som blev produceret i ZERO projektet. Udledningerne er vist for hhv. gården/dyrkning (LCS1), møllen (LCS2), butik (LCS3), forbruger (LCS4) og "End-of-Life", som inkluderer bortskaffning og genanvendelse af emballage (LCS5). Emissionen er udregnet pr. kg havregryn solgt i butik, så alle processer er indregnet – endda forbrugernes tilberedning og bortskaffelse af rester.

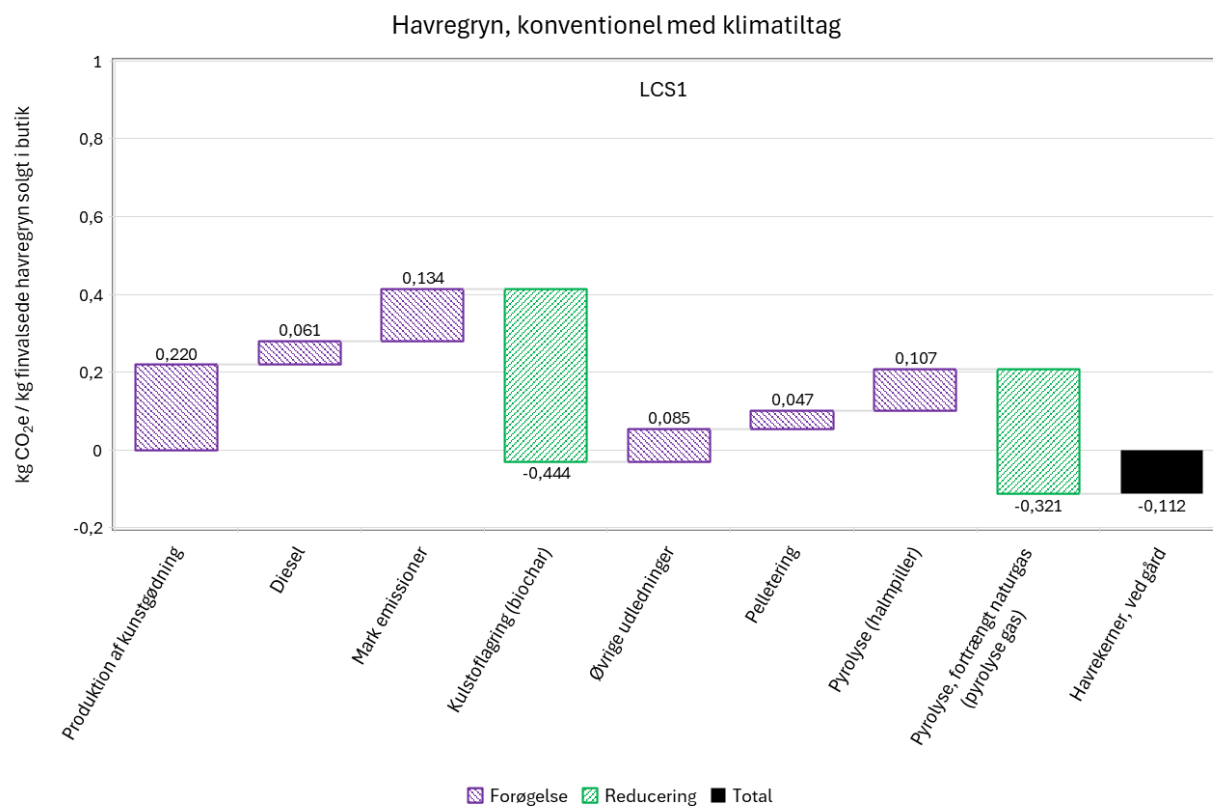
For sammenligning til de økologiske scenarier er der udelukkende set på udledningerne fra gården/dyrkning (afsnittet LCS1 i figuren), da det er her der vil være forskel i praksis mellem konventionel og økologisk produktion. Tallene er stadig opgjort per kg færdige havregryn. Der er antaget samme frasorteringsprocent ved møllen, og samme processer efter havren er afsendt fra gården, da der ikke er grund til at antage at økologisk produktion af havregryn vil føre til en anderledes behandling i de efterfølgende led i værdikæden.



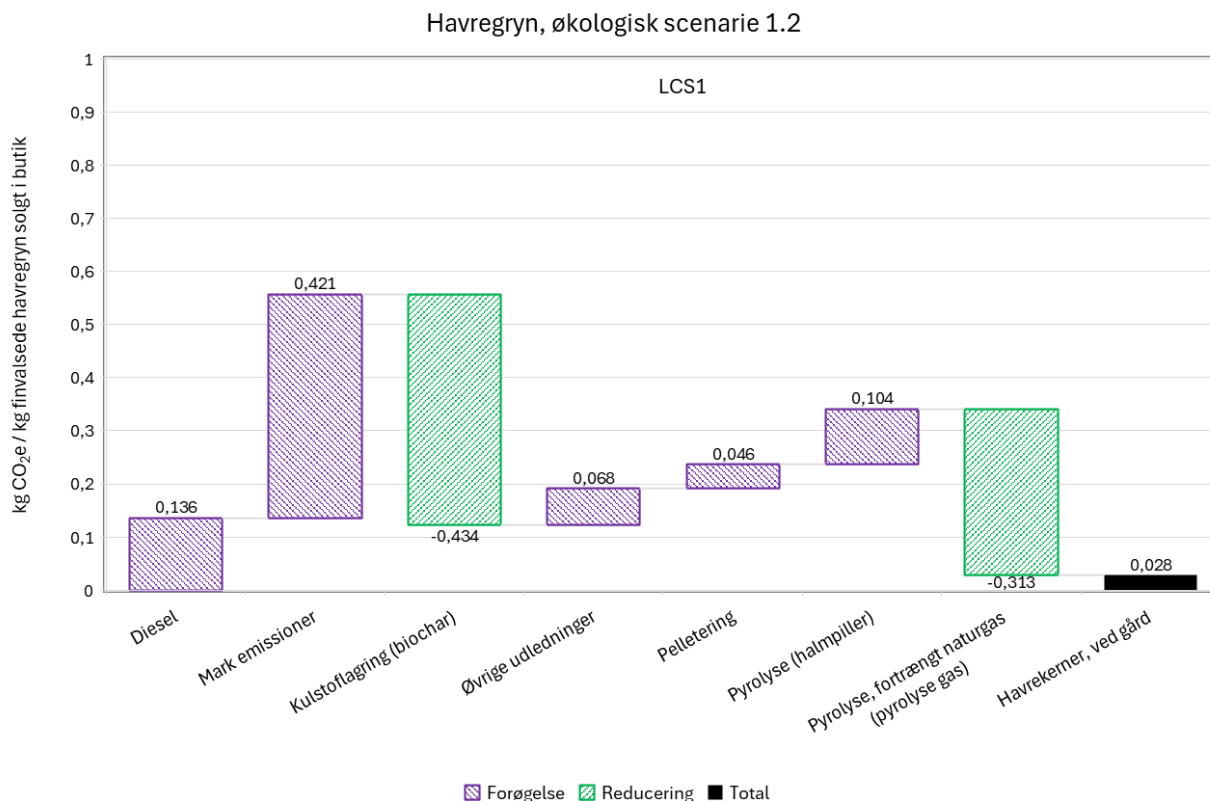
Figur 1: Klimaaftryk fra konventionelle havregryn, med anvendelse af klimatiltag. LCS1: udledninger gården, LCS2: udledninger transport og mølle, LCS3: udledninger transport og butik, LCS4: udledninger forbruger, LCS5: udledninger bortskaffelse af rester og emballage. Kilde SEGES Innovation [9]

I figur 2 og 3 er vist emissionerne i henholdsvis den konventionelle case med dyrkning af havre og beregnet økologisk dyrkning, hvor halmudbyttet er reduceret, så det procentvis svarer til den konventionelle case. I figur 2 og 3 er der fokuseret på LCS1, dvs. udledninger fra gården.

Emissionerne er opgjort pr. kg produceret og solgt havregryn, selvom der kun er vist emissioner for den primære produktion på gården inklusiv pyrolyse af halmen.



Figur 2: Emissioner på gården fra konventionel dyrkning med klimavirkemidler af havre. Opgjort pr. kg færdige havregryn.



Figur 3: Emissioner på gården fra økologisk dyrkning af havre. Samme procentvise halmudbytte som i konventionelle case i fig. 2. Opgjort pr. kg færdige havregryn.

I den konventionelle case har pyrolysen og biokullet kunnet mere end kompensere for emissionerne fra dyrkningen, så nettoemissionen fra dyrkningen bliver -0,112 kg CO₂e / kg havregryn, mens den højere emission fra gylle (markemissioner) samt lavere udbytte og halmudbytte i den økologiske dyrkning fører til, at nettoemissionen fra dyrkningen ender på +0,028 kg CO₂e / kg havregryn.

I tabel 4 er vist en samlet opgørelse af emissionerne i henholdsvis den konventionelle case og de beregnede økologiske scenarier.

Tabel 4: Klimaaftryk fra dyrkningen på gården i konventionel case og beregnede økologiske scenarier

Scenarie	Konv.	1.1	1.2	2.1	2.2	3.1	3.2
Udledning, kg CO ₂ e/kg finvalsedede havregryn solgt i butik							
Produktion af kunstgødning	0,220	-	-	-	-	-	-
Produktion af kød/benmel	-	-	-	0,043	0,043	-	-
Produktion af NNI	-	-	-	-	-	0,060	0,060
Diesel	0,061	0,136	0,136	0,132	0,132	0,136	0,136
Mark emissioner	0,134	0,415	0,421	0,411	0,418	0,320	0,327
Kulstoflagring, biokul	-0,444	-0,652	-0,434	-0,652	-0,435	-0,651	-0,434
Øvrige udledninger	0,085	0,069	0,068	0,071	0,070	0,069	0,068
Pelletering	0,047	0,069	0,046	0,069	0,046	0,069	0,046
Pyrolyse (halmpiller)	0,107	0,157	0,104	0,157	0,104	0,157	0,104
Pyrolyse, fortrængning af naturgas (pyrolyse gas)	-0,321	-0,470	-0,313	-0,470	-0,313	-0,470	-0,313
Total, LCS1	-0,112	-0,275	0,028	-0,239	0,064	-0,309	-0,006



For de scenarier, hvor der er regnet med et halmudbytte på 60 % af kerneudbyttet (1.1, 2.1 og 3.1) er nettoemissionen i de økologiske scenarier mindre end i den konventionelle case, fordi der produceres mere biokul og pyrolysegas. Men den konventionelle case ville også have et større fradrag for biokul og pyrolysegas under mere normale høstforhold.

Udskiftning af noget af gyllen med en indkøbt gødning med kød-benmel (scenarie 2.1 og 2.2) har øget nettoemissionen lidt, fordi der her kommer en emission fra produktion af gødningen.

I forsøg med gødning baseret på kød-benmel er der fundet mindre lattergasudledning end ved gødskning med gylle og med samme udbyttensniveau [7]. Men da beregningsmodellen bruger samme emissionsfaktor for alle organiske gødninger, bliver sådanne forskelle ikke afspejlet i beregningen.

Derimod viser scenariet med naturlige nitrifikationshæmmere (NNI) (scenarie 3.1 og 3.2) at reduktionen i markemissioner bliver større end de ekstra emissioner fra produktionen af nitrifikationshæmmeren, så nettoemissionen kommer under nul ved både normalt og reduceret halmudbytte.

Et meget relevant økologisk scenarie ville være havre dyrket efter kløvergræs og uden tilført gødning. Afgrænsningen af regnemethoden, der har været anvendt i dette projekt, har desværre ikke kunnet håndtere forfrugtsværdier. En sådan model for økologisk dyrkning skulle også sammenlignes med en tilsvarende sædskiftemodel i konventionel dyrkning.

Men det må formodes, at markemissionen, der primært kommer fra tildelt gødning, stort set vil forsvinde, mens der til gengæld vil være en emission fra nedbrydningen af kløvergræsset. Da markemissionen er den markant største post i de økologiske scenarier, vil det være sandsynligt, at det scenarie vil få en meget lav nettoemission, der kan konkurrere med den konventionelle case.

En anden mulig vej at gå i den økologiske dyrkning kunne være, at udvikle gødninger, der har en højere kvælstofnyttelvirkning end gylle.

Der arbejdes pt. på at udvikle en flydende nitratgødning med lavt tørstofindhold fra flydende afgasset gødning. Her forventes kvælstofnyttelvirkningen at komme på niveau med konventionel handelsgødning hvorved markemissionen også vil blive stærkt reduceret.

Det skal afklares, hvordan emissionen af lattergas reelt bliver; men ved at dosere den flydende nitratgødning i mindre doser, når planterne har brug for det, forventes også lattergasemissionen at blive reduceret i forhold til traditionel gødningspraksis såvel i konventionel som økologisk dyrkning.

Det forventes at den flydende nitratgødning vil kunne godkendes til økologisk jordbrug, fordi den er udvundet af afgasset biomasse ved en biologisk proces.

PEF-metoden beregner foruden klimabelastningen også værdier for næringsstofforforsel til vandmiljø (eutrofiering), partikelforurening af luften, cancer-risiko og andre globale miljøeffekter. På den enkelte bedrift kunne det også være relevant at se på, hvordan f.eks. sædskiftet påvirker jorden i forhold til kulstofindhold og vandholdende evne. Men det indgår ikke i PEF-modellen.

Konklusion

Dyrkningsdata fra det konventionelle dyrkningsforsøg med havre i projekt Zero er sammenholdt med beregnede tal fra tilsvarende økologisk dyrkning af havre, hvor der er brugt standardværdier ud fra landsforsøg og driftskalkuler.

Nettoemissioner af drivhusgasser er beregnet med samme LCA-metode med fokus på klimapåvirkning for begge systemer og seks forskellige scenarier for økologisk dyrkning er vurderet op mod den konventionelle case.

I den økologiske dyrkning er vurderet tre systemer: 1) Gylle, 2) Reduceret gylle suppleret med kød-benmel og 3) Behandling af gylle med naturlig nitrifikationshæmmer. For hvert system er der regnet med normalt halmudbytte og reduceret halmudbytte, hvor reduktionen i halmudbytte matcher en tilsvarende reduktion i den konventionelle case.

Sammenlignes nettoemissionerne for den konventionelle case med de seks økologiske scenarier fremgår det, at den konventionelle case har en mindre nettoudledning (under nul) i sammenligning med alle de økologiske scenarier med reduceret halmudbytte.

De økologiske scenarier med normalt halmudbytte har alle en mindre nettoudledning end den konventionelle case. Men det er næppe en relevant sammenligning, da den konventionelle case også ville have et højere halmudbytte i et normalt år.

At bytte noget af gyllen ud med kød-benmel har øget nettoudledningen lidt og ser således ud til ikke at være et klimaforbedrende tiltag. Nogle forsøg har tidligere vist, at gødskning med kød-benmel giver mindre lattergasudledning end gylle. Men den effekt har beregningsmetoden ikke kunnet afspejle.

Brug af naturlig nitrifikationshæmmer i gyllen har til gengæld forbedret resultatet med en lavere nettoudledning, men dog stadig ikke så lav som i den konventionelle case.

Skal økologisk dyrkning af havre blive lige så klimavenlig som ved klimavenlig konventionel dyrkning skal der derfor findes mere effektive reduktionstiltag end det, der er undersøgt i dette projekt

Havre dyrket efter kløvergræs uden tilførsel af gødning vil sandsynligvis være en sådan løsning, som det desværre ikke har været muligt at regne på i dette projekt. Hvis man udvidende beregningsmåden, så man medtog forfrugtsvirkning kunne et sådant scenarie passende sammenlignes med tilsvarende sædskiftetiltag i konventionel dyrkning.

Hvis det lykkes at udvikle en økologisk godkendt effektiv flydende nitratgødning fra afgasset gødning, forventes det at kunne levere en gødskning, hvor der bruges mindre total-N pr. kg havre og der derfor vil blive opnået en betydelig reduktion af emissionerne i forhold til gødskning med gylle. Det er et produkt, der pt. arbejdes på, og som vil kunne anvendes både i økologisk og konventionel dyrkning.



Referencer

- [1] Farmtal Online, 2025. Budgetkalkuler for økologisk havre. SEGES Innovation.
- [2] Grados Bedoya D., 2024a. The emission factor of fertilizers and abatement performance of nitrification inhibitors for nitrous oxide in Denmark. Aarhus University, Department of Agroecology.
- [3] Grados Bedoya D., 2024b. Degradation rate of straw-based biochar for Denmark. Aarhus University, Department of Agroecology.
- [4] SEGES Innovation, 2025. Product Environmental Footprint of the fine-rolled oats (Finvalsedede havregryn), produced as part of the "ZERO-project".
- [5] Petersen, S. O., Peixoto, L. E. K., Sørensen, H., Tariq, A., Brændholt, A., Hansen, L. V., Albalos, D., Christensen, A. T., Nielsen, C. S., Pullens, J. W. M., Bruun, S., & Olesen, J. E. (2023). Higher N₂O emissions from organic compared to synthetic N fertilisers on sandy soils in a cool temperate climate. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 358, 108718.
- [6] DAMIANI, M., FERRARA, N. and ARDENTE, F., Understanding Product Environmental Footprint and Organisation Environmental Footprint methods, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, <https://data.europa.eu/doi/10.2760/11564>, JRC129907.
<https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC129907>
- [7] Landsforsøgene 2024, "Stor forskel i lattergasudledning og emissionsfaktorer fra forskellige organiske gødningstyper", side 256-257.
- [8] [LCA and Environmental Footprinting Experts for the Agri-Food Sector | Mérieux NutriSciences | Blonk](#)
- [9] SEGES Innovation, 2025. [Zero-Emission Food Chain – The case of Ryebread and Oats \(ZERO\)](#)

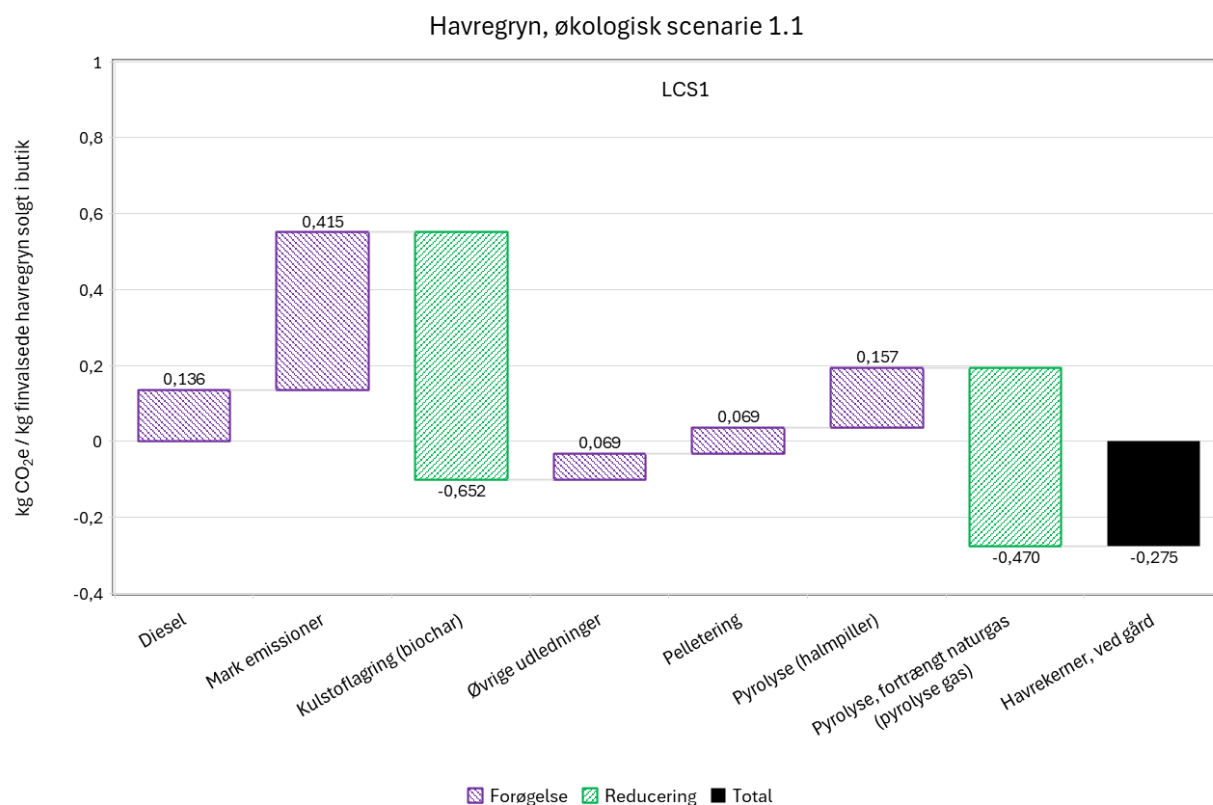


Appendiks

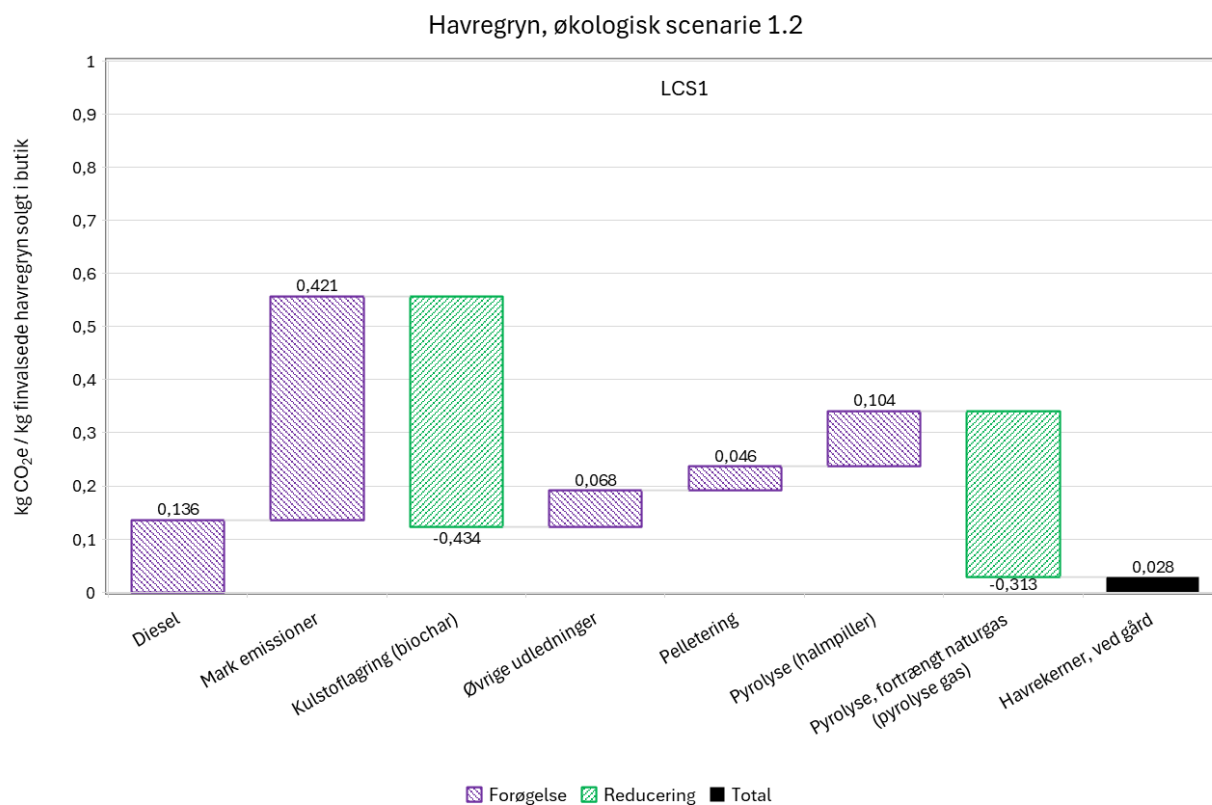
Anvendte emissionsfaktorer og resultatgrafer for de økologiske scenarier.

Tabel A1: Anvendte emissionsfaktorer.

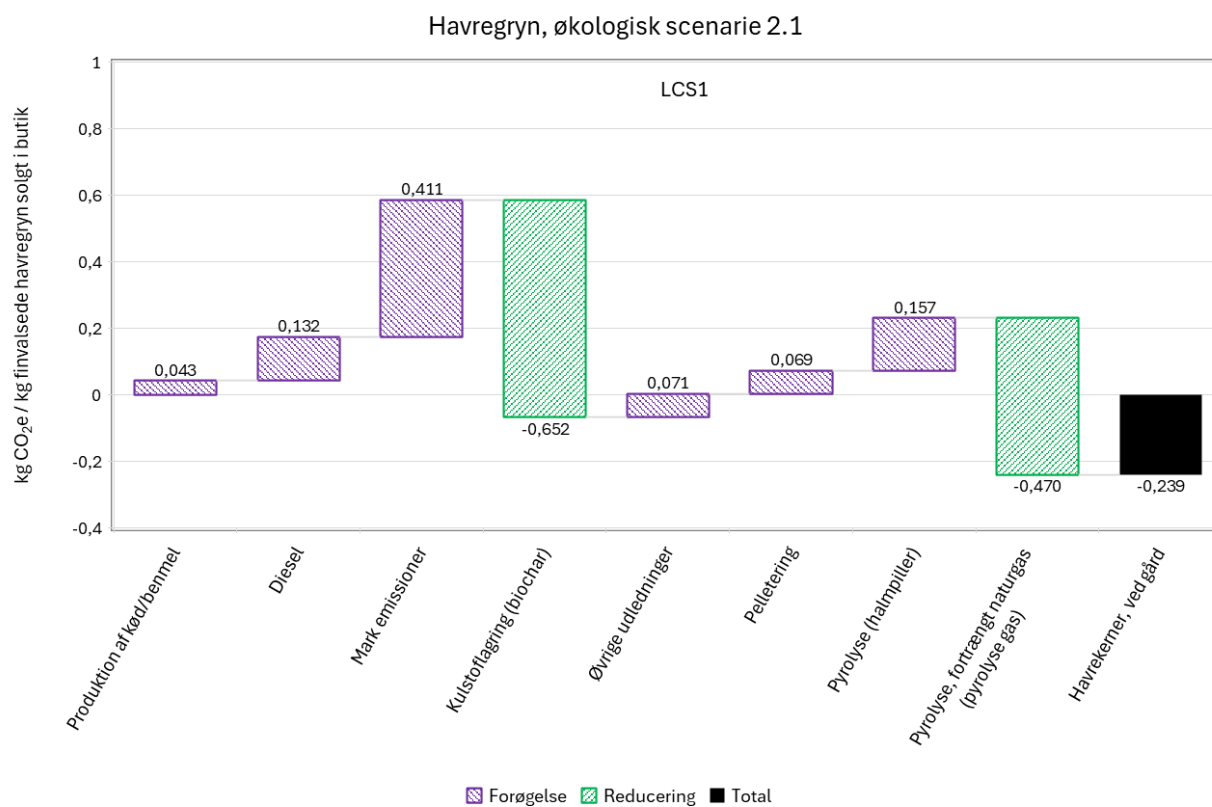
Scenarie	Enhed	1.1 og 1.2	2.1 og 2.2	3.1 og 3.2
Emissionsfaktorer				
Direkte N ₂ O	Kg N ₂ O-N/kg tilført N	0,0117	0,0117	
Direkte N ₂ O, inkl. NNI	Kg N ₂ O-N/kg tilført N			0,007
N ₂ O fra afgrøderester	Kg N ₂ O-N/kg N i afgrøderester	0,006	0,006	0,006
NH ₃ , gylle	Kg NH ₃ -N/kg tilført N	0,17	0,17	0,17
NH ₃ , Øgro	Kg NH ₃ -N/kg tilført N		0,07	
Udvaskning	kg NO ₃ -N/kg tilført N	0,22	0,22	0,22
NO _x	Kg NO _x -N/kg tilført N	0,04	0,04	0,04
Indirekte N ₂ O, deposition	kg N ₂ O-N/kg N afdampet som NH ₃ +NO _x	0,014	0,014	0,014
Indirekte N ₂ O, udvaskning	Kg N ₂ O-N/kg N udvasket	0,011	0,011	0,011



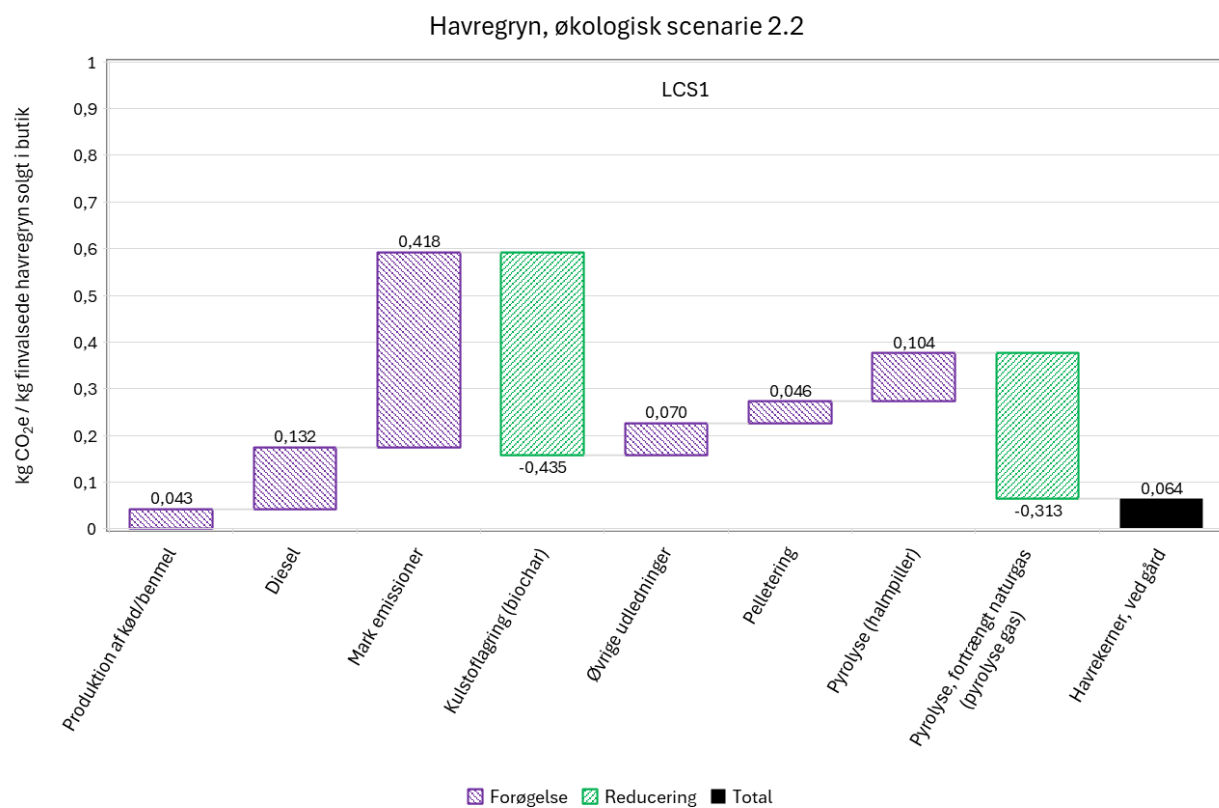
Figur A1: Opgørelse af emissioner for øko-scenarie 1.1



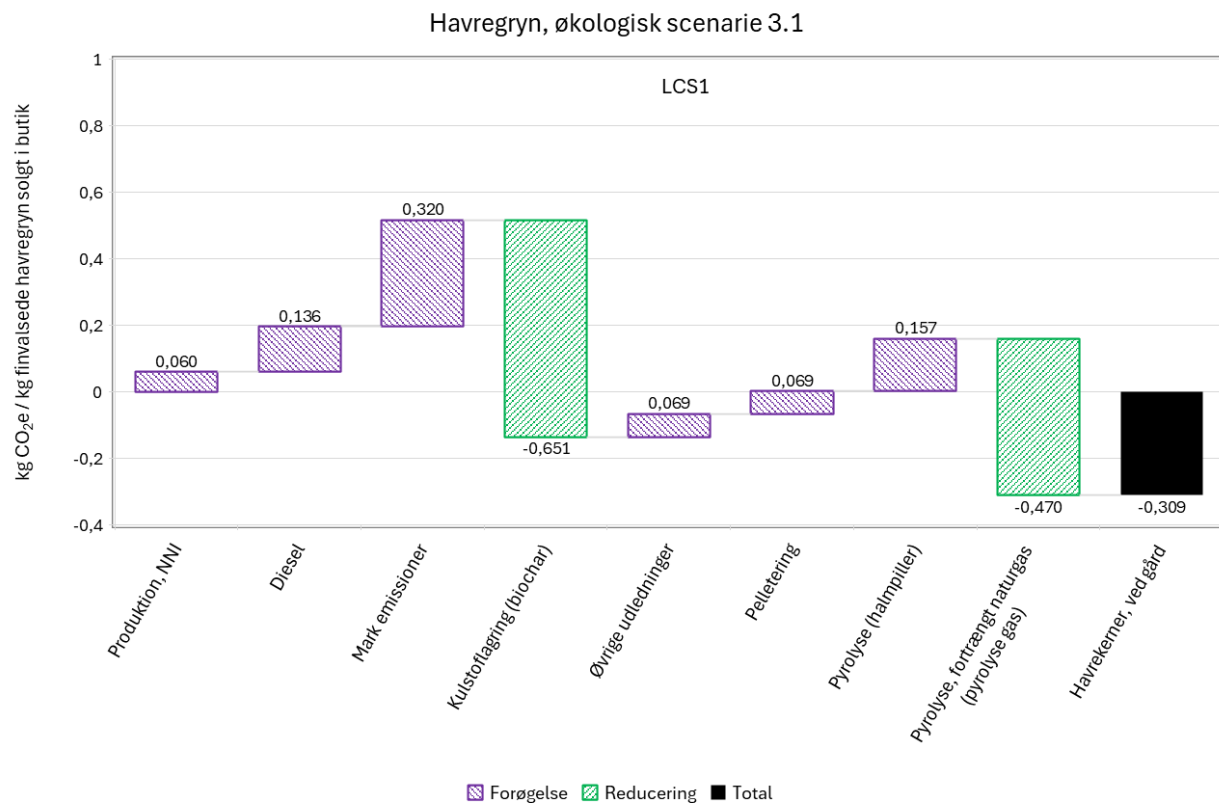
Figur A2. Opgørelse af emissioner for øko-scenarie 1.2



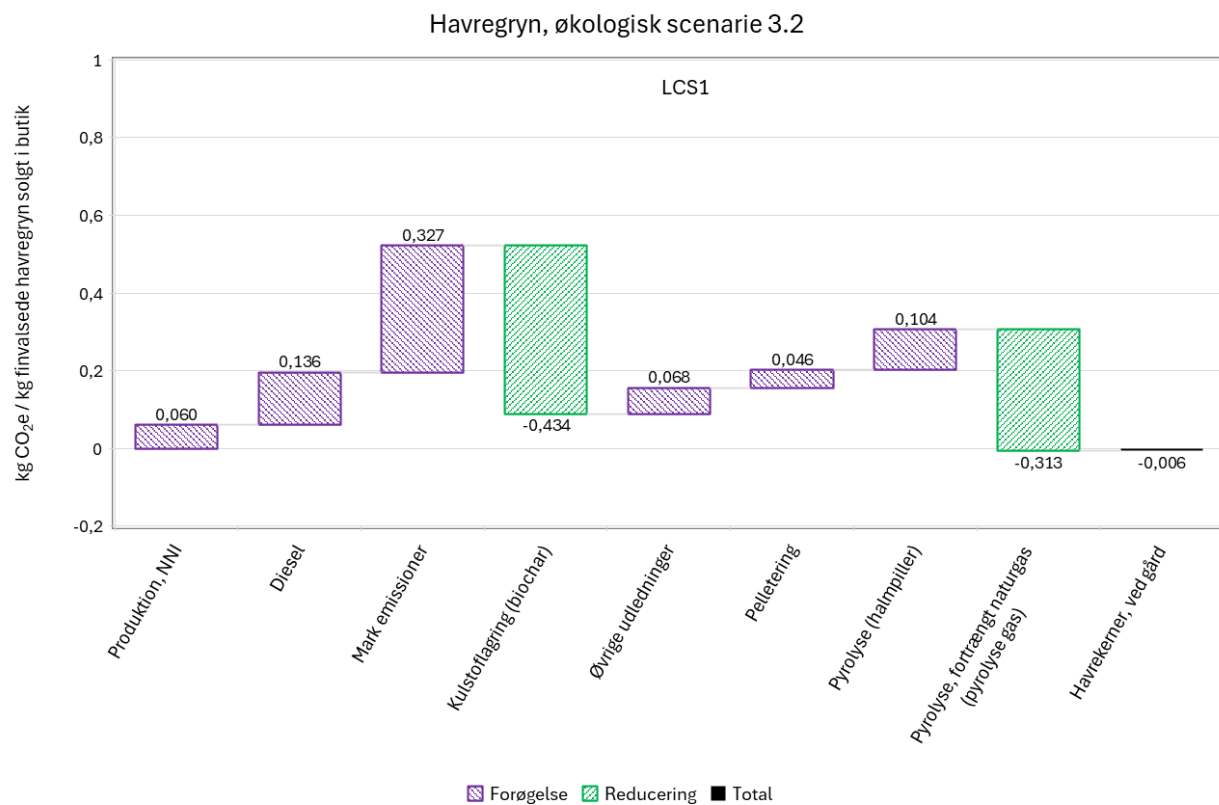
Figur A3: Opgørelse af emissioner for øko-scenarie 2.1



Figur A4: Opgørelse af emissioner for øko-scenarie 2.2



Figur A5: Opgørelse af emissioner for øko-scenarie 3.1



Figur A6: Opgørelse af emissioner for øko-scenarie 3.2