

# KLIMAEFFEKT VED GASTÆT OPBEVARING AF KORN

*Sammenlignet med traditionel tørring og lagring  
på planlager eller i silo*



## Indhold

Klimaeffekt ved gastæt opbevaring af korn sammenlignet med traditionel tørring og lagring på planlager .....	2
Klimaeffekt ved gastæt lagring af korn (opsamling).....	2
1. Klimabelastningen ved dyrkning af foderkorn i Danmark .....	3
2. Nedtørringsbehov og klimabelastning ved tørring .....	5
3. Åndingstab .....	10
4. Foderværdi af gastæt lagret korn og betydning for klimabelastning .....	11
5. Tidligere etablering af efterafgrøder .....	13
Referencer .....	14
Bilag 1. Klimabelastning ved dyrkning af vinterhvede og vårbyg .....	15
Lattergas emissioner .....	15
Fosfor- og kaliumgødning .....	15
Kalkning .....	16
Fremstilling af pesticider .....	16
Brændstofforbrug .....	16
El-forbrug i forbindelse med vanding .....	16

## Klimaeffekt ved gastæt opbevaring af korn sammenlignet med traditionel tørring og lagring på planlager

Der er i denne rapport udarbejdet et estimat for forskellen mellem emissioner af drivhusgasser ved henholdsvis gastæt opbevaring af korn og traditionel tørring og lagring på planlager. Estimatet kan indgå i en vurdering af gastæt opbevaring som en metode til reduktion af klimabelastningen ved husdyrproduktion.

Analysen er baseret på principperne fra livscyklusanalyser og har omfattet følgende delanalyser:

- Opgørelse af emissioner af drivhusgasser ved dyrkning af foderkorn i Danmark
- Analyse af nedtørringsbehov i korn høstet i Landsforsøgene set over en årrække fra 1992-2018
- Emission af drivhusgasser ved traditionel tørring og lagring af korn
- Eventuelle forskelle i åndingstab i korn ved henholdsvis gastæt og traditionel kornlagring
- Foderplan til slagtesvin med henholdsvis gastæt og traditionelt lagret korn
- Estimat på samlet effekt på emission af drivhusgasser ved gastæt lagring af korn

### Klimaeffekt ved gastæt lagring af korn (opsamling)

Der tages udgangspunkt i en situation med traditionel tørring af korn, som indgår i en foderplan til slagtesvin. Denne situation sammenlignes med en foderplan, hvor der anvendes vinterhvede og vårbjerg, der er opbevaret gastæt. Klimabelastningen fra de to opbevaringssystemer adskiller sig primært på tre områder:

- Energiforbruget til tørring
- Fordøjelighed af kornet
- Tab af tørstof ved ånding.

Tabel 1: Samlet opgørelse af klimapåvirkningen i fire scenarier.

	Sædvanligt estimat for tørringsbehov*	Nedtørrings- behov Landsforsøg	Nedtørrings- behov Landsforsøg + 1 pct.	Nedtørrings- behov 3 pct.**
Gns. vandprocent ved høst, pct.	16,50	16,87	16,56	18,00
Vandmængde, der tørres væk, kg/hkg korn	1,76	2,20	2,97	3,53
CO <sub>2</sub> -emission fra fyringsolie til tørring, kg CO <sub>2</sub> ækv. pr. hkg	0,34	0,43	0,58	0,69
CO <sub>2</sub> -emission fra elforbrug til tørring (luftblæser), kg CO <sub>2</sub> ækv. pr. hkg	0,09	0,11	0,14	0,16
CO <sub>2</sub> -emission fra elforbrug til nedkøling (luftblæser), kg CO <sub>2</sub> ækv. pr. hkg	0,014	0,014	0,014	0,014
CO <sub>2</sub> -emission. fra energi i alt, kg CO <sub>2</sub> ækv. pr. hkg kerne	0,45	0,55	0,73	0,86
Eventuelt mindre åndingstab (estimeret til 1%), kg CO <sub>2</sub> ækv. pr. hkg	0,29	0,29	0,29	0,29
Øget foderværdi (højere fordøjelighed), kg CO <sub>2</sub> ækv. pr. hkg	0,51	0,51	0,51	0,51
<b>Klimaeffekt i alt ved gastæt lagring, kg CO<sub>2</sub> ækv. pr. hkg kerne</b>	<b>1,25</b>	<b>1,35</b>	<b>1,53</b>	<b>1,66</b>
<b>Reduktion af klimapåvirkning ved gastæt lagring af korn i pct.</b>	<b>4,3</b>	<b>4,7</b>	<b>5,3</b>	<b>5,7</b>

\*DCA,2016; \*\*Hansen og Winther, 2015

Klimaeffekten af gastæt lagring af korn svarer til en reduktion af den samlede klimabelastning ved dyrkning af korn med traditionel tørring på 4,3-5,7 procent.

Det skal understreges, at beregningerne af klimaeffekt som følge af øget foderværdi og mindre åndingstab er baseret på et usikkert datagrundlag. De beregnede klimaeffekter skal derfor opfattes som et muligt potentiale. En egentlig dokumentation for de estimerede klimaeffekter kræver nærmere undersøgelser.

I det følgende er nærmere redegjort for resultaterne, der er præsenteret ovenfor.

## 1. Klimabelastningen ved dyrkning af foderkorn i Danmark

Klimabelastningen fra dyrkning af korn er inddraget i denne analyse, da de to opbevaringssystemer potentielt genererer forskellige udbytter efter lagring som følge af forskelle i åndingstab. Klimabelastningen er beregnet for vinterhvede og vårbyg.

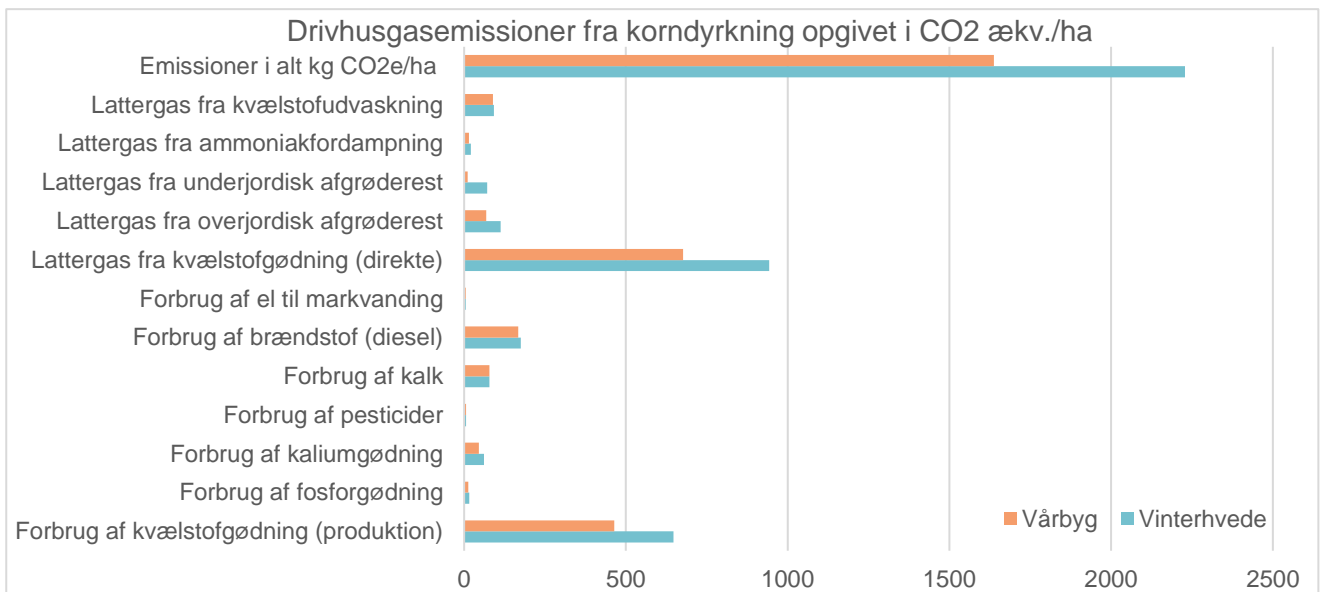
*Tabel 2: Klimabelastning ved dyrkning af vinterhvede og vårbyg ab gård opgivet i CO<sub>2</sub> eq pr. ha og pr. hkg kerne. "Sand" er jordtyperne JB 1-4; Ler: JB 5-8 (SEGES egne beregninger modificeret fra Piil og Hvid, 2017).*

		Sand	ler	Hele Danmark
Vinterhvede	Kg CO <sub>2</sub> ækv./ha	2.081	2.348	2.233
	Kg CO <sub>2</sub> ækv./hkg	31	27	29
Vårbyg	Kg CO <sub>2</sub> ækv./ha	1.621	1.678	1.642
	Kg CO <sub>2</sub> /hkg	30	25	29

Opgørelsen af klimabelastningen er baseret på LCA-principper, dvs. de drivhusgasemissioner, der er forbundet med produktion og transport af hjælpestoffer (gødning, brændstof, pesticider mv.) indgår også. Klimabelastningen er opgjort ab gård før evt. tørring, dvs. der indgår ikke drivhusgasemissioner i forbindelse med tørring, lagring og transport af kornet, bortset fra hjemtransporten fra marken.

Korndyrkning i Danmark er ledsaget af et krav om dyrkning af efterafgrøder. Klimapåvirkningen fra dyrkning af efterafgrøder indgår ikke opgørelsen, der er vist i Tabel 2.

Eventuelle ændringer i kulstoflagring i jorden indgår ikke i Tabel 2.



Figur 1: Drivhusgasemissioner opgjort i kg CO<sub>2</sub> ækv./ha for dyrkning af korn i Danmark. SEGES egne beregninger modificeret fra Piil og Hvid, 2017.

Klimapåvirkningen fra dyrkning af korn pr. ha er vist i Figur 1. Lattergasemissioner fra produktion og tildeling af gødning udgør langt de største kilder til emissioner. De nærmere forudsætninger for beregning af klimabelastningen ved dyrkning af foderkorn i Danmark fremgår af bilag 1.

## 2. Nedtørringsbehov og klimabelastning ved tørring

Ved traditionel opbevaring af korn i planlager eller silo er vandprocenten afgørende for at bevare kornets kvalitet. Nedtørringsbehovet for korn varierer fra år til år. Energibehovet til tørring varierer tilsvarende. Der findes imidlertid ingen statistik over vandprocenter i korn ved høst og dermed nedtørringsbehov.

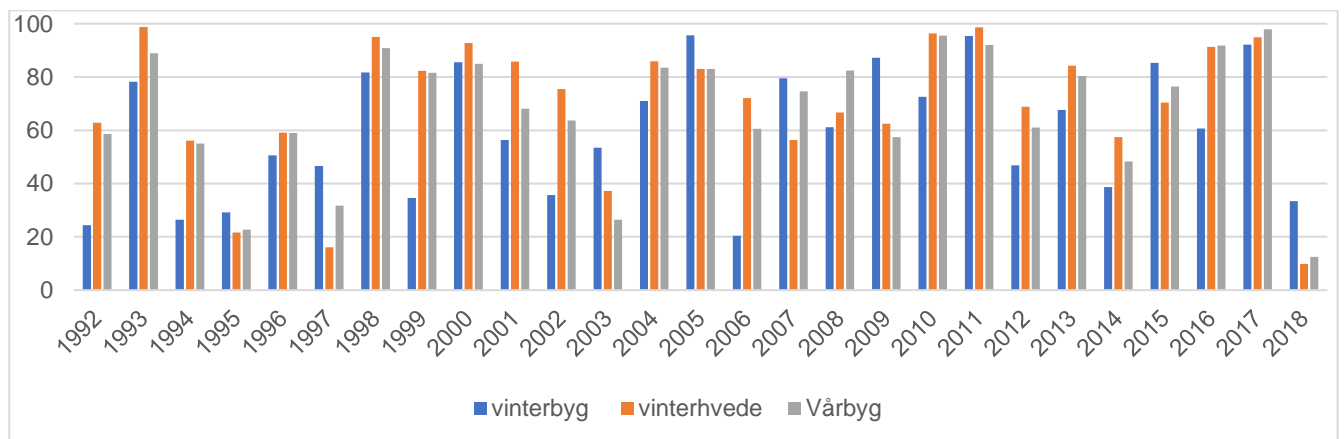
Derfor er resultaterne af denne analyse præsenteret i fire scenarier, der repræsenterer forskellige nedtørringsbehov.

I DCA, 2016 er der lavet beregninger af energiforbruget til tørring baseret på et estimeret nedtørringsbehov på 1,5 procentenheder. Dette estimat ligger til grund for tidligere beregninger af energiforbrug til tørring (scenarie 1).

SEGES har som grundlag for denne analyse foretaget en opgørelse af de målte vandprocenter i landsforsøg i vinterhvede, vinterbyg og vårbyg i perioden 1992-2018 (scenarie 2). Desuden er der regnet på en overtørring svarende til 1 procentenhed (scenarie 3). Overtørring kan i praksis forekomme på plantørringsanlæg som en forsikringsforanstaltning og for at kompensere for en ujævn nedtørring i store anlæg. Endelig er der på baggrund af Hansen og Winther, 2015 regnet på et nedtørringsbehov på 3 procentenheder (scenarie 4).

DLG's kvalitetschef oplyser (personlig meddelelse), at det i gennemsnit er ca. 50 % af indtaget af korn, der har et nedtørringsbehov, og at den gennemsnitlige vandprocent i den andel af kornet, der har nedtørringsbehov, formentlig ligger mellem 17 og 18 %. Det giver et gennemsnitligt årligt nedtørringsbehov for hele indtaget af korn på 1-1,5 procentenheder.

I Figur 2 ses andelen af Landsforsøg, der blev høstet med en vandprocent over 15 og som dermed blev høstet med et nedtørringsbehov. Der indgår måledata fra 14.833 forsøg placeret over hele landet.



Figur 2: Andelen af landsforsøg i vinterbyg, vinterhvede og vårbyg høstet med en vandprocent >15% i perioden 1992-2018 (angivet i pct.). I alt 14.833 landsforsøg.

Tabel 3 angiver det gennemsnitlige nedtørringsbehov fordelt på år og afgrøde dels beregnet på baggrund af data fra Landsforsøgene (scenarie 2) dels scenarie 2 plus 1 procentenhed (scenarie 3).

Det er ikke sikkert, at nedtørringsbehovet i landsforsøgene helt afspejler nedtørringsbehovet i praksis, da vandprocenten i kornet ikke er så vigtig for valg af høsttidspunkt i forsøgene. Variationen i nedtørringsbehov mellem år vurderes derimod at være repræsentativ.

I det følgende er der regnet med både det hidtidige estimat for nedtørringsbehov på 1,5 procentenheder (DCA, 2016), estimatet fra landsforsøgene i vinterhvede på 1,87 procentenheder, estimatet fra landsforsøgene i vinterhvede plus en procentenhed samt et nedtørringsbehov på 3 procentenheder (Hansen og Winther, 2015) jf. tabel 2.

*Tabel 3 Nedtørringsbehov i landsforsøgene fra 1992-2018 som gennemsnit for alle forsøg, dvs. både forsøg med og uden tørringsbehov (scenarie 1). Gns. nedtørringsbehov i landsforsøgene fra 1992-2018 + 1 pct. (scenarie 3).*

År	Andel af forsøg med nedtør. behov		Scenarie 2		Scenarie 3	
	V. hvede	Vårbyg	V.hvede	Vårbyg	V.hvede	Vårbyg
1992	63	59	1,52	1,39	2,15	1,98
1993	99	89	3,26	2,83	4,25	1,77
1994	56	55	1,40	1,22	1,96	1,77
1995	22	23	0,28	0,58	0,49	0,80
1996	59	59	1,57	1,18	2,16	1,77
1997	16	32	0,27	0,62	0,43	0,94
1998	95	91	3,19	3,56	4,14	4,47
1999	82	82	2,07	2,10	2,90	2,92
2000	93	85	3,05	2,46	3,98	3,31
2001	86	68	2,80	1,97	3,65	2,65
2002	75	64	1,67	1,23	2,43	1,86
2003	37	26	0,53	0,39	0,90	0,65
2004	86	83	2,56	2,78	3,42	3,61
2005	83	83	1,78	1,85	2,61	2,68
2006	72	61	1,90	1,39	2,62	2,00
2007	56	75	1,30	1,90	1,86	2,64
2008	67	82	2,05	3,00	2,72	3,83
2009	62	57	1,22	1,13	1,84	1,70
2010	96	95	2,77	3,44	3,73	4,40
2011	99	92	3,61	3,32	4,60	4,24
2012	69	61	1,73	1,61	2,42	2,22
2013	84	80	1,77	1,63	2,61	2,43
2014	57	48	1,36	0,94	1,94	1,43
2015	70	76	1,62	2,14	2,32	2,90
2016	91	92	2,30	2,68	3,21	3,60
2017	95	98	2,64	3,10	3,59	4,08
2018	10	13	0,07	0,16	0,16	0,29
<b>Gns</b>			<b>1,86</b>	<b>1,87</b>	<b>2,56</b>	<b>2,55</b>

### Energiforbrug til tørring

Energiforbruget ved traditionel tørring af korn er beregnet på baggrund af tørringsbehovet for vårbyg og vinterhvede i landsforsøgene i perioden 1992-2018. Det gennemsnitlige nedtørringsbehov for hhv. vinterhvede og vårbyg var 1,86 og 1,87 procentenheder i scenarie 2 og 2,38 og 2,70 procentenheder i scenarie 3, som angivet i Tabel 3. Desuden regnes på et tørringsbehov på 3 procentenheder i scenarie 4.

Tabel 4: Tørringsbehov i de 4 scenarier.

	Tørringsbehov 1,5 pct. (DCA,2016)	Tørringsbehov landsforsøg	Tørringsbehov landsforsøg + 1 pct.	Tørringsbehov 3 pct. (Hansen og Win- ther, 2015)
Gns. vandprocent ved høst	16,5 %	16,87 %	16,56	18
Ønsket vandprocent	15,0 %	15,0 %	14,0 %	15,0 %
Nedtørringsbehov, procentenheder	1,5	1,87	2,56	3
Vandmængde, der skal tørres væk, kg/hkg tørret korn	1,76	2,20	2,97	3,53

I DCA, 2016 er der angivet et energiforbrug til tørring med tørreblæser og oliebrænder. Energiforbruget er angivet til 0,7 og 2,7 MJ pr. kg fordampet vand til drift af henholdsvis tørreblæser og oliebrænder. Dertil kommer et estimeret energiforbrug svarende til 0,1 kWh pr. hkg korn til drift af omrørersnegl.

### CO<sub>2</sub>-emission fra forbrug af olie til tørring

I beregningen indgår, at der udledes 0,266 kg CO<sub>2</sub> pr. kWh, der forbruges af fyringsolie.

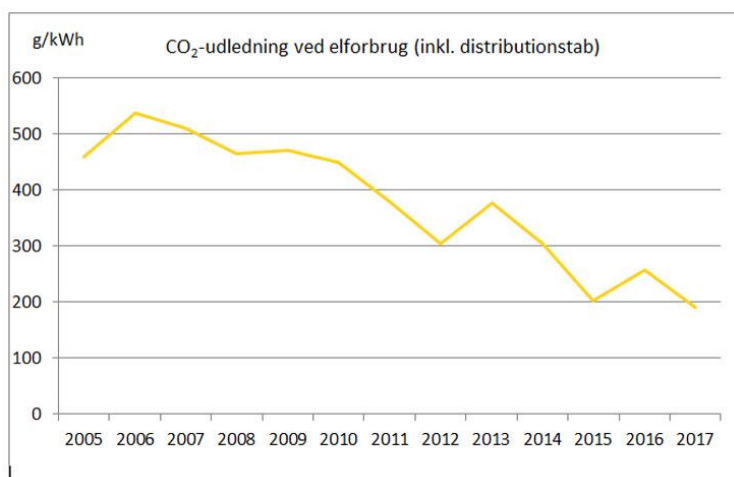
Tabel 5: Energiforbrug og emissioner fra olie til tørring.

	Tørringsbehov 1,5 pct. (DCA, 2016)	Tørringsbehov Landsforsøg	Tørringsbehov Landsforsøg + 1 pct.	Tørringsbehov 3 pct. (Hansen og Winther, 2015)
Gns. vandprocent ved høst	16,5	16,87	16,56	18
Vandmængde, der skal tørres væk, kg/hkg tørret korn	1,76	2,20	2,97	3,53
Energiforbrug fyringsolie, MJ pr. hkg (2,7 MJ/kg vand)	4,80	5,97	8,06	9,57
Energiforbrug fyringsolie, kWh pr. hkg	1,3	1,61	2,18	2,58
CO <sub>2</sub> -emission fra fyringsolie, kg CO <sub>2</sub> pr. hkg (0,266 kg CO <sub>2</sub> /kWh)	0,34	0,43	0,58	0,69



### CO<sub>2</sub>-emission fra forbrug af el til tørring og omrøring

Udledningen af CO<sub>2</sub> fra forbrug af el afhænger af, hvordan det forbrugte el er produceret. I takt med, at andelen af el fra vedvarende energikilder stiger, falder CO<sub>2</sub>-emissionen pr. kWh el. I DCA-rapporten "Miljøteknologier i det primære jordbrug – driftsøkonomi og miljøeffektivitet" fra 2016 er der regnet med en emission på 0,351 kg CO<sub>2</sub> pr. kWh. I Energistyrelsens "Nøgletal om energiforbrug og -forsyning" fra 2017 er der angivet en emission på 0,206 kg CO<sub>2</sub> pr. forbrugt kWh. Ifølge de seneste opgørelser, jf. Figur 3, er CO<sub>2</sub>-emissionen kommet under 0,2 kg pr. kWh. I det følgende er der regnet med 0,206 kg CO<sub>2</sub> pr. kWh.



Figur 3: Udvikling i CO<sub>2</sub>-udledning ved elforbrug, g CO<sub>2</sub> pr. kWh, Energinet, 2017.

Tabel 6: CO<sub>2</sub>-emission fra forbrug af el til tørring og omrøring

	Tørringsbe- hov 1,5 pct. (DCA, 2016)	Tørringsbe- hov landsfor- søg	Tørringsbe- hov lands- forsøg + 1 pct.	Tørringsbe- hov 3 pct. (Hansen og Winther, 2015)
Gns. vandprocent ved høst, %	16,50	16,87	16,56	18,00
Vandmængde, der skal tørres væk, kg/hkg tørret korn	1,76	2,20	2,97	3,53
Elforbrug til tørreblæser, MJ pr. hkg (0,7 MJ/kg vand)	1,24	1,54	2,08	2,47
Elforbrug til tørreblæser, kWh pr. hkg (3,6 MJ/kWh)	0,33	0,42	0,56	0,67
Elforbrug til omrøring pr. hkg	0,1	0,1	0,1	0,1
Elforbrug i alt til tørring og omrøring pr. hkg	0,43	0,52	0,66	0,77
CO <sub>2</sub> -emission fra elforbrug, kg CO <sub>2</sub> pr. hkg (0,206 kg CO <sub>2</sub> /kWh)	0,09	0,11	0,14	0,16

### CO<sub>2</sub>-emission fra forbrug af el til nedkøling

Både vandprocent og temperatur er afgørende for, om korn kan lagres sikkert i planlager eller i ikke-gastæt silo. Der skal derfor påregnes et elforbrug til at blæse kold luft i kornet. I Kristensen og Gundtoft, 2003 er det estimeret, at den tid, der skal blæses kold luft i kornet, svarer til ca. 0,5 time pr. hkg ved den anbefalede blæserkapacitet. Det medfører et elforbrug i størrelsesordenen 0,07 kWh pr. hkg. Det svarer til 0,014 kg CO<sub>2</sub> pr. hkg.

### CO<sub>2</sub>-emission i alt ved tørring og nedkøling

Det fremgår af nedenstående tabel, at hovedparten af emissionen af CO<sub>2</sub> ved tørring af korn kommer fra olieforbruget til opvarmning af indblæsningsluften.

Tabel 7: CO<sub>2</sub>-emission i alt ved tørring og nedkøling af korn.

	Tørringsbe- hov 1,5 pct. (DCA, 2016)	Tørringsbe- hov landsfor- søg	Tørringsbe- hov lands- forsøg + 1 pct.	Tørringsbe- hov 3 pct. (Hansen og Winther, 2015)
Gns. vandprocent ved høst, %	16,50	16,87	16,56	18,00
Vandmængde, der skal tørres væk, kg pr. hkg tørret korn	1,76	2,20	2,97	3,53
CO <sub>2</sub> -emission fra fyringsolie til tørring, kg CO <sub>2</sub> ækv. pr. hkg	0,34	0,43	0,58	0,69
CO <sub>2</sub> -emission fra elforbrug til tørring (luftblæser), kg CO <sub>2</sub> ækv. pr. hkg	0,09	0,11	0,14	0,16
CO <sub>2</sub> -emission fra elforbrug til nedkøling (luftblæser), kg CO <sub>2</sub> ækv. pr. hkg	0,014	0,014	0,014	0,014
<b>CO<sub>2</sub>-emission fra energi i alt, kg CO<sub>2</sub> ækv. pr. hkg kerne</b>	<b>0,45</b>	<b>0,55</b>	<b>0,73</b>	<b>0,86</b>

### 3. Åndingstab

Korn anses for lagerfast ved ikke-gastæt lagring, når vandprocenten er under 15 og temperaturen højst er 7-8 grader C. Under sådanne forhold er åndingstabet under traditionel lagring beskedent. Fra høst af kornet og indtil alt korn er nedtørret og afkølet til max 7-8 grader Celcius går der nogen tid afhængig af vejrforholdene det enkelte år. I korn, der henligger med en vandprocent over 15 og/eller en temperatur over 7-8 grader C, sker der et åndingstab. Der findes ingen opgørelse af, hvor stort dette åndingstab er i praksis. Udenlandske undersøgelser viser, at åndingstabet kan være betydeligt.

Vi vurderer, at der i gennemsnit er et mindre åndingstab ved gastæt lagring af korn end ved traditionel lagring i planlager eller silo. Vi kender ikke de faktiske forskelle på åndingstabet, men har regnet på et reduceret åndingstab svarende til 1 pct. af tørstof.

Ved gastæt opbevaring kan der i risikoår, hvor vandprocenten i kornet er lav, tilsættes CO<sub>2</sub> til siloen for at fortrænge ilten og derved stoppe åndingsprocesserne.

Åndingstabet medfører et reduceret tørstofudbytte af lager og en tilsvarende øget klimabelastning pr. hkg kerne.

I afsnit 1 er emissionen af drivhusgasser ved dyrkning af vinterhvede i Danmark beregnet til 29 kg CO<sub>2</sub> ækv. pr. hkg kerne. Hvis der ved gastæt lagring i gennemsnit undgås et åndingstab på enten 0,5; 1,0 eller 1,5 pct., så svarer det til en reduceret emission af drivhusgasser på 0,145; 0,290 og 0,435 kg CO<sub>2</sub> ækv. pr. hkg kerne.

#### 4. Foderværdi af gastæt lagret korn og betydning for klimabelastning

Gastæt opbevaring af korn øger ifølge Poulsen (2010) fordøjeligheden af protein og særligt fosfor. Resultaterne stammer fra et mindre fordøjelighedsforsøg i 2010, hvor der indgik i alt 16 grise. Undersøgelsen viste, at proteinfordøjeligheden blev øget fra 78,2 pct. til 80,7 pct. For fosfor blev fordøjeligheden øget fra 41,4 pct. til 46 pct.

Tabel 8. Resultater fra fordøjelighedsforsøg med foderblanding, hvor korn delen var henholdsvis tørt korn og gastæt lagret korn (Efter Poulsen, 2010).

	Kontrol (tør)	Gastæt (forsøg)	
<b>Fordøjelighed af:</b>			
Tørstof, %	82,9	83,5	NS
Protein, %	78,2	80,7	p = 0,10
Fosfor, %	41,4	46,0	p < 0,01
Calcium, %	38,9	40,3	NS
Energi, %	81,7	82,3	NS
FEs/kg tørstof	1,13	1,14	NS

På grundlag af resultaterne af fordøjelighedsforsøget vist i tabel 8 har SEGES udarbejdet en afstemt foderplan til slagtesvin baseret på værdierne for henholdsvis tørt korn og gastæt lagret korn (tabel 9).

Den øgede fordøjelighed af fosfor medfører et reduceret behov for at tilsætte monocalciumfosfat til foderblandingen svarende til 0,19 procentenheder. Det reducerer udskillelsen af fosfor i husdyrgødningen. Hvorvidt dette resulterer i en klimaeffekt eller ej afhænger af, om den reducerede fosforudskillelse i husdyrgødningen medfører en øget anvendelse af fosfor i handelsegødning på marken. Der er en lille positiv klimaeffekt, hvis den lavere fosforudskillelse blot reducerer fosforoverskuddet i landbrugsjorden og ikke øger forbruget af fosfor i handelsegødning.

Den øgede proteinfordøjelighed som følge af gastæt opbevaring af kornet gør det muligt at mindske anvendelsen af sojaskrå og øge mængden af hvede en smule. Det har netto en positiv klimaeffekt, da effekten fra den reducerede sojaskrå-mængde er større end effekten af den øgede hvede-mængde. Klimabelastningen for produktion af sojaskrå er hentet fra Mogensen et al. (2018) og svarer til 0,665 kg CO<sub>2</sub> ækv./kg sojaskrå (uden direkte og indirekte Land Use Change).

Den øgede proteinfordøjelighed og den deraf følgende udskiftning af sojaskrå med hvede, resulterer endvidere i en svagt øget tilsætning af aminosyrerne lysin-HCL og treonin til foderblandingen svarende til hhv. 0,02 og 0,01 procent. Det har ikke været muligt at fremskaffe tal for klimabelastningen fra lysin-HCL og treonin. Effekten forventes at være beskedent.

	Effekt på emission af drivhusgasser
Merforbrug af hvede 1,18 kg x 0,29 kg CO <sub>2</sub> /kg	0,3422 kg CO <sub>2</sub> ækv.
Mindreforbrug af sojaskrå 1,13 kg x 0,665 kg CO <sub>2</sub> /kg	-0,7515 kg CO <sub>2</sub> ækv.
Ændret drivhusgasemission pr. 100 kg foderblanding	-0,4093 kg CO <sub>2</sub> ækv.
Ændret drivhusgasemission pr. hkg foderkorn	-0,5122 kg CO <sub>2</sub> ækv.

Tabel 9. Foderblanding til slagtesvin baseret på korn med fordøjeligheder svarende til resultaterne i tabel 8 for henholdsvis tørt korn og gastæt lagret korn. Udarbejdet af SEGES.

Blanding	Kontrol	Gastæt	
Norm	30-110 kg	30-110 kg	Forskel
Korn	Tørret	Gastæt	
Korns vand %	15 % vand	15% vand	
Fytase	nej	nej	
FK fosfor ved 0 fytase	49,5	54,40	4,90
FK råprotein	84,8	87,30	2,50
<b>Sammensætning, %:</b>			
Vårbyg (gns 2015-17)	30,00	30,00	
Hvede (gns 2015-17)	48,72	49,90	1,18
Sojaskrå afsk.	12,21	11,08	-1,13
Solsikkeskrå	5,00	5,00	
Palmeolie	1,00	1,00	
Foderkridt	1,15	1,25	
Monocalciumfosfat	0,82	0,63	-0,19
Natriumklorid	0,39	0,40	0,01
Lysin-HCL	0,35	0,37	0,02
Methionin	0,04	0,04	
Treonin	0,12	0,13	0,01
Vit-min-bl.	0,20	0,20	
<b>Indhold</b>			
Tørstof %	86,09	86,03	
Råprotein %	15,04	14,66	-0,38
Råfedt	3,19	3,19	
FEsv pr 100 kg	106,33	106,68	
Fosfor g/kg	5,37	4,90	-0,47
Pris kr./ 100 kg	166,23	164,56	-1,67
Pris kr./ 100 FEsv	156,33	154,26	-2,07

Den økonomiske betydning af de højere fordøjeligheder efter gastæt opbevaring af kornet er beregnet og fremgår af tabel 9. Den prismæssige besparelse på 1,67 øre pr. kg foder kan fordeles på ca. 1 øre for højere proteinfordøjelighed og ca. 0,67 øre for højere fosforfordøjelighed. Det svarer til ca. 2,09 kr. pr. hkg kerne, der er opbevaret gastæt, hvilket igen svarer til ca. 4 kr. pr. slagtesvin produceret.

## 5. Tidligere etablering af efterafgrøder

Gastæt opbevaring af korn øger antallet af høsttimer pr. døgn, da der kan accepteres en højere vandprocent i kornet end ved traditionel opbevaring af korn. Dermed kan høsten potentielt gennemføres på kortere tid, hvilket gør det muligt at etablere efterafgrøder tidligere med et større kvælstofoptag til følge.

Ved korsblomstrede efterafgrøder kan der forventes en øget kvælstofoptagelse svarende til 2 kg N/ha for hver dag i august efterafgrøden etableres tidligere. For græsser gælder det, at kvælstofoptagelsen øges med 1 kg N/ha for hver dag efterafgrøden er etableret tidligere. Der sker et tilsvarende øget CO<sub>2</sub>-optag i efterafgrøden ved tidligere etablering.

Både et øget kvælstofoptag og en øget biomasseproduktion i efterafgrøden har en positiv klimaeffekt. Dette er ikke indregnet i den estimerede klimaeffekt af gastæt opbevaring, da det er usikkert i hvilket omfang, der rent faktisk sker en tidligere etablering af efterafgrøder på bedrifter med gastæt kornopbevaring.

## Referencer

Dalgaard, R., Halberg, N., Hermansen, J.E., 2007. Danish pork production. An environmental assessment. DJF Animal Science No. 82

DCA. 24. maj 2016. Miljøteknologier I det primære jordbrug – driftsøkonomi og miljøeffektivitet.

Miljøstyrelsen, 2017. Bekæmpelsesmiddelstatistik 2016. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2017/11/978-87-93614-41-3.pdf>

Energistyrelsen, 2017. <https://ens.dk/service/statistik-data-noegletal-og-kort/noegletal-og-internationale-indberetninger>

Hansen, N.M. 2017. Statistik for kalkforbruget i 2017. Ikke publiceret.

Hansen, M.T. og Winther, E.B. 2015. Standardforudsætninger - til VE til proces-ansøgningsmateriale. Energistyrelsen  
[https://ens.dk/sites/ens.dk/files/VEP\\_ordning/ve-proces\\_standardvaerdier\\_final.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/VEP_ordning/ve-proces_standardvaerdier_final.pdf)

Kristensen, E.F. og Gundtoft, S. 2003. Tørring af korn i lagertørringsanlæg. Grøn Viden nr. 282.  
<https://pure.au.dk/ws/files/456215/gvm282.pdf%20.%20Valget%20p%C3%A5%20,7>

Poulsen, H.D. 2010. Næringsværdien i gastæt lagret korn sammenlignet med lagerfast Korn. Institut for husdyrbiologi og -sundhed. Det jordbrugsvidenskabelige fakultet, Aarhus Universitet

Piil, K. og Hvid, S.K. 2017. Klimapåvirkning ved dyrkning af korn i Danmark.

Mogensen, L., Knudsen M.T., Dorca-Preda T., Nielsen N.I., Kristensen I.S. og Kristensen T. 2018. Bæredygtighedsparametre for konventionelle fodermidler til kvæg – metoder og tabelværdier. DCA rapport nr. 116,

## Bilag 1. Klimabelastning ved dyrkning af vinterhvede og vårbyg

Beregningen af klimabelastningen fra dyrkning af vinterhvede og vårbyg er baseret på de forudsætninger, der er præsenteret i det følgende.

### Lattergas emissioner

Lattergasemissioner udgør en stor del af klimabelastningen fra dyrkning af korn. Der er fire væsentlige kilder til lattergasemissioner:

- Gødningstildeling
- Udvaskning af kvælstof
- Ammoniakfordampning
- Omsætning af underjordisk- og overjordisk planterest

Den vigtigste kilde til emissioner i forbindelse med dyrkning af korn, er lattergas emissioner fra fremstilling og tildeling af kvælstofgødning. Emission fra udbragt kvælstofgødning beregnes som 1 pct. af tildelt kg N (IPCC, 2006).

*Tabel 1 Emissionen af lattergas fra produktion og tildeling af handelsgødning opgjort pr. jordtype ved gældende kvælstofnormer, kg CO<sub>2</sub> ækv. pr. ha*

	JB1	JB2	JB3	JB4	JB1-4	JB5	JB6	JB7	JB8	JB11
Vinterhvede	1.404	1.451	1.404	1.451	1.615	1.662	1.662	1.756	1.756	1.451
Vinterbyg	1.419	1.341	1.419	1.341	1.498	1.521	1.521	1.607	1.607	1.341
Vårbyg	1.113	1.074	1.113	1.074	1.255	1.137	1.137	1.184	1.184	1.074

Ammoniakfordampningen fra handelsgødning udgør 2,2 % af den tilførte mængde kvælstof (Elsgaard, 2015). Standardemissionsfaktoren for nedfald af ammoniak er ifølge IPCC (2006) 0,01 kg N<sub>2</sub>O-N/kg NH<sub>3</sub>-N.

*Tabel 2: Emission fra ammoniakfordampning, kg CO<sub>2</sub> ækv. pr. ha*

	JB1	JB2	JB3	JB4	JB1-4	JB5	JB6	JB7	JB8	JB11
Vinterhvede	18,3	18,9	18,3	18,9	21,1	21,7	21,7	22,9	22,9	18,9
Vinterbyg	18,5	17,5	18,5	17,5	19,5	19,9	19,9	21,0	21,0	17,5
Vårbyg	14,5	14,0	14,5	14,0	16,4	14,8	14,8	15,5	15,5	14,0

*Tabel 3: Emissioner fra udvaskningen, kg CO<sub>2</sub> ækv. pr. ha (Beregnet med N-LES4 i Kalkule Mark).*

	JB1	JB2	JB3	JB4	JB1-4	JB5	JB6	JB7	JB8	JB11
Vinterhvede	152	132	135	111	0	100	92	79	45	10
Vinterbyg	152	132	135	111	0	99	91	79	45	10
Vårbyg	157	143	140	119	0	107	101	86	49	11

### Fosfor- og kaliumgødning

Emissionen fra fosfor- og kaliumgødning beregnes ud fra den mængde, der bortføres i kerneudbyttet. Tildelingen af P og K overstiger fraførslen i kernen, men antages at være tilgængelig for den efterfølgende afgrøde. Der sker også en fraførsel i halm der bjerges. Dette medregnes ikke, idet forbruget af fosfor og kalium til halmproduktion skal henregnes til halmens anvendelse som f.eks. strøelse eller til energiproduktion, jfr. den generelle afgrænsning af analysen.



Tabel 4: Emissioner fra P og K kg CO<sub>2</sub> ækv. pr. ha.

	JB1	JB2	JB3	JB4	JB1-4	JB5	JB6	JB7	JB8	JB11
Vinterhvede	53,3	67,1	53,3	67,1	71,1	84,9	84,9	89,8	89,8	67,1
Vinterbyg	55,6	59,7	55,6	59,7	63,7	78,9	78,9	83,9	83,9	59,7
Vårbyg	46,5	53,6	46,5	53,6	58,7	65,7	65,7	69,8	69,8	53,6

### Kalkning

Der findes ikke statistik over forbruget af kalk i de enkelte regioner eller på de enkelte jordtyper. På landsplan er der i Danmark i gennemsnit for perioden 2007-2017 anvendt 449.000 ton kalk (CaCO<sub>3</sub>) årligt (Hansen, 2017). Det svarer til 170 kg pr. ha. De direkte emissioner fra anvendelse af kalk kan beregnes med emissionsfaktoren 0,12 kg CO<sub>2</sub>-C/kg CaCO<sub>3</sub>. Dertil kommer udvinding og transport (0,019 kg/kg CaCO<sub>3</sub>). Forbrug af kalk eksklusiv udbringning giver dermed anledning til en emission af drivhusgasser på 78 kg CO<sub>2</sub>eq pr. ha dyrket areal.

### Fremstilling af pesticider

I perioden 2010-2016 var det gennemsnitlige forbrug af aktivstof i dansk planteavl 1,11 kg/ha (Miljøstyrelsen, 2017). Der findes ikke statistik over forbruget i de enkelte regioner eller i de enkelte afgrøder. Emission af drivhusgasser ved produktion af pesticider kan sættes til 5,37 kg CO<sub>2</sub> ækv. pr. kg aktivstof (Elsgaard, 2015). Forbrug af pesticider eksklusiv udbringning giver dermed anledning til en emission af drivhusgasser på 6,0 kg CO<sub>2</sub> ækv. pr. ha.

### Brændstofforbrug

Brændstofforbruget er hentet fra Pill, 2017.

### El-forbrug i forbindelse med vanding

El-forbruget til markvanding sættes til 4,6 kWh/mm/ha (Pill, 2017). Emissionen af drivhusgasser pr. kWh er hentet fra Energistyrelsens nøgletal fra 2017 og svarer til 206 g CO<sub>2</sub> ækv. pr. kWh (Energistyrelsen, 2017).

**KLIMAEFFEKT VED GASTÆT OPBEVARING AF  
KORN  
- SAMMENLIGNET MED TRADITIONEL TØRRING  
OG LAGRING PÅ PLANLAGER ELLER I SILO**

er udgivet af  
SEGES  
Landbrug & Fødevarer F.m.b.A.  
Agro Food Park 15  
8200 Aarhus N

+45 8740 5000  
seges.dk

UDARBEJDET AF  
PlantInnovation, SEGES

Forfattere  
Søren Kolind Hvid, SEGES, PlantInnovation  
Anna Marie Thierry, SEGES, PlantInnovation

December 2019