



Inspirationsdag 2024

Minimering af sukkerroers klimaaftryk

Otto Nielsen, Nordic Beet Research
on@nbrf.nu / 23 61 70 57

Indhold

- Årlige estimater af danske drivhusgasemissioner
- Drivhusgasemission fra landbrug → plantedyrkning
- Virkemidler og afledte effekter
- Forsøgsaktiviteter



DENMARK'S NATIONAL INVENTORY REPORT 2023

Emission Inventories 1990-2021 – Submitted under the United Nations
Framework Convention on Climate Change

Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy

No. 541

2023

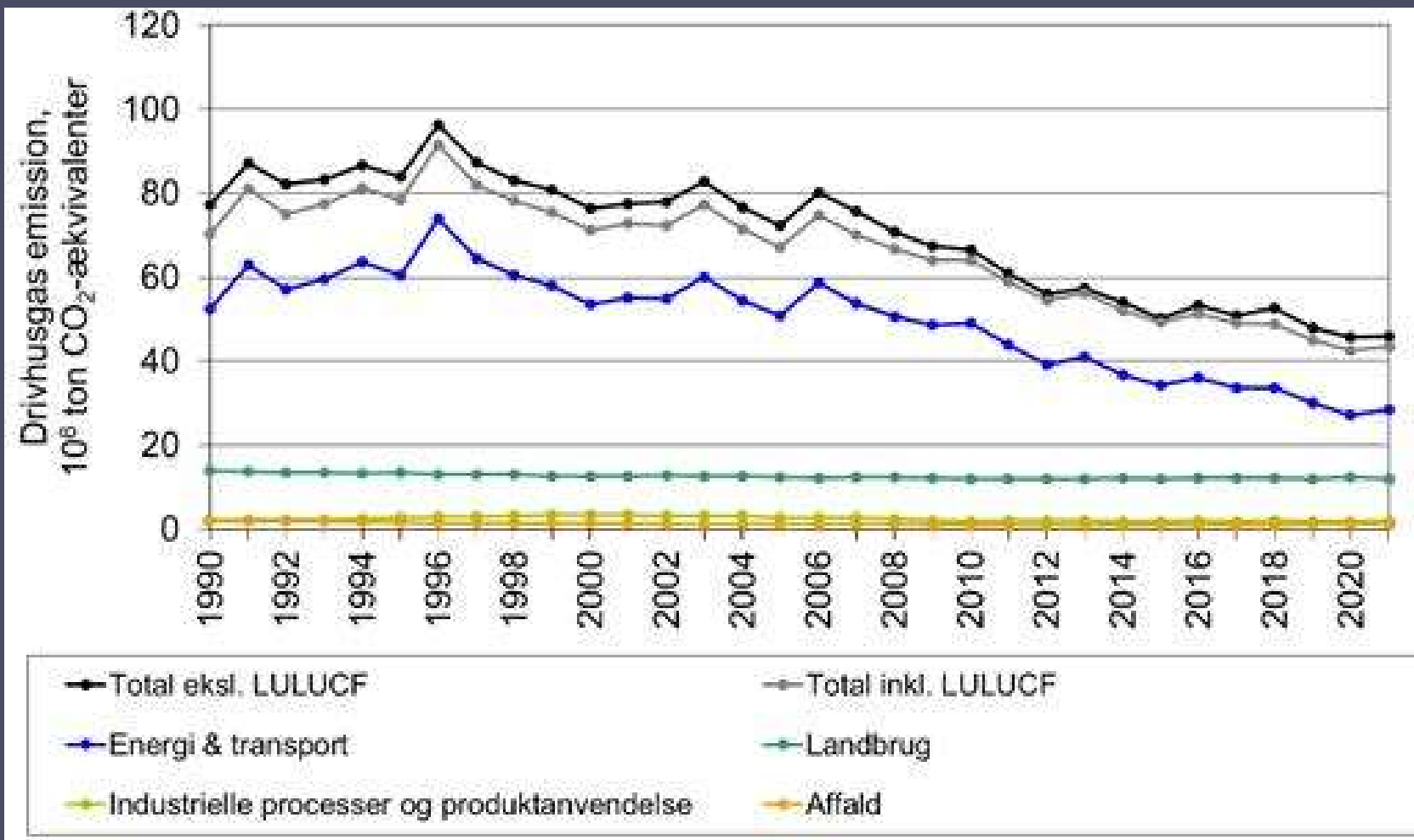
S.1.3 Drivhusgasser

Til Klimakonventionen rapporteres følgende drivhusgasser:

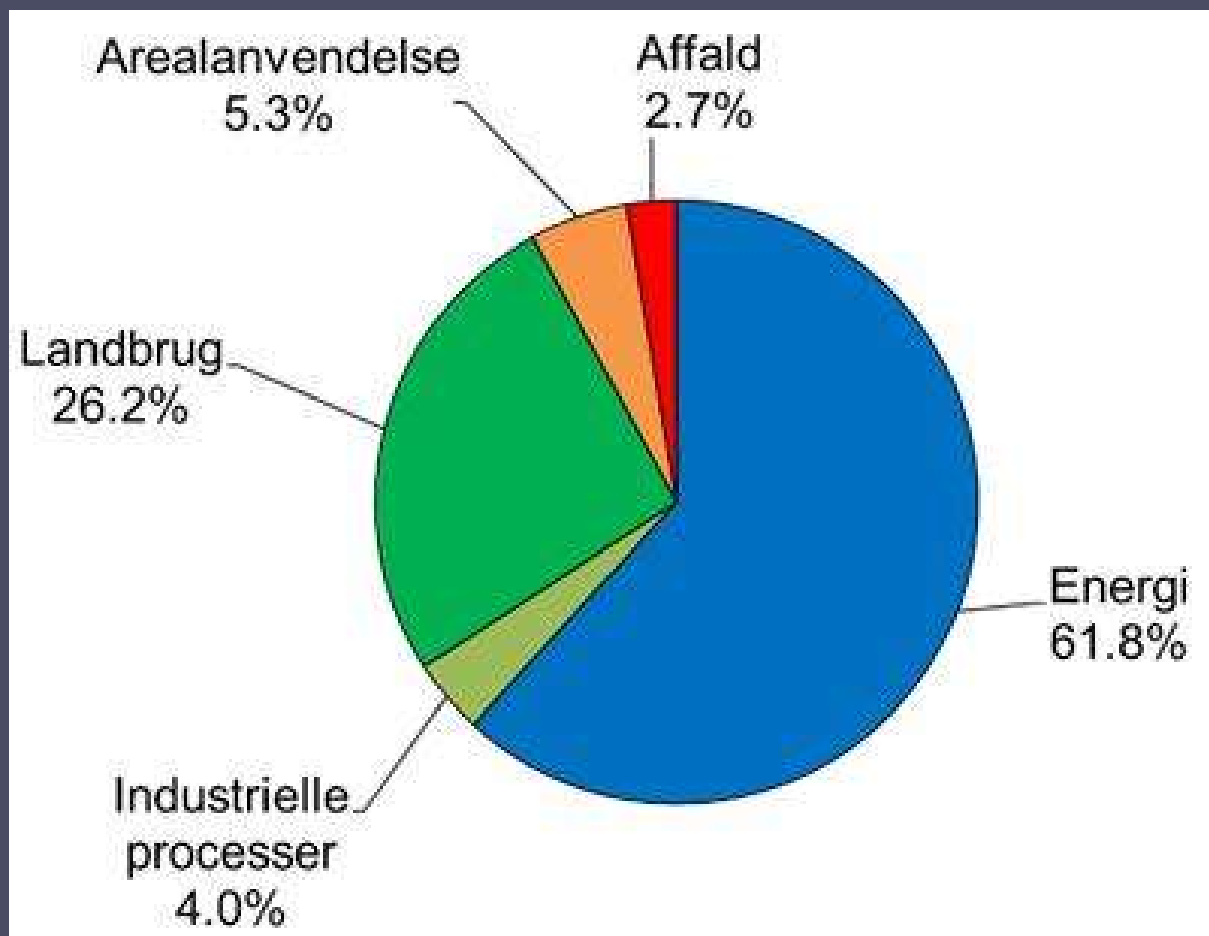
- Kuldioxid CO_2
- Metan CH_4
- Lattergas N_2O
- Hydrofluorcarboner HFC'er
- Perfluorcarboner PFC'er
- Svovlhexafluorid SF_6
- Nitrogentrifluorid NF_3

Global Warming Potential (GWP)

- Kuldioxid, CO_2 : 1
- Metan, CH_4 : 28
- Lattergas, N_2O : 265



Kilde: Denmark's National Inventory Report 2023

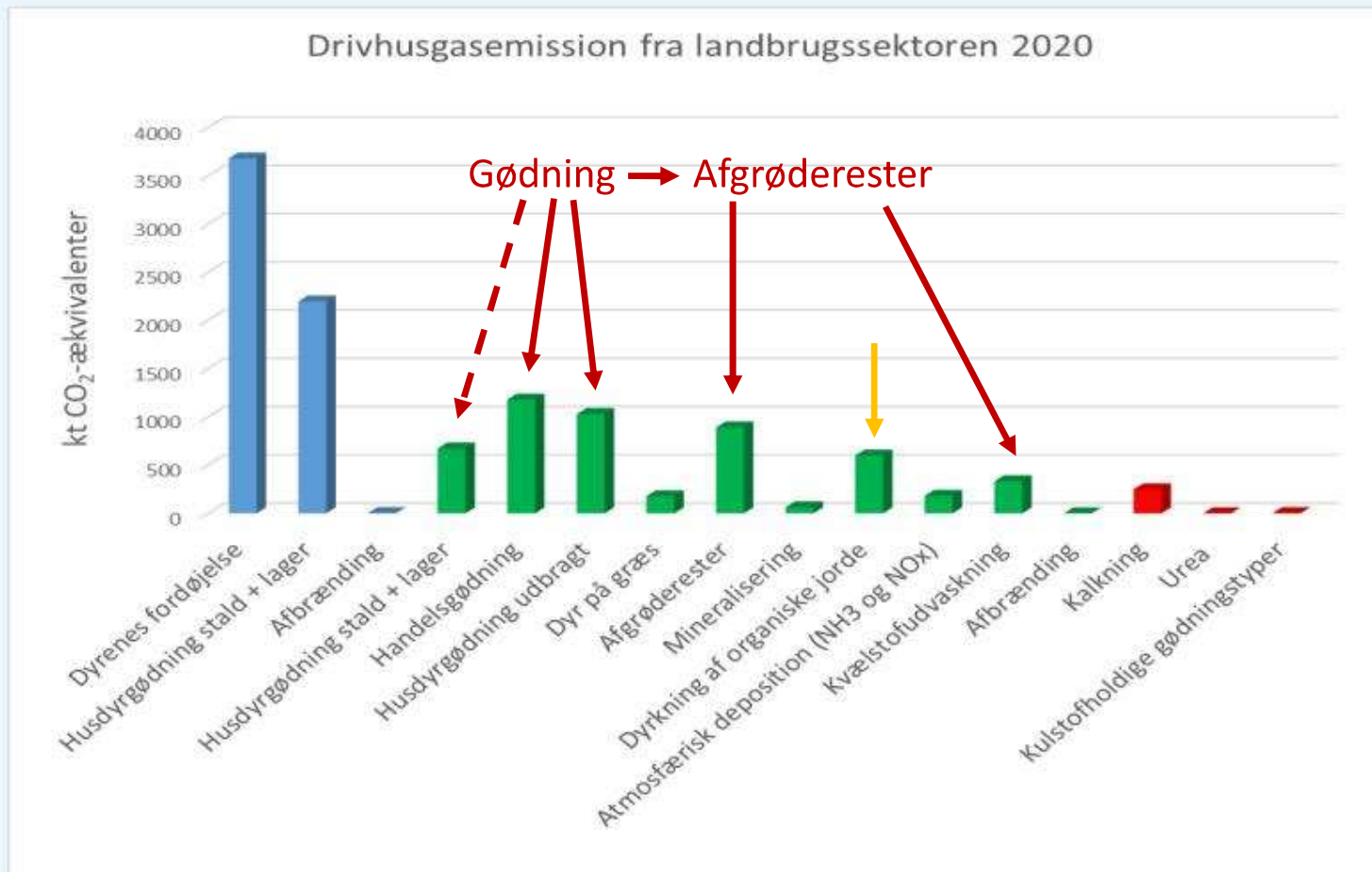


Kilde: Denmark's National Inventory Report 2023

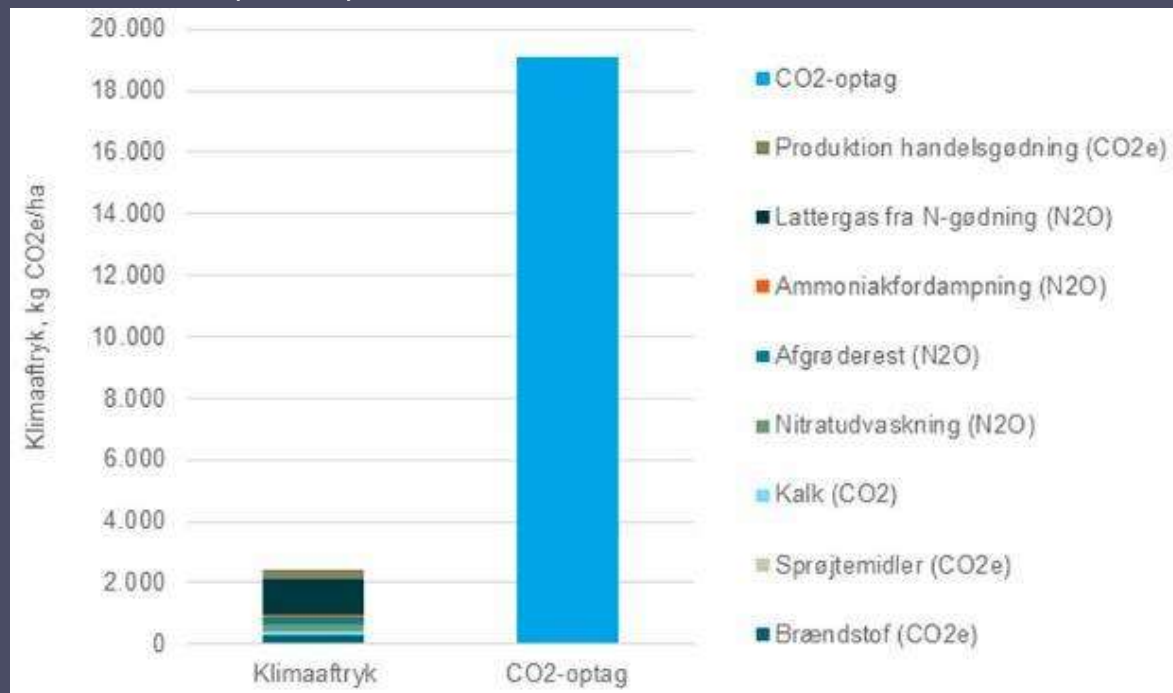
Table 5.1 Emission of GHG in the agricultural sector in Denmark 1990 – 2021.

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021
CH ₄ , kt CO ₂ eqv.	7 013	7 354	7 315	7 379	7 289	7 171	7 273	7 087	7 257	7 209
N ₂ O, kt CO ₂ eqv.	6 270	5 566	5 092	4 831	4 640	4 682	4 629	4 807	4 877	4 590
CO ₂ , kt CO ₂ eqv.	613	534	268	222	156	176	244	185	254	276
Total, kt CO ₂ eqv.	13 896	13 453	12 674	12 432	12 085	12 029	12 146	12 079	12 389	12 074

Emissioner fra landbruget i 2020



ESGreenTool (SEGES) – vinterhvede

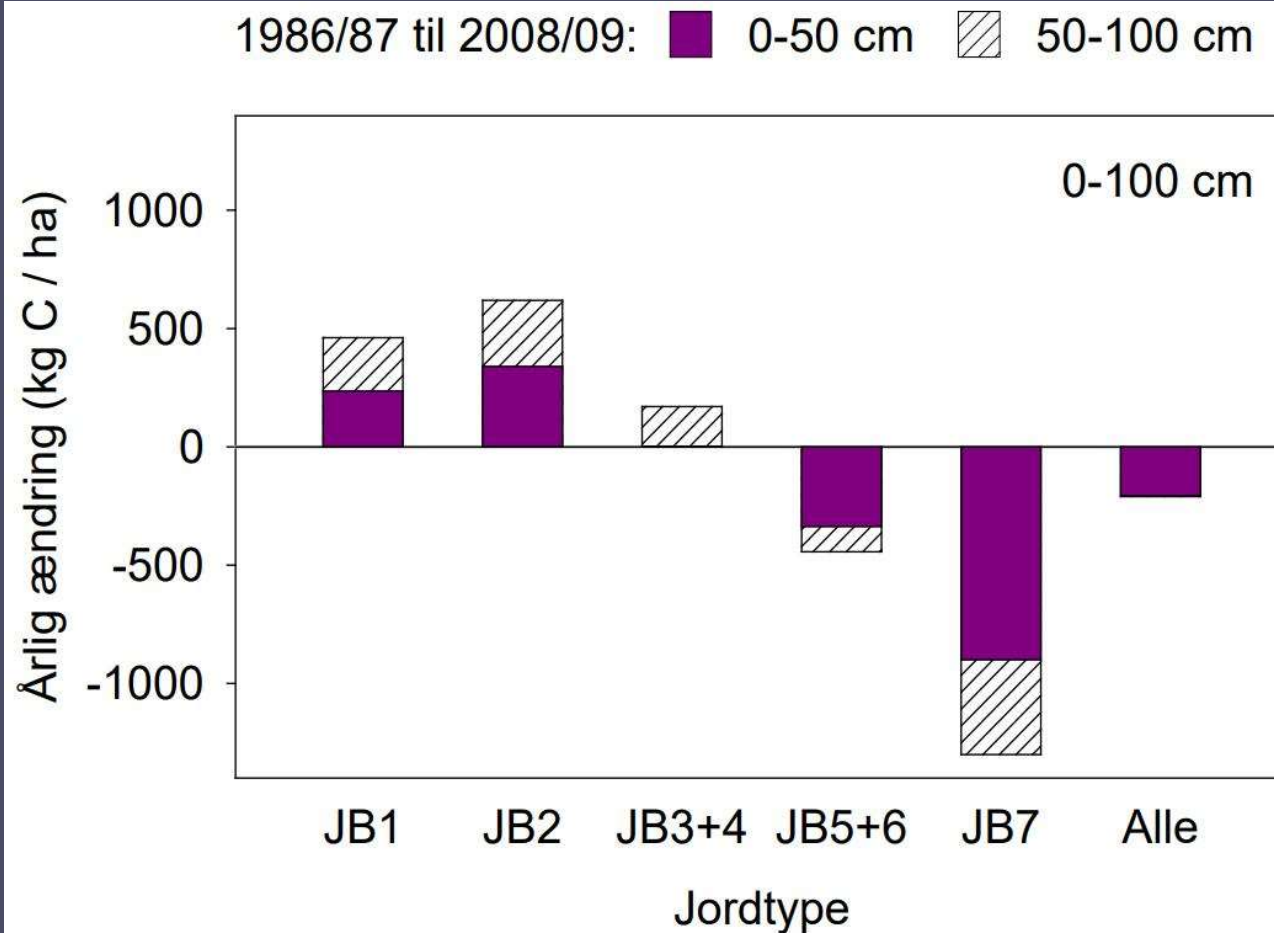


Kilde: https://www.landbrugsinfo.dk/public/6/a/5/afgroder_klimaaftryk_marker_afgroder

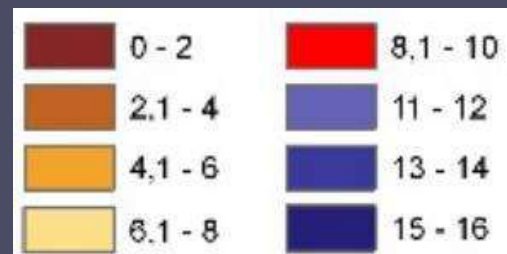
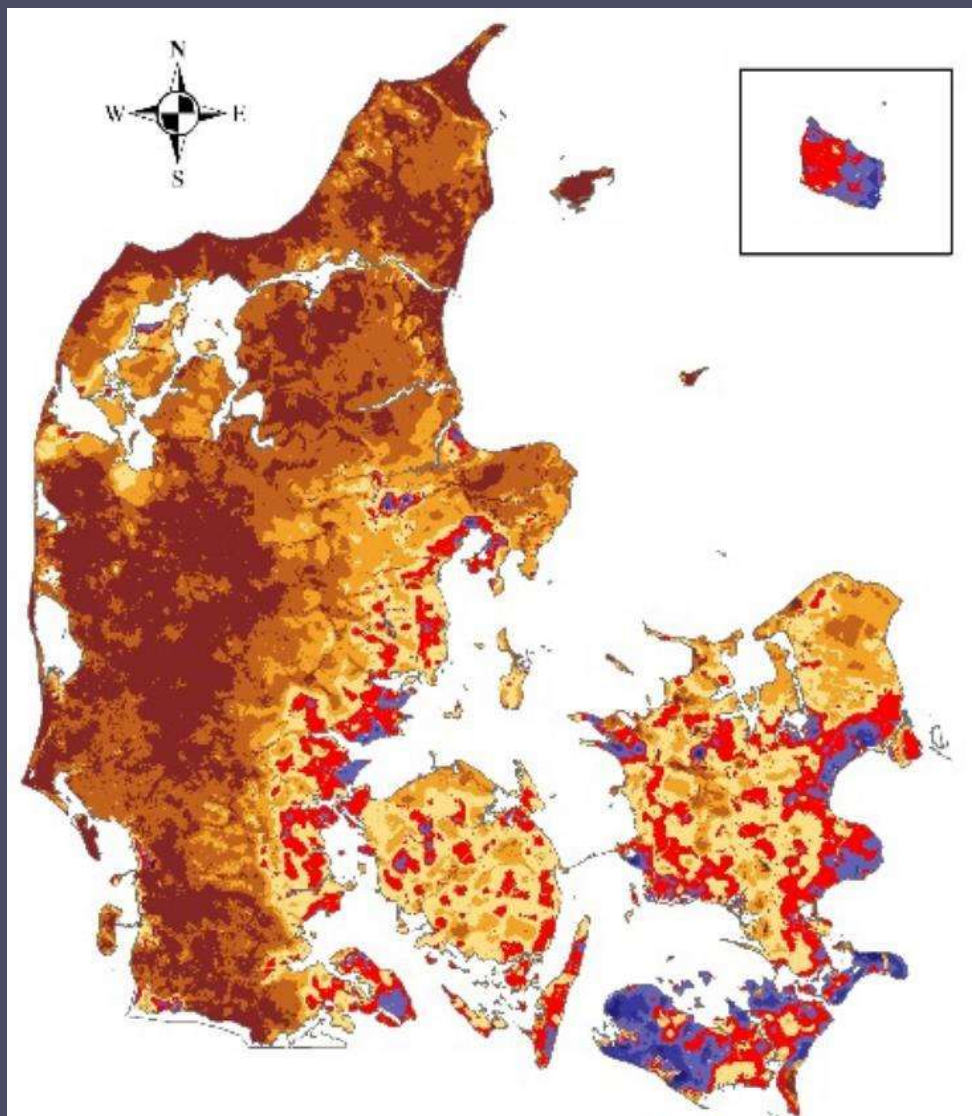
ESGreenTool (SEGES) – sukkerroer

- Analyse af 10 bedrifter i 2023
- Udvidede analyser i 2024





Figur 1. Gennemsnitlig årlig ændring i perioden 1986/87 til 2008/09 i indholdet af kulstof i jord (0-1 meter) fra Kvadratnettet.



Udvikling i jordens kulstof og konsekvenser heraf

22 august 2017

Forfattere:

Jørgen E. Olesen, Bent T. Christensen, Per Schjøning, Lars Elsgaard
Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi

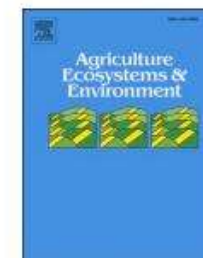


ELSEVIER

Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Agriculture, Ecosystems and Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/agee



Higher N₂O emissions from organic compared to synthetic N fertilisers on sandy soils in a cool temperate climate

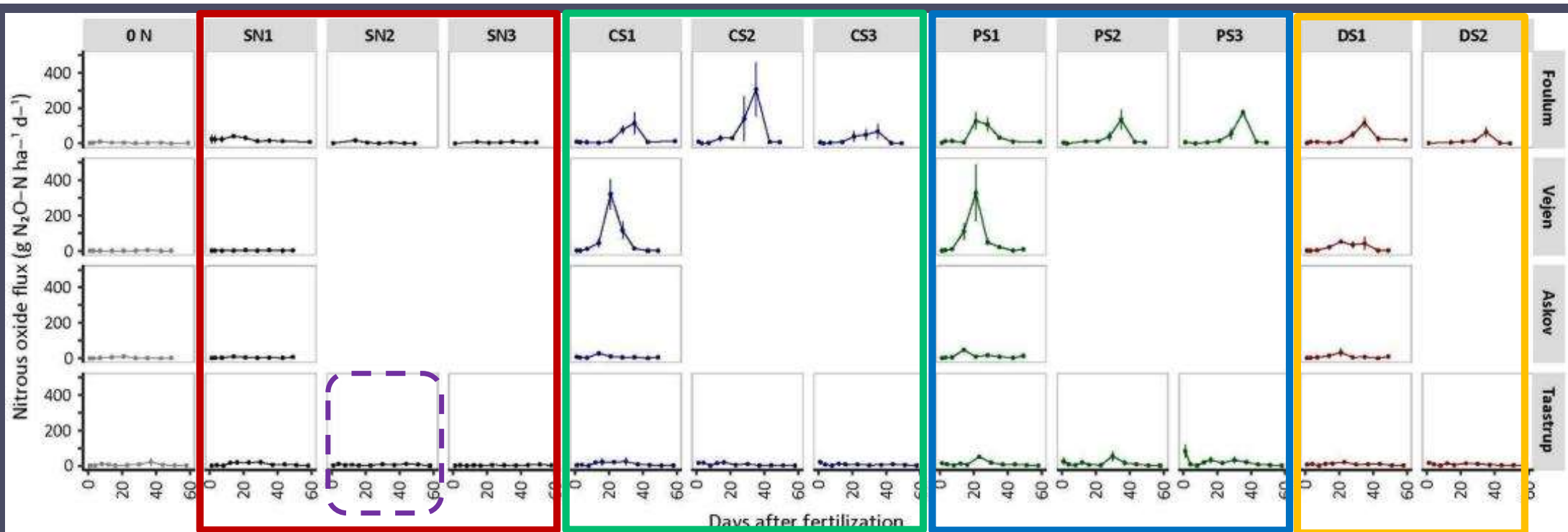
Søren O. Petersen^{a,*}, Leanne E.K. Peixoto^a, Helle Sørensen^b, Azeem Tariq^{c,1},
Andreas Brændholt^c, Line Vinther Hansen^c, Diego Abalos^a, Alice Thoft Christensen^d,
Cecilie Skov Nielsen^d, Johannes W.M. Pullens^a, Sander Bruun^c, Lars Stoumann Jensen^c,
Jørgen E. Olesen^a

^a Department of Agroecology, Aarhus University, Tjele, Denmark

^b Data Science Lab, Department of Mathematical Sciences, University of Copenhagen, København Ø, Denmark

^c Department of Plant and Environmental Sciences, University of Copenhagen, Frederiksberg C, Denmark

^d SEGES Innovation P/S, Aarhus N, Denmark



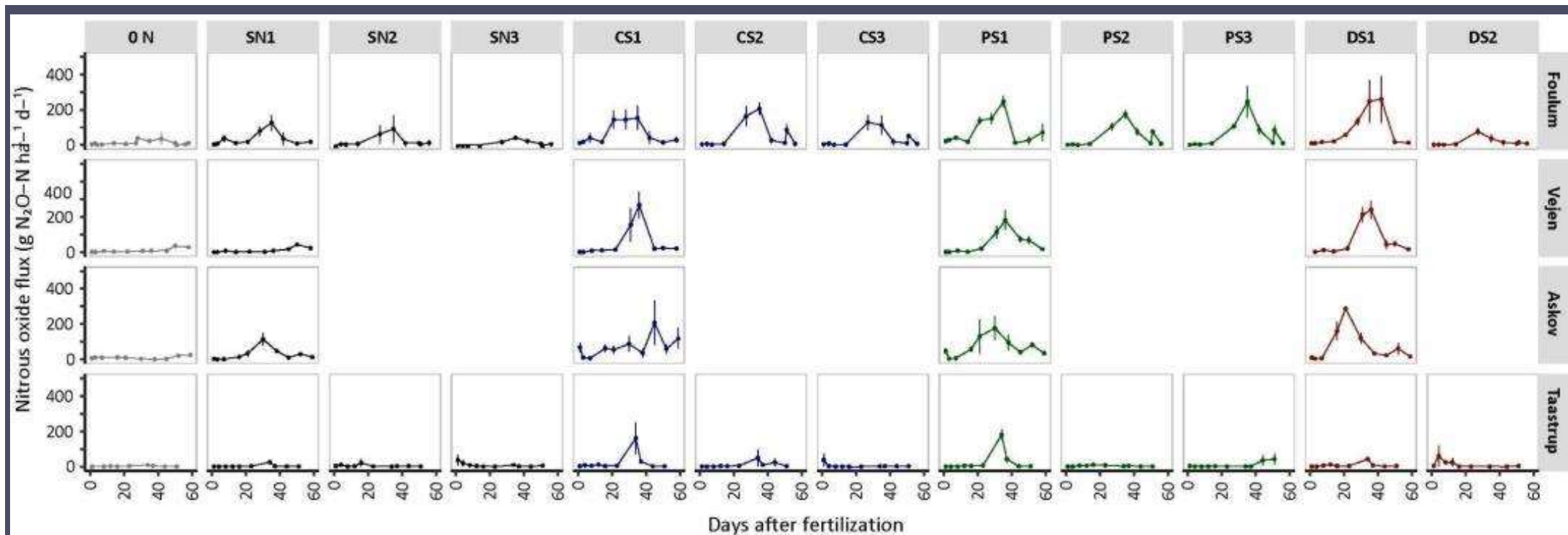
Ugødet
0

Kunstgødning
124

Kvæggylle
177

Svinegylle
165

Biogasgylle
165 kg N/ha



Tabel 1 : Klimaeffekter og virkemidler ved planterdyrkning samt deres forventede effekter.

Klimaeffekt	Virkemiddel	Forventet effekt	Afledte effekter af virkemiddel m.m.
Lattergas fra kvælstofgødning	Reduceret dosis	Lav*	Lavere udbytter Fmtl. reduceret N-udvaskning
	Gradueret dosis	Lav-middel	Potentielt forbedret driftøkonomi
	Optimeret tildelingsteknik	Ukendt	Potentielt forbedret driftøkonomi
	Nitrifikationshæmmere	Middelhøj	Miljøeffekter ikke fuldt afklaret
Lattergas fra planterester	Bortførsel af planterester	Variabel	Foringet kulstofbalance Øget gødningsbehov Forøget risiko for jordpakning Eventuelt forbedret driftøkonomi
	Nitrifikationshæmmere	Ukendt	Miljøeffekter ikke fuldt afklaret
	Optimeret jordbearbejdning	Lav	Behov for andre maskiner og teknik
	Reduceret kvælstofgødskning	Middel	Lavere udbytter
	Forbedret jordstruktur	Middel	Højere udbytter
Kulstofbalance	Øgede udbytter	Lav*	
	Flere planterester	Høj*	Lattergas fra planterester Større dyrkningssikkerhed
	Biokul	Høj	Ikke lige egnet til alle jordtyper Langtidseffekter ukendte Kræver investeringer og logistik
	Reduceret jordbearbejdning	Lav	Risiko for reduceret dyrkningssikkerhed
	Flerårige afgrøder	Fmtl. høj	Færre etårige afgrøder

*Effekten forventes lavere eller højere i roedyrkningsområdet grundet det nuværende udgangspunkt

Gødningforsøg 2023 - 2024

Led	Metode	N-mængder	t
1	Ugødet	0 kg N/ha	2023
2	Placeret gødning	40 kg N/ha	
3		80 kg N/ha	
4		120 kg N/ha	
5	Bredspredt gødning	120 kg N/ha	2023
6	Placeret gødning	120 kg N/ha + NFH	
7	Bredspredt gødning	120 kg N/ha + NFH	
8	Placeret + rækkegødskning	60+2*10 kg N/ha	
9		40+4*10 kg N/ha	
10	Placeret + spotgødskning	40+4*10 kg N/ha	
11		20+6*10 kg N/ha	

Received: 10 July 2023

Revised: 14 August 2023

Accepted: 11 September 2023

DOI: 10.1111/gcb.16962



WILEY

OPINION

Challenges of accounting nitrous oxide emissions from agricultural crop residues

Jørgen E. Olesen¹ | Robert M. Rees² | Sylvie Recous³ | Marina A. Bleken⁴ |
Diego Abalos¹ | Ishita Ahuja^{5,6} | Klaus Butterbach-Bahl^{1,7} | Marco Carozzi⁸ |
Chiara De Notaris^{1,9} | Maria Ernfors¹⁰ | Edwin Haas⁷ | Sissel Hansen⁵ |
Baldur Janz⁷ | Gwenaëlle Lashermes³ | Raia S. Massad⁸ | Søren O. Petersen¹ |
Tatiana F. Rittl^{4,5} | Clemens Scheer⁷ | Kate E. Smith¹¹ | Pascal Thiébeau³ |
Arezoo Taghizadeh-Toosi^{1,12,13} | Rachel E. Thorman¹¹ | Cairistiona F. E. Topp²

Forsøg med nedmuldning af roetop oktober 2023 – høst 2024

Led	Metode	N-mængder
1	Roetop nedmuldes	Ingen vinterhvede
2	Roetop nedmuldes	Vinterhvede
3	Roetop nedmuldes	Nitrifikationshæmmer
4	Roetop fjernes	Vinterhvede

Forsøg med nedmuldning af efterafgrøde 2022-2024

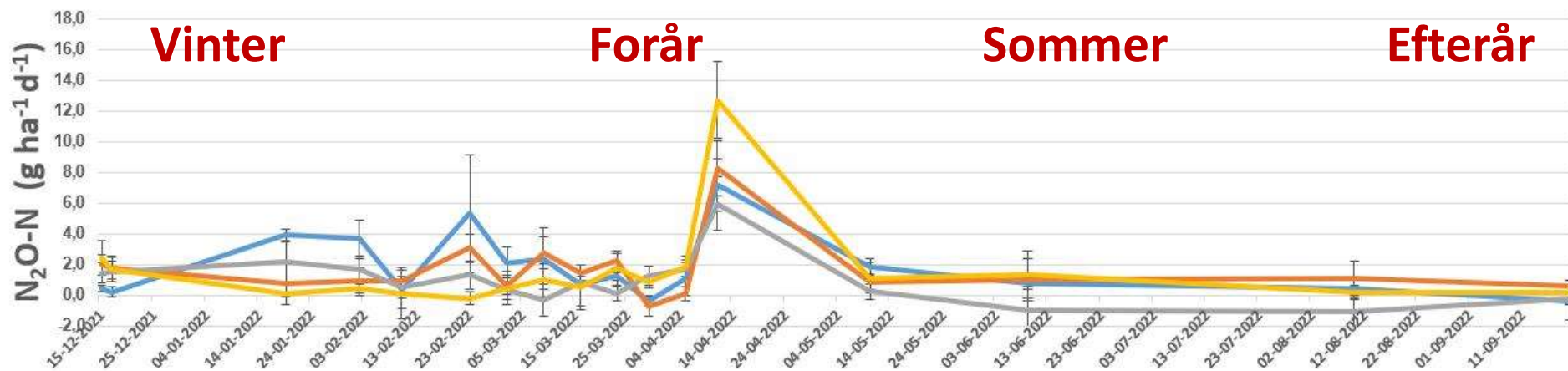




N₂O

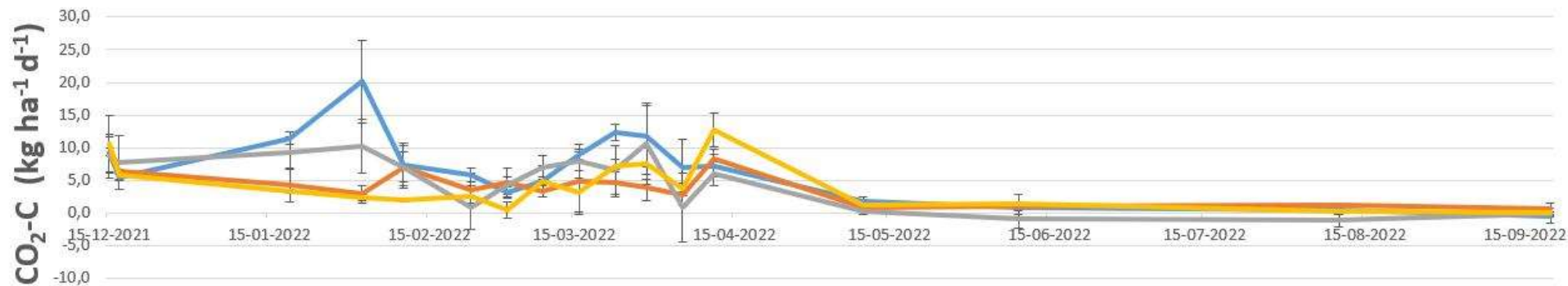
2021-12-15 til 2022-09-20

(error bars = SE)



Samarbejde med Sveriges Landbruksuniversitet i Alnarp

CO₂



Sammenfatning

- Risiko for lattergas fra primært gødning og planterester
- Stor variation i emission fra plantedyrkning
- Datagrundlag generelt unuanceret
- Forsøg m.m. 2022+ med kvantificering af konkrete effekter

Klimaeffekter og virkemidler i roedyrkingen



Projektleder
Otto Nielsen,
NBR Nordic
Beet Research

NBR har i samarbejde med blandt andet Sveriges Landbrugsuniversitet (SLU-Alnarp) igangsat diverse aktiviteter for at kvantificere og afdække mulighederne for at reducere sukkerroedyrkningens klimaeffekt. Med denne artikel gives en indledende oversigt over relevante klimaeffekter med et første forsigtigt bud på effekten af diverse virkemidler.

De usynlige klimagasser

Menneskelig aktivitet påvirker klimaet gennem udledning af såkaldte drivhusgasser, hvoraf metan og lattergas er de væsentligste kilder fra landbruget. Koncentrerer vi os om plantedyrkning, er det næsten udelukkende lattergas, som bidrager til klimaeffekten, og denne udgør i størrelsesordenen 10 % af Danmarks samlede klimaeffekt. Dannelsen af lattergas er koblet til kvælstofs omsætning i jorden, og lattergasemissionen sker typisk som kortvarige usynlige udslip, når de rette betingelser er til stede.

Usikkerhed om lattergasemission

Specielt for lattergas er der stor usikkerhed om hvor meget lattergas, der reelt dannes. Dette skyldes blandt andet

det punktvis udslip og stor variation mellem og indenfor marker samt fra år til år. Man har fra officiel side fastlagt såkaldte emissionsfaktorer, og disse anvendes til at estimere Danmarks samlede bidrag. Der er behov for, at disse estimater forbedres for præcist at vide, hvor en indsats giver mening (*foto 1*). På den anden side er der formodentligt områder, hvor man relativt omkostningsfrit kan reducere risikoen for dannelse af lattergas, eller hvor reduktionen er koblet med en forbedret driftsøkonomi. Dette må for eksempel antages at gælde for en øget kvælstofeffektivitet.

Virkemidler

Klimaeffekter kan påvirkes ved hjælp af forskellige virkemidler, som hver især forventes at have forskellig grad af effekt (*tabel 1*). Effekterne er varierende og til dels ukendte og afhænger i høj grad af udgangspunktet samt afledte effekter af at indføre virkemidlerne. Roedyrkning foregår eksempelvis typisk på jorde med et relativt lavt kulstofindhold. Der er derfor et stort potentiale for at indleje yderligere kulstof, hvilket alt andet lige forbedrer dyrkningssikkerheden i form af forbedret jordstruktur. Indlejrning af planterester medfører imidlertid en forøget risiko for lattergasdannelse, hvis indlejrningen foretages på en uhensigtsmæssig måde som eksempelvis nedpløjning af planterester med lavt C/N forhold under iltfattige forhold.

NBR-forsøg

NBR har igangsat forsøg for at sammenligne effekten af de forskellige



Foto 1. I udvalgte NBR-forsøg indgår lattergasmålinger. Denne udføres ved at opsætte kamre, hvorfra der udtages luftprøver til analyse for klimagasser. Målingerne udføres løbende i dyrkningssæsonen og især i perioder, når der forventes en øget risiko for lattergasdannelse. Ved hver måling udtages 2-4 luftprøver i løbet af en time. Rammerne (og de tilhørende kamre) er en del af NBR's samarbejde med SLU-Alnarp.

Tabel 1 . Klimaeffekter og virkemidler ved plantedyrkning samt deres forventede effekter.

Klimaeffekt	Virkemiddel	Forventet effekt	Afledte effekter af virkemiddel m.m.
Lattergas fra kvælstofgødning	Reduceret dosis	Lav*	Lavere udbytter Fmtl. reduceret N-udvaskning
	Gradueret dosis	Lav-middel	Potentielt forbedret driftøkonomi
	Optimeret tildelingsteknik	Ukendt	Potentielt forbedret driftøkonomi
	Nitrifikationshæmmere	Middelhøj	Miljøeffekter ikke fuldt afklaret
Lattergas fra planterester	Bortførelse af planterester	Variabel	Føringet kulstofbalance Øget gødningsbehov Føret risiko for jordpakning Eventuelt forbedret driftøkonomi
	Nitrifikationshæmmere	Ukendt	Miljøeffekter ikke fuldt afklaret
	Optimeret jordbearbejdning	Lav	Behov for andre maskiner og teknik
	Reduceret kvælstofgødning	Middel	Lavere udbytter
	Forbedret jordstruktur	Middel	Højere udbytter
	Kulstofbalance	Øgede udbytter	Lav*
Flere planterester		Høj*	
Biokul		Høj	Ikke lige egnet til alle jordtyper Langtidseffekter ukendte Kræver investeringer og logistik
Reduceret jordbearbejdning		Lav	Risiko for reduceret dyrkningssikkerhed
Flerårige afgrøder		Fmtl. høj	Færre etårige afgrøder

*Effekten forventes lavere eller højere i roedyrkningsområdet grundet det nuværende udgangspunkt

virke midler og deres afledte effekter på eksempelvis udbytniveau. Det forventes på forhånd, at effekten af at reducere kvælstofniveauet er lavt. Dette skyldes, at sukkerroer i forvejen tildeles en mindre mængde kvælstof, end de samlet set har brug for, og dermed er der risiko for, at udbytniveauet falder u hensigtsmæssigt. Det forventes derimod, at det giver mening at gradue kvælstofniveauet, optimere på tildelingsteknik eller anvende nitrifikationshæmmere, og disse elementer indgår derfor i igangværende forsøgs-serier vedrørende kvælstofgødning.

I roedyrkingen indarbejdes planterester i form af roetop, og når der forud for sukkerroer dyrkes efterafgrøder. Også her er der en række virkemidler, som kan reducere risikoen for lattergasdannelse. Et af fokusområderne er bortførelse af planterester, da der er en føret og forventelig stigende efterspørgsel på biomasse. Udfordringen er her en række afledte effekter, som overvejende er negative som for eksempel føringt kulstofbalance og føret

risiko for jordpakning i forbindelse med høst af biomasse. Driftøkonomien kan potentielt forbedres, men afhænger af energipriser og politiske tiltag i form af afgifter og støtteordninger.

NBR's forsøg med planterester omfatter både efterafgrøder (foto 2) og

roetop, og i forsøgene indgår primært bortførelse, nitrifikationshæmmere og i mindre omfang jordbearbejdning og den førede risiko for jordpakning. Ved nedmuldning af roetop indgår endvidere effekten af efterfølgende dyrkning af enten vinterhvede eller vårbyg. ■



Foto 2. NBR-forsøg med gødskning og bortførelse af efterafgrøder. Forsøgsarealet blev efterfølgende pløjet eller dybdeharvet, hvorefter udslip af lattergas blev målt frem til høst af sukkerroerne.



Inspirationsdag 2024

Minimering af sukkerroers klimaaftryk

Otto Nielsen, Nordic Beet Research
on@nbrf.nu / 23 61 70 57

Indhold

- Årlige estimater af danske drivhusgasemissioner
- Drivhusgasemission fra landbrug → plantedyrkning
- Virkemidler og afledte effekter
- Forsøgsaktiviteter



DENMARK'S NATIONAL INVENTORY REPORT 2023

Emission Inventories 1990-2021 – Submitted under the United Nations
Framework Convention on Climate Change

Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy

No. 541

2023

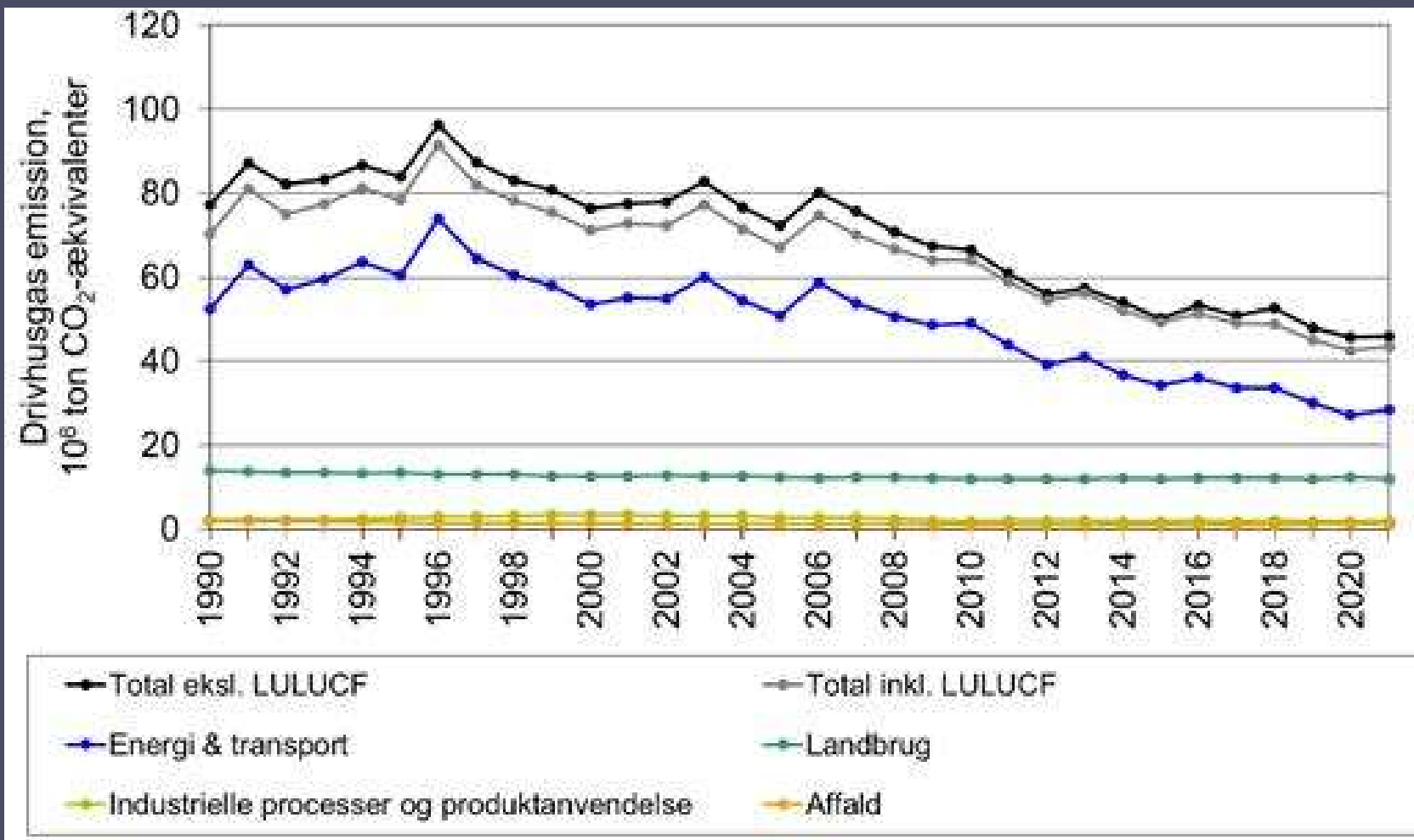
S.1.3 Drivhusgasser

Til Klimakonventionen rapporteres følgende drivhusgasser:

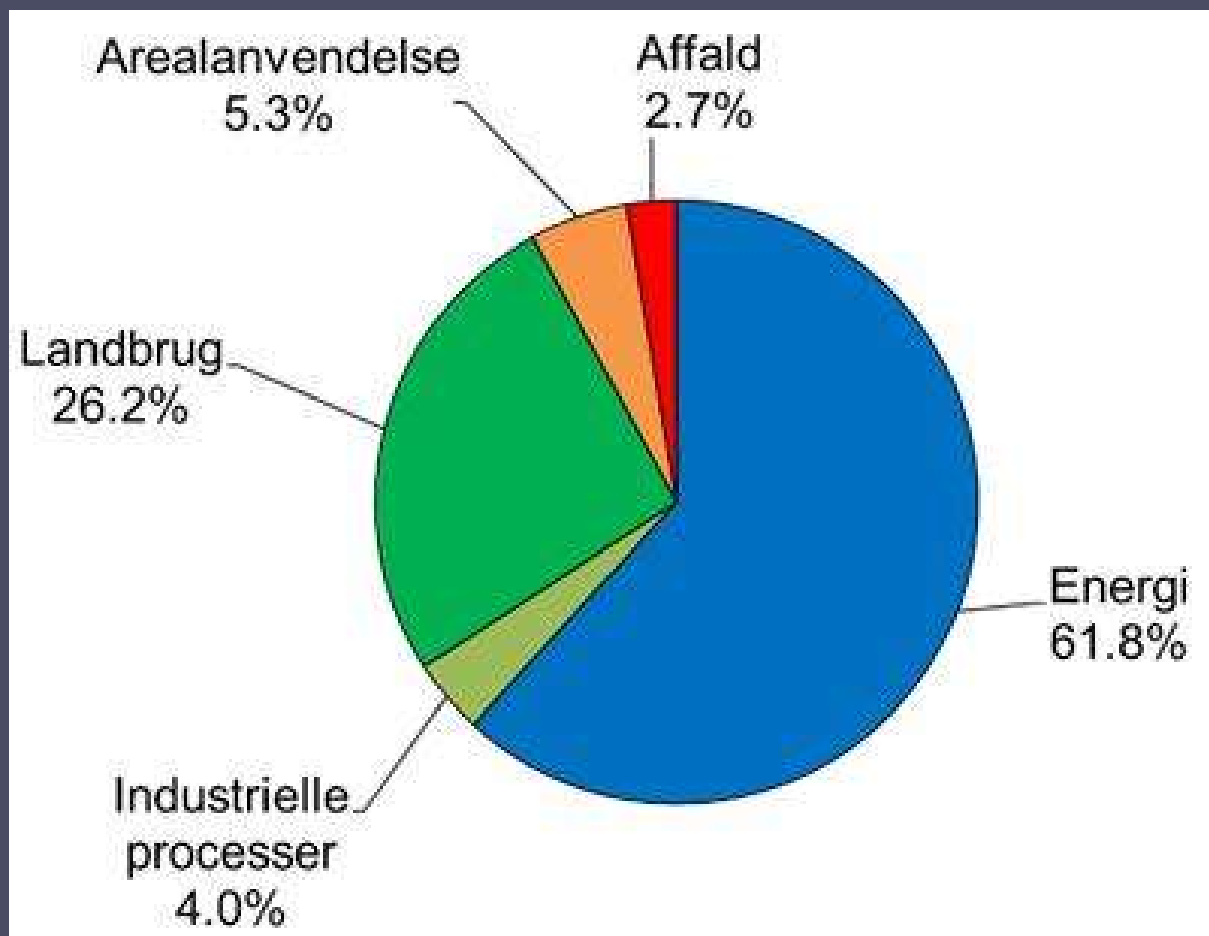
- Kuldioxid CO_2
- Metan CH_4
- Lattergas N_2O
- Hydrofluorcarboner HFC'er
- Perfluorcarboner PFC'er
- Svovlhexafluorid SF_6
- Nitrogentrifluorid NF_3

Global Warming Potential (GWP)

- Kuldioxid, CO_2 : 1
- Metan, CH_4 : 28
- Lattergas, N_2O : 265



Kilde: Denmark's National Inventory Report 2023

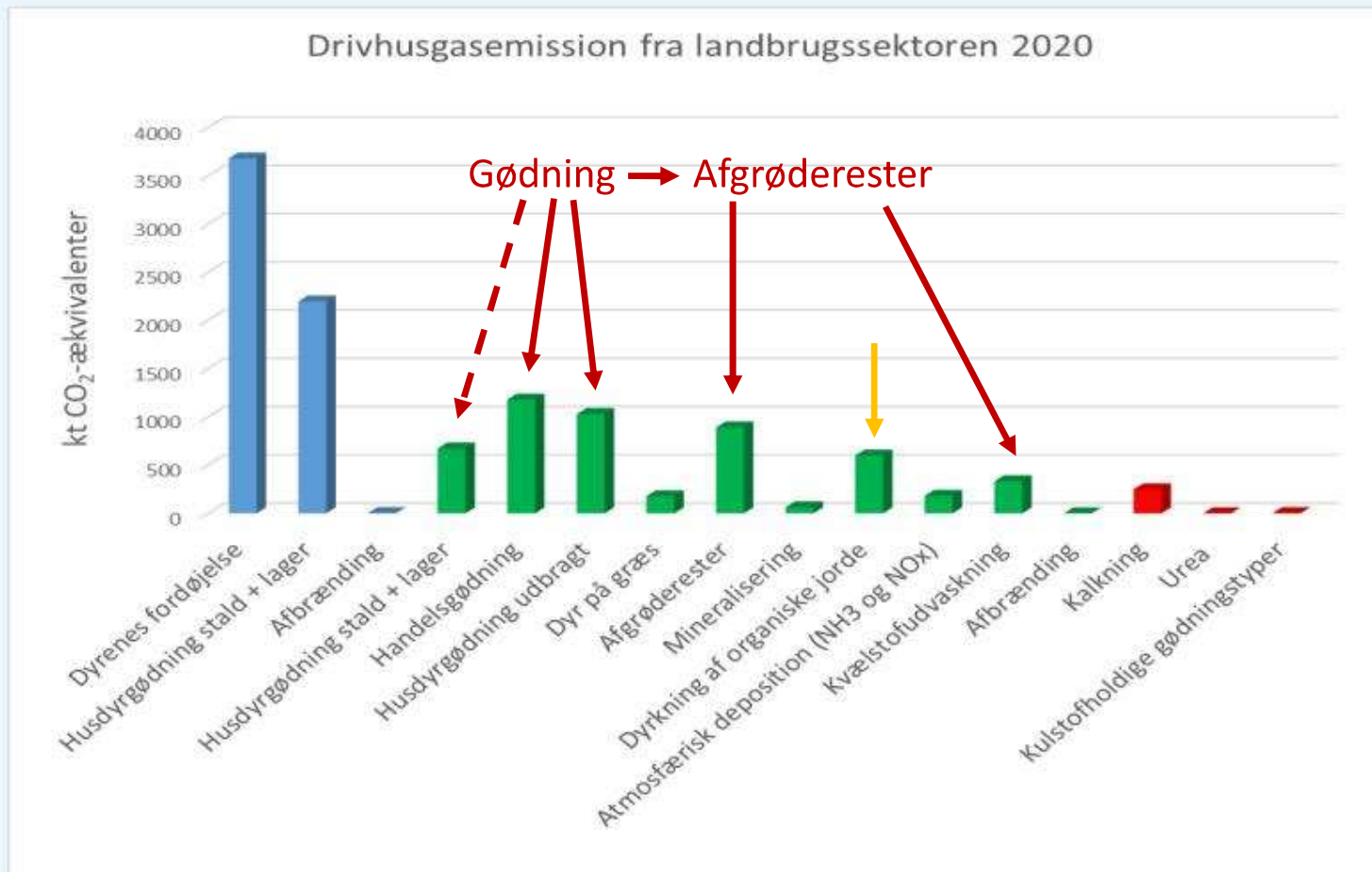


Kilde: Denmark's National Inventory Report 2023

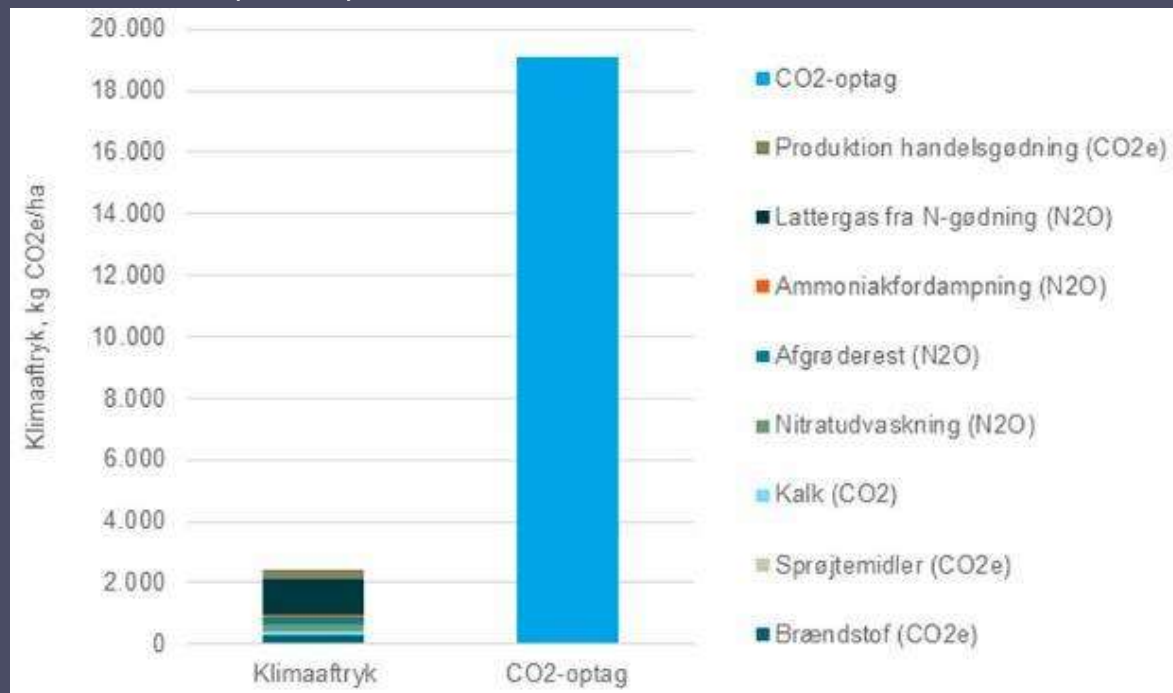
Table 5.1 Emission of GHG in the agricultural sector in Denmark 1990 – 2021.

	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2018	2019	2020	2021
CH ₄ , kt CO ₂ eqv.	7 013	7 354	7 315	7 379	7 289	7 171	7 273	7 087	7 257	7 209
N ₂ O, kt CO ₂ eqv.	6 270	5 566	5 092	4 831	4 640	4 682	4 629	4 807	4 877	4 590
CO ₂ , kt CO ₂ eqv.	613	534	268	222	156	176	244	185	254	276
Total, kt CO ₂ eqv.	13 896	13 453	12 674	12 432	12 085	12 029	12 146	12 079	12 389	12 074

Emissioner fra landbruget i 2020



ESGreenTool (SEGES) – vinterhvede

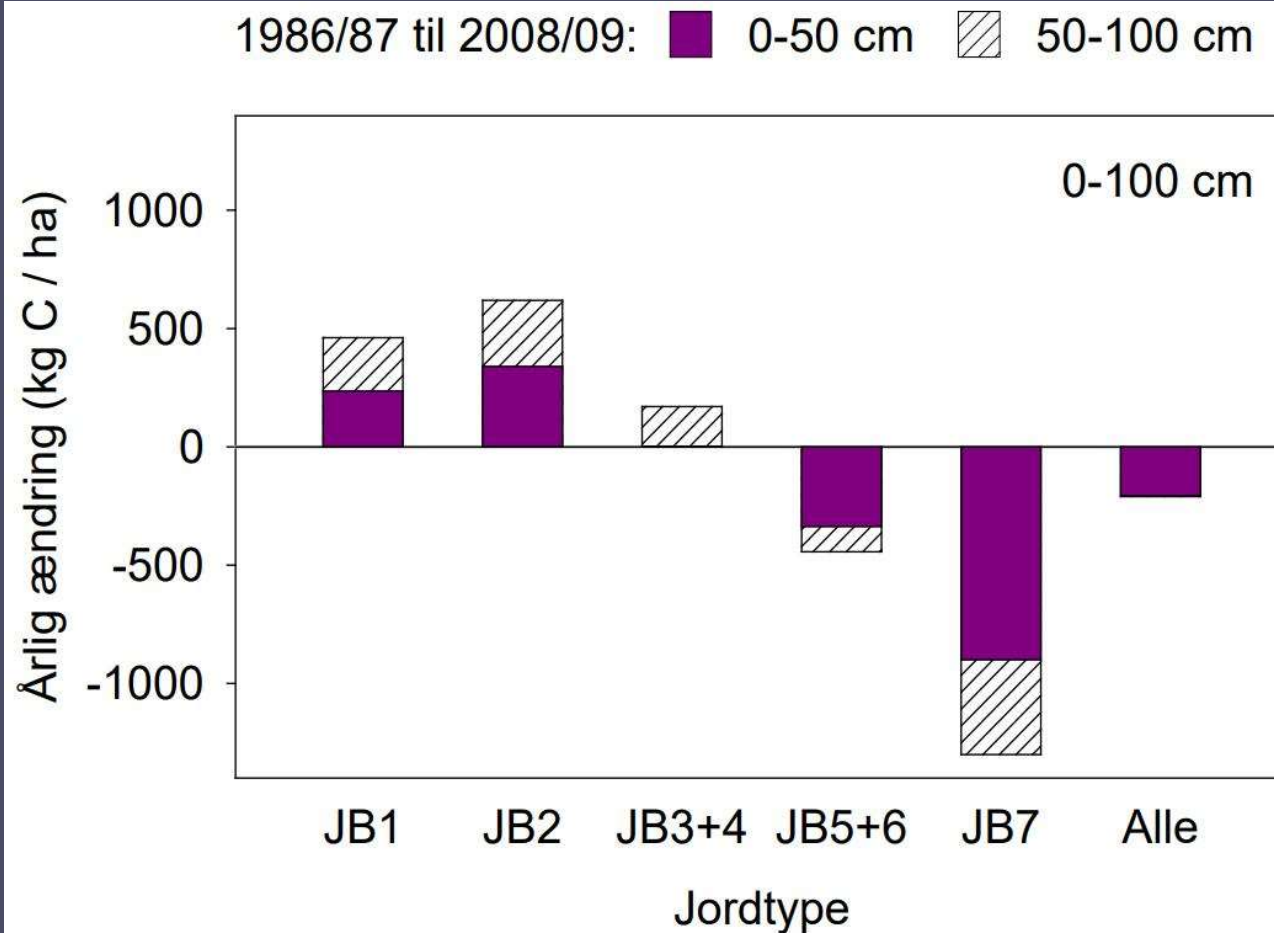


Kilde: https://www.landbrugsinfo.dk/public/6/a/5/afgroder_klimaaftryk_marker_afgroder

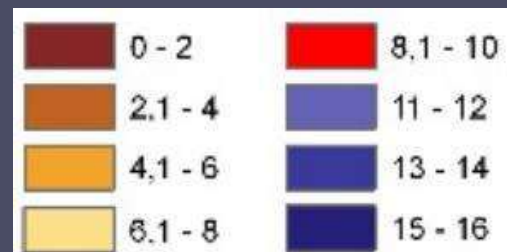
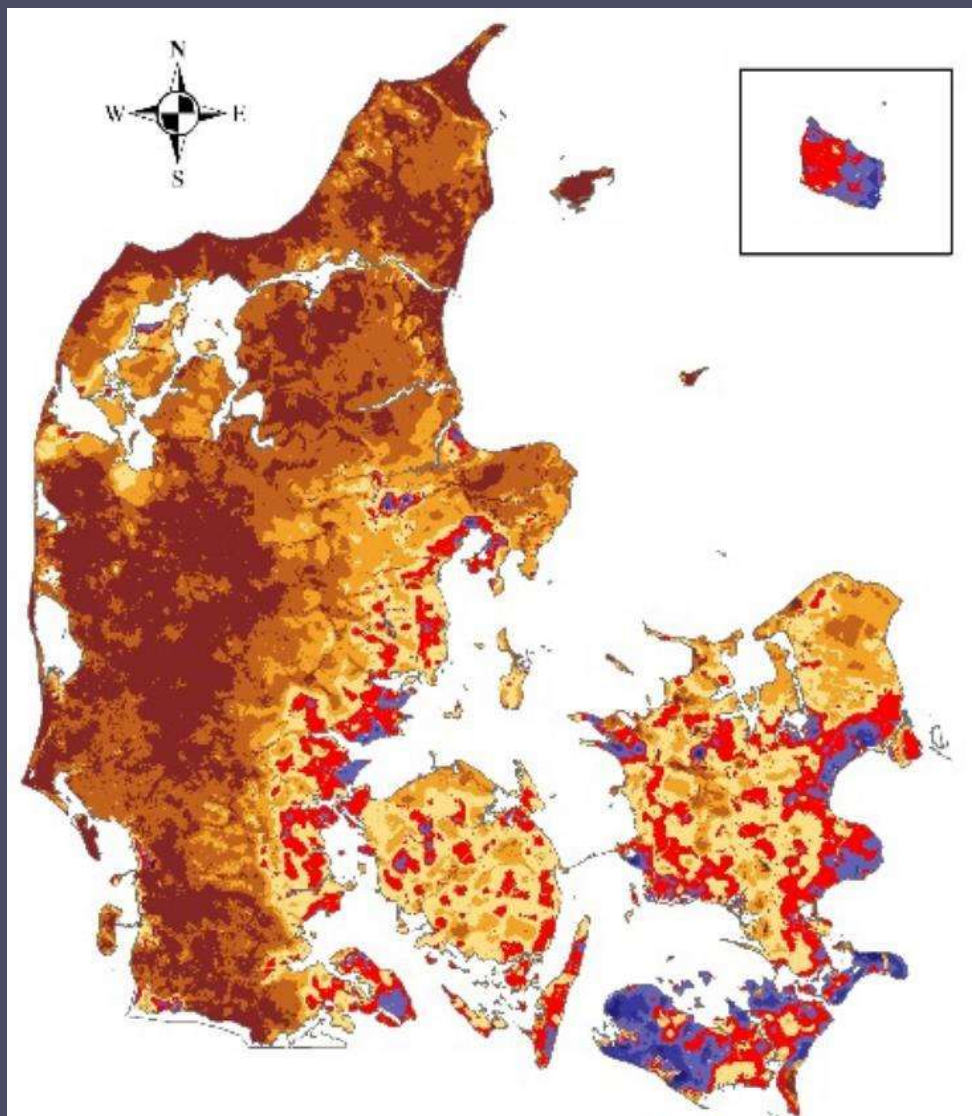
ESGreenTool (SEGES) – sukkerroer

- Analyse af 10 bedrifter i 2023
- Udvidede analyser i 2024





Figur 1. Gennemsnitlig årlig ændring i perioden 1986/87 til 2008/09 i indholdet af kulstof i jord (0-1 meter) fra Kvadratnettet.



Udvikling i jordens kulstof og konsekvenser heraf

22 august 2017

Forfattere:

Jørgen E. Olesen, Bent T. Christensen, Per Schjøning, Lars Elsgaard
Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi

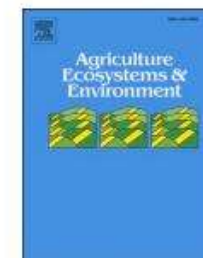


ELSEVIER

Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Agriculture, Ecosystems and Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/agee



Higher N₂O emissions from organic compared to synthetic N fertilisers on sandy soils in a cool temperate climate

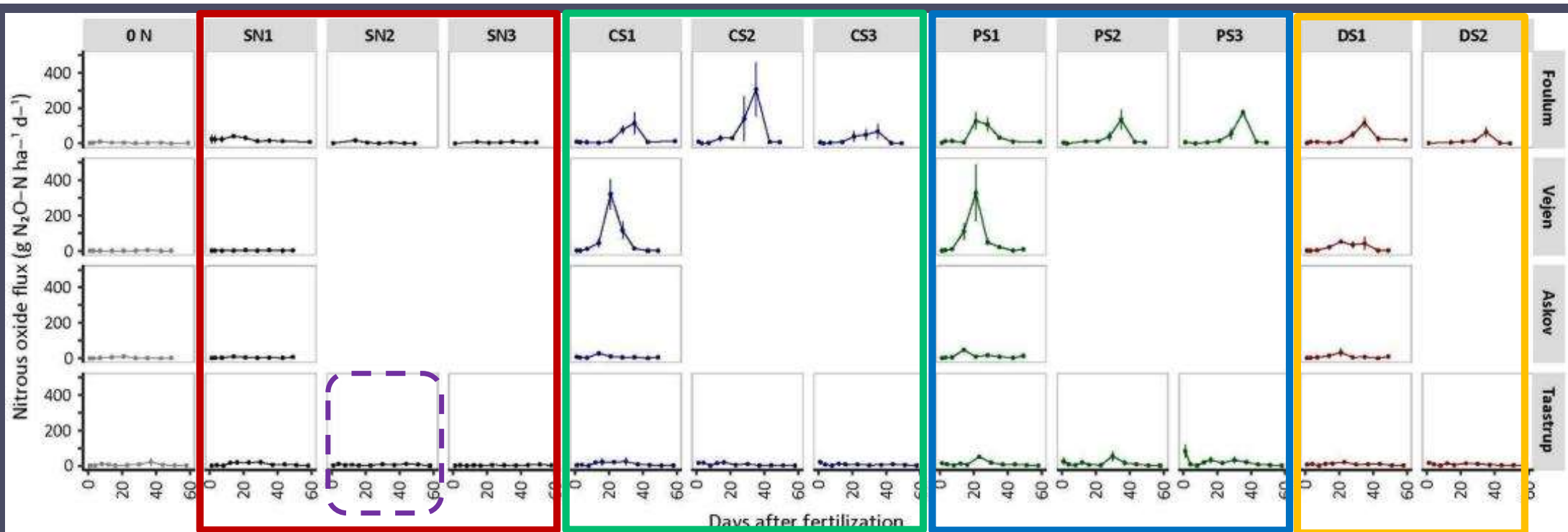
Søren O. Petersen^{a,*}, Leanne E.K. Peixoto^a, Helle Sørensen^b, Azeem Tariq^{c,1},
Andreas Brændholt^c, Line Vinther Hansen^c, Diego Abalos^a, Alice Thoft Christensen^d,
Cecilie Skov Nielsen^d, Johannes W.M. Pullens^a, Sander Bruun^c, Lars Stoumann Jensen^c,
Jørgen E. Olesen^a

^a Department of Agroecology, Aarhus University, Tjele, Denmark

^b Data Science Lab, Department of Mathematical Sciences, University of Copenhagen, København Ø, Denmark

^c Department of Plant and Environmental Sciences, University of Copenhagen, Frederiksberg C, Denmark

^d SEGES Innovation P/S, Aarhus N, Denmark



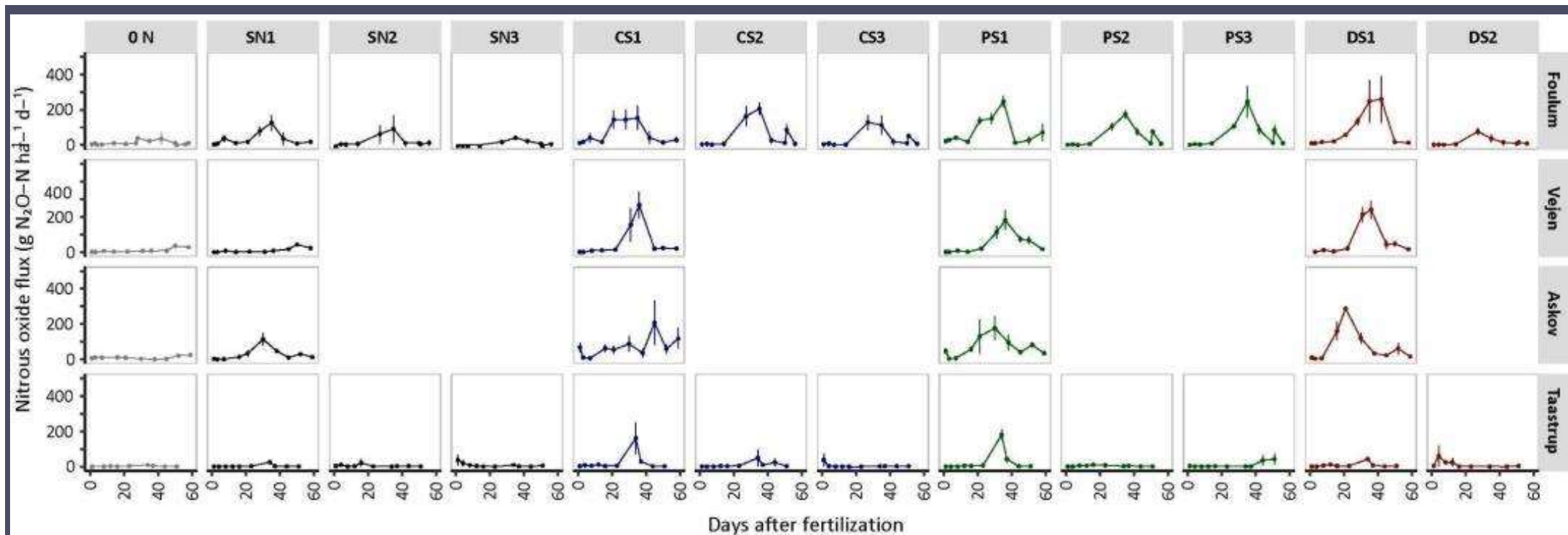
Ugødet
0

Kunstgødning
124

Kvæggylle
177

Svinegylle
165

Biogasgylle
165 kg N/ha



Tabel 1 : Klimaeffekter og virkemidler ved planterdyrkning samt deres forventede effekter.

Klimaeffekt	Virkemiddel	Forventet effekt	Afledte effekter af virkemiddel m.m.
Lattergas fra kvælstofgødning	Reduceret dosis	Lav*	Lavere udbytter Fmtl. reduceret N-udvaskning
	Gradueret dosis	Lav-middel	Potentielt forbedret driftøkonomi
	Optimeret tildelingsteknik	Ukendt	Potentielt forbedret driftøkonomi
	Nitrifikationshæmmere	Middelhøj	Miljøeffekter ikke fuldt afklaret
Lattergas fra planterester	Bortførsel af planterester	Variabel	Forringet kulstofbalance Øget gødningsbehov Forøget risiko for jordpakning Eventuelt forbedret driftøkonomi
	Nitrifikationshæmmere	Ukendt	Miljøeffekter ikke fuldt afklaret
	Optimeret jordbearbejdning	Lav	Behov for andre maskiner og teknik
	Reduceret kvælstofgødskning	Middel	Lavere udbytter
	Forbedret jordstruktur	Middel	Højere udbytter
Kulstofbalance	Øgede udbytter	Lav*	
	Flere planterester	Høj*	Lattergas fra planterester Større dyrkningssikkerhed
	Biokul	Høj	Ikke lige egnet til alle jordtyper Langtidseffekter ukendte Kræver investeringer og logistik
	Reduceret jordbearbejdning	Lav	Risiko for reduceret dyrkningssikkerhed
	Flerårige afgrøder	Fmtl. høj	Færre etårige afgrøder

*Effekten forventes lavere eller højere i roedyrkningsområdet grundet det nuværende udgangspunkt

Gødningforsøg 2023 - 2024

Led	Metode	N-mængder	t
1	Ugødet	0 kg N/ha	2023
2	Placeret gødning	40 kg N/ha	
3		80 kg N/ha	
4		120 kg N/ha	
5	Bredspredt gødning	120 kg N/ha	2023
6	Placeret gødning	120 kg N/ha + NFH	
7	Bredspredt gødning	120 kg N/ha + NFH	
8	Placeret + rækkegødskning	60+2*10 kg N/ha	
9		40+4*10 kg N/ha	
10	Placeret + spotgødskning	40+4*10 kg N/ha	
11		20+6*10 kg N/ha	

Received: 10 July 2023

Revised: 14 August 2023

Accepted: 11 September 2023

DOI: 10.1111/gcb.16962



WILEY

OPINION

Challenges of accounting nitrous oxide emissions from agricultural crop residues

Jørgen E. Olesen¹ | Robert M. Rees² | Sylvie Recous³ | Marina A. Bleken⁴ |
Diego Abalos¹ | Ishita Ahuja^{5,6} | Klaus Butterbach-Bahl^{1,7} | Marco Carozzi⁸ |
Chiara De Notaris^{1,9} | Maria Ernfors¹⁰ | Edwin Haas⁷ | Sissel Hansen⁵ |
Baldur Janz⁷ | Gwenaëlle Lashermes³ | Raia S. Massad⁸ | Søren O. Petersen¹ |
Tatiana F. Rittl^{4,5} | Clemens Scheer⁷ | Kate E. Smith¹¹ | Pascal Thiébeau³ |
Arezoo Taghizadeh-Toosi^{1,12,13} | Rachel E. Thorman¹¹ | Cairistiona F. E. Topp²

Forsøg med nedmuldning af roetop oktober 2023 – høst 2024

Led	Metode	N-mængder
1	Roetop nedmuldes	Ingen vinterhvede
2	Roetop nedmuldes	Vinterhvede
3	Roetop nedmuldes	Nitrifikationshæmmer
4	Roetop fjernes	Vinterhvede

Forsøg med nedmuldning af efterafgrøde 2022-2024

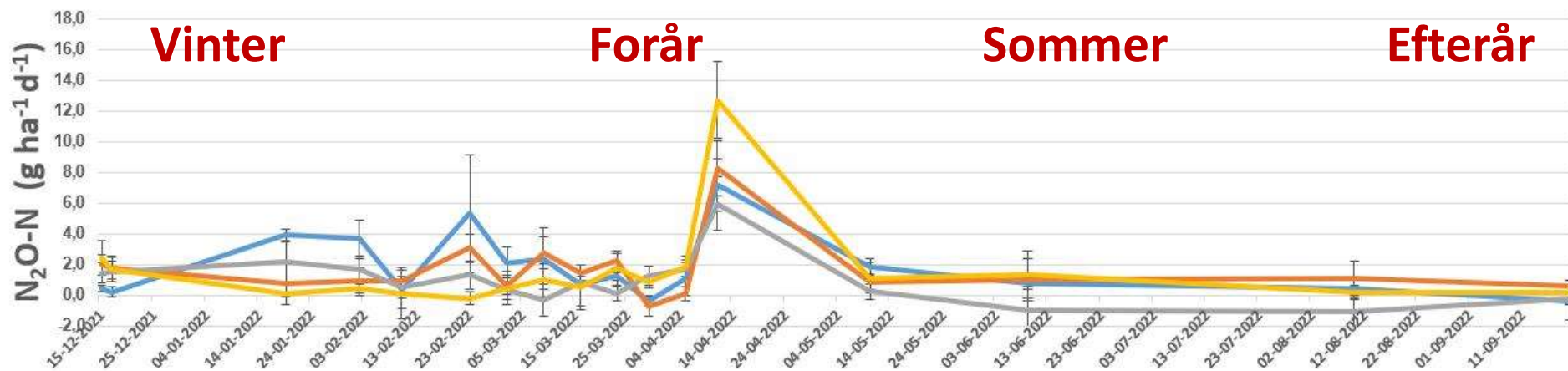




N₂O

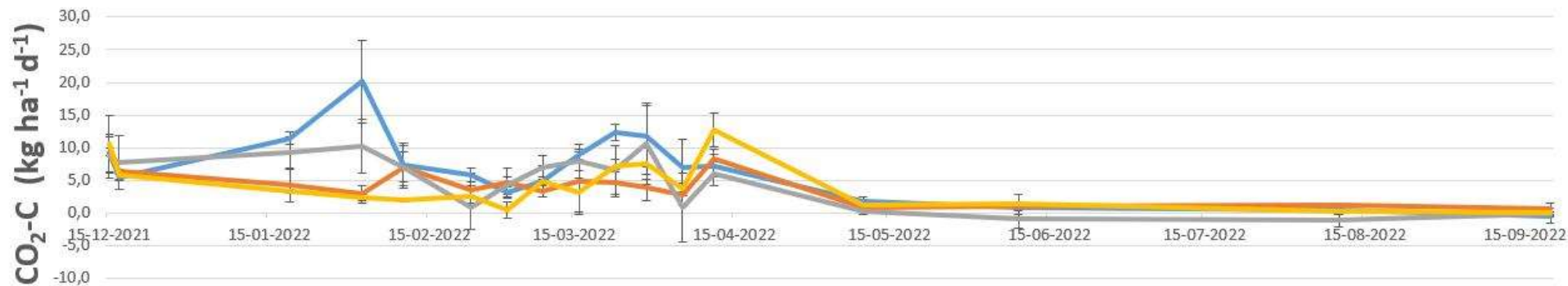
2021-12-15 til 2022-09-20

(error bars = SE)



Samarbejde med Sveriges Landbruksuniversitet i Alnarp

CO₂



Sammenfatning

- Risiko for lattergas fra primært gødning og planterester
- Stor variation i emission fra plantedyrkning
- Datagrundlag generelt unuanceret
- Forsøg m.m. 2022+ med kvantificering af konkrete effekter

Klimaeffekter og virkemidler i roedyrkingen



Projektleder
Otto Nielsen,
NBR Nordic
Beet Research

NBR har i samarbejde med blandt andet Sveriges Landbrugsuniversitet (SLU-Alnarp) igangsat diverse aktiviteter for at kvantificere og afdække mulighederne for at reducere sukkerroedyrkningens klimaeffekt. Med denne artikel gives en indledende oversigt over relevante klimaeffekter med et første forsigtigt bud på effekten af diverse virkemidler.



Foto 1. I udvalgte NBR-forsøg indgår lattergasmålinger. Denne udføres ved at opsætte kamre, hvorfra der udtages luftprøver til analyse for klimagasser. Målingerne udføres løbende i dyrkningssæsonen og især i perioder, når der forventes en øget risiko for lattergasdannelse. Ved hver måling udtages 2-4 luftprøver i løbet af en time. Rammerne (og de tilhørende kamre) er en del af NBR's samarbejde med SLU-Alnarp.

De usynlige klimagasser

Menneskelig aktivitet påvirker klimaet gennem udledning af såkaldte drivhusgasser, hvoraf metan og lattergas er de væsentligste kilder fra landbruget. Koncentrerer vi os om plantedyrkning, er det næsten udelukkende lattergas, som bidrager til klimaeffekten, og denne udgør i størrelsesordenen 10 % af Danmarks samlede klimaeffekt. Dannelsen af lattergas er koblet til kvælstofs omsætning i jorden, og lattergasemissionen sker typisk som kortvarige usynlige udslip, når de rette betingelser er til stede.

Usikkerhed om lattergasemission

Specielt for lattergas er der stor usikkerhed om hvor meget lattergas, der reelt dannes. Dette skyldes blandt andet

det punktvis udslip og stor variation mellem og indenfor marker samt fra år til år. Man har fra officiel side fastlagt såkaldte emissionsfaktorer, og disse anvendes til at estimere Danmarks samlede bidrag. Der er behov for, at disse estimer forbedres for præcist at vide, hvor en indsats giver mening (foto 1). På den anden side er der formodentligt områder, hvor man relativt omkostningsfrit kan reducere risikoen for dannelse af lattergas, eller hvor reduktionen er koblet med en forbedret driftsøkonomi. Dette må for eksempel antages at gælde for en øget kvælstofeffektivitet.

Virkemidler

Klimaeffekter kan påvirkes ved hjælp af forskellige virkemidler, som hver især forventes at have forskellig grad af effekt (tabel 1). Effekterne er varierende og til dels ukendte og afhænger i høj grad af udgangspunktet samt afledte effekter af at indføre virkemidlerne. Roedyrkning foregår eksempelvis typisk på jorde med et relativt lavt kulstofindhold. Der er derfor et stort potentiale for at indleje yderligere kulstof, hvilket alt andet lige forbedrer dyrkningssikkerheden i form af forbedret jordstruktur. Indlejrning af planterester medfører imidlertid en forøget risiko for lattergasdannelse, hvis indlejrningen foretages på en uhensigtsmæssig måde som eksempelvis nedpløjning af planterester med lavt C/N forhold under iltfattige forhold.

NBR-forsøg

NBR har igangsat forsøg for at sammenligne effekten af de forskellige

Tabel 1 . Klimaeffekter og virkemidler ved plantedyrkning samt deres forventede effekter.

Klimaeffekt	Virkemiddel	Forventet effekt	Afledte effekter af virkemiddel m.m.
Lattergas fra kvælstofgødning	Reduceret dosis	Lav*	Lavere udbytter Fmtl. reduceret N-udvaskning
	Gradueret dosis	Lav-middel	Potentielt forbedret driftøkonomi
	Optimeret tildelingsteknik	Ukendt	Potentielt forbedret driftøkonomi
	Nitrifikationshæmmere	Middelhøj	Miljøeffekter ikke fuldt afklaret
Lattergas fra planterester	Bortførelse af planterester	Variabel	Føringet kulstofbalance Øget gødningsbehov Føret risiko for jordpakning Eventuelt forbedret driftøkonomi
	Nitrifikationshæmmere	Ukendt	Miljøeffekter ikke fuldt afklaret
	Optimeret jordbearbejdning	Lav	Behov for andre maskiner og teknik
	Reduceret kvælstofgødning	Middel	Lavere udbytter
	Forbedret jordstruktur	Middel	Højere udbytter
	Kulstofbalance	Øgede udbytter	Lav*
	Flere planterester	Høj*	Større dyrkningssikkerhed
	Biokul	Høj	Ikke lige egnet til alle jordtyper Langtidseffekter ukendte Kræver investeringer og logistik
	Reduceret jordbearbejdning	Lav	Risiko for reduceret dyrkningssikkerhed
	Flerårige afgrøder	Fmtl. høj	Færre etårige afgrøder

*Effekten forventes lavere eller højere i roedyrkningsområdet grundet det nuværende udgangspunkt

virke midler og deres afledte effekter på eksempelvis udbytniveau. Det forventes på forhånd, at effekten af at reducere kvælstofniveauet er lavt. Dette skyldes, at sukkerroer i forvejen tildeles en mindre mængde kvælstof, end de samlet set har brug for, og dermed er der risiko for, at udbytniveauet falder u hensigtsmæssigt. Det forventes derimod, at det giver mening at gradue kvælstofniveauet, optimere på tildelingsteknik eller anvende nitrifikationshæmmere, og disse elementer indgår derfor i igangværende forsøgs-serier vedrørende kvælstofgødning.

I roedyrkingen indarbejdes planterester i form af roetop, og når der forud for sukkerroer dyrkes efterafgrøder. Også her er der en række virkemidler, som kan reducere risikoen for lattergasdannelse. Et af fokusområderne er bortførelse af planterester, da der er en føret og forventelig stigende efterspørgsel på biomasse. Udfordringen er her en række afledte effekter, som overvejende er negative som for eksempel føringt kulstofbalance og føret

risiko for jordpakning i forbindelse med høst af biomasse. Driftøkonomien kan potentielt forbedres, men afhænger af energipriser og politiske tiltag i form af afgifter og støtteordninger.

NBR's forsøg med planterester omfatter både efterafgrøder (foto 2) og

roetop, og i forsøgene indgår primært bortførelse, nitrifikationshæmmere og i mindre omfang jordbearbejdning og den førede risiko for jordpakning. Ved nedmuldning af roetop indgår endvidere effekten af efterfølgende dyrkning af enten vinterhvede eller vårbyg. ■



Foto 2. NBR-forsøg med gødskning og bortførelse af efterafgrøder. Forsøgsarealet blev efterfølgende pløjet eller dybdeharvet, hvorefter udslip af lattergas blev målt frem til høst af sukkerroerne.