

Datasæt med klimaaftryk for hjælpepestoffer	Ansvarlig	skh
	Oprettet	23-11-2022
Projekt: 7854 Klimaneutral planteproduktion (AP3)	Side	1 af 26

Produktspecifikt datasæt med klimaaftryk for hjælpepestoffer

Ved beregning af klimaaftryk for planteprodukter indgår klimaaftryk fra følgende hjælpepestoffer:

- Handelsgødninger (kvælstof, fosfor og kalium) (70% af klimaaftrykket fra hjælpepestoffer)
- Pesticider
- Plastic (ensilering)
- Kalk
- El (markvanding, afgrødetransport, tørring)
- Brændstof – tørring (kan ligge hos grovfoder, hvis landmanden sælger en "våd" vare inden tørring. Men beregningen skal laves for tørring hos landmanden)
- Brændstof ifm. markoperationer – transport til og fra mark, samt i marken

I praksis (Datamanagement verdenen):

Der kan defineres et antal metoder til beregning af klimaaftrykket for de forskellige hjælpepestoffer, der indgår i beregningen af LCA for et produkt. Beregning af klimaaftrykket er under udvikling, hvorfor det er vigtigt, at det fremgår hvilken metode, der ligger til grund for klimaaftrykket for hvert hjælpepestof.

Notatet er opdelt i 1) Hjælpepestoffer, som kan beregnes for hver mark baseret på landmandens oplysninger i MarkOnline og 2) Hjælpepestoffer, som opgøres samlet for bedriften og derefter fordeles efter en fordelingsnøgle.

Hjælpepestoffer, som kan beregnes for hver mark baseret på landmandens oplysninger i MarkOnline:

Handelsgødning, nitrifikationshæmmer, pesticider, folie til ensilage

For nogle af hjælpepestofferne, som benyttes i planteproduktionen, kender landmanden det præcise forbrug i hver enkelt mark og kan derfor oplyse det i MarkOnline, hvorfra der kan beregnes klimaeffekt for den enkelte mark.

Handelsgødning (N, P, K)

Status:

- Pt. har vi typetal for klimaaftryk pr. kg N, kg P og kg K og beregner klimaeffekt fra produktionen af handelsgødning for N, P og K hver for sig baseret på tildelingsmængderne.
- På sigt, når der oplyses klimaaftryk for alle handelsgødningsprodukter, vil vi i stedet beregne klimaaftryk fra handelsgødning på basis af produktet (type og forhandler).

I praksis (Datamanagement verdenen):

Salg og anvendelse af handelsgødninger i DK sker igennem en godkendelse, hvorfor de enkelte gødninger har et entydigt godkendelse/registreringsnummer. For hver gødningstype må forventes, at leverandøren, på sigt, kan levere et CO₂-aftryk, der kan indgå ved gødningsplanlægning.

Det må dog forventes, at hver batch af en gødning har et CO₂-aftryk og dermed, at forskellige batch af samme gødning kan have forskellig CO₂-aftryk, da samme gødningsprodukt potentielt kan komme fra forskellige fabrikker tilhørende samme producent. Dvs. ved registrering af forbrugt vare skal klimaaftrykket, hvis det skal være optimalt, baseres på det klimaaftryk, som leverandøren leverer sammen med batchpartiet.

For gødninger må forventes, at klimaaftrykket er opgjort pr. kg vare og aftrykket er en samlet værdi for de næringsstoffer gødningen måtte have. På nuværende tidspunkt er det dog ikke noget producenterne kan/vil oplyse, men det forventes at blive nødvendigt i fremtiden.

Beregningsmetode 1 (fremtidig) – klimaaftryk fra de(t) faktiske gødningsprodukt(er)s emission

Databehov:

- 1) Mængden af handelsgødning forbrugt i den enkelte mark fordelt på gødningsprodukt: Handelsgødning_{Produkt X}, kg produkt/ha.
- 2) Emissionsfaktor (ved produktion) for alle relevante handelsgødningsprodukter: EF_{Handelsgødning X}, kg CO₂e/kg produkt.
 - a. Klimaaftryk beregnes her på basis af mængde produkt tildelt pr. ha og ikke, som i beregningsmetoderne nedenfor, pr. kg næringsstof. Det er ud fra en forventning om, at klimaaftrykket i fremtiden vil blive oplyst som CO₂e/kg produkt.

Beregningsmetode 1: Emissionen fra produktionen af handelsgødning beregnes på følgende måde:

$$\text{Emission}_{\text{Handelsgødning}} \text{ (kg CO}_2\text{e/ha)} = \text{Handelsgødning}_{\text{Produkt1}} \text{ (kg produkt)} * \text{EF}_{\text{Handelsgødning1}} \text{ (CO}_2\text{e/kg produkt)} + \text{Handelsgødning}_{\text{Produkt2}} * \text{EF}_{\text{Handelsgødning2}} + \dots$$

Handelsgødning (kvælstof)

Status:

- Klimaaftryk fra handelsgødning beregnes ud fra et typetal, dvs. **Beregningsmetode 1**.
- **Beregningsmetode 2** kan ikke benyttes, da der er på nuværende tidspunkt ikke oplyst et klimaaftryk på handelsgødning. Denne beregningsmetode skal benyttes engang i fremtiden, når den nødvendige information er tilgængelig fra producenterne.
 - o Klimaaftryk for handelsgødningstyper kan beregnes, hvis man har oplysning om energikilde og produktionsteknologi vha. Fertilizer Europe – Carbon footprint calculator: [Carbon Footprinting in Fertilizer Production - Fertilizers Europe](#). Disse oplysninger er heller ikke tilgængelige på nuværende tidspunkt.
 - o Ovenstående er et stort og tidskrævende udredningsarbejde, som ikke kan fuldføres i indeværende projekt.
 - o Det kan overvejes, om der skal søges midler til at gennemføre udredningsarbejdet eller om vi skal afvente klimaaftryk for alle produkter.

Klimaaftrykket fra produktionen af kvælstofgødning er en meget væsentlig post i afgrødernes samlede klimaaftryk (typisk 20-25% af det samlede aftryk). Der er dog en stor forskel på emissionerne forbundet med produktionen af gødning alt afhængigt af gødningsproducenten og typen af handelsgødning. Klimaaftrykket fra produktionen af kvælstofgødning kan derfor beregnes på forskellige måder. Klimaaftrykket kan beregnes på baggrund af et gennemsnitligt emissionstal for handelsgødning anvendt i Danmark. Alternativet er, at klimaaftrykket for marken beregnes på baggrund af den faktisk brugte handelsgødnings klimaaftryk.

Beregningsmetode 1 – gennemsnitligt emissionstal for Danmark.

Databehov:

- 1) Mængden af kvælstofgødning forbrugt i den enkelte mark: Kvælstof, kg N/ha.
 - a. Dette tal er for nuværende tilgængeligt direkte i gødnings- og markplanen og kan benyttes direkte.
- 2) Gennemsnitlig emissionsfaktor for produktionen af handelsgødning forbrugt i Danmark.
 - a. $EF_{N\text{-gødning}} = 3,67 \text{ kg CO}_2\text{e/kg N}$
 - i. Emissionsfaktoren er beregnet som et vægtet gennemsnit af emissionsfaktorer for forskellige gødningstyper fra forskellige regioner på baggrund af fordeling af gødningstyper (salgsstatistik) og information om import (Notat om klimaaftryk fra produktion af handelsgødning).
 - ii. På nuværende tidspunkt regnes med en $EF_{N\text{-gødning}} = 3,3 \text{ kg CO}_2\text{/kg N}$, hvis gødningen er produceret i EU, mens der regnes med en $EF_{N\text{-gødning}} = 7,1 \text{ kg CO}_2\text{/kg N}$, hvis gødningen er produceret udenfor EU (Fertilizer Europe – carbon footprint calculator).
 - iii. Der benyttes en emissionsfaktor på 6,6 i klimaværktøjet (ESGreenTool), som er en værdi fra Agri-footprint, som fremgår af tabel 8 i DCA-rapport nr. 116.

Beregningsmetode 1: Emissionen fra produktionen af kvælstofgødning beregnes på følgende måde:

$$\text{Emission}_{N\text{-gødning}} \text{ (kg CO}_2\text{e/ha)} = \text{Kvælstof (kg N/ha)} * EF_{N\text{-gødning}} \text{ (kg CO}_2\text{e/kg N)}$$

Beregningsmetode 2 – klimaaftryk fra det faktiske gødningsprodukts emission

Databehov:

- 1) Mængden af kvælstofgødning forbrugt i den enkelte mark fordelt på gødningsprodukt: Kvælstof, kg N/ha.
 - i. Gødningstype er for nuværende tilgængeligt direkte i gødnings- og markplanen (MarkOnline) og kan benyttes direkte. I dyrkningsjournalen i MarkOnline skal landmanden indtaste mængde (kg produkt/ha) og type handelsgødning for hver mark.
 - ii. *OBS: Gødningstype vil ikke være tilstrækkeligt, hvis flere producenter sælger samme gødningstype med forskellige klimaaftryk. For at gøre det entydigt og muligt at koble et produkt-specifikt klimaaftryk til forbrug af handelsgødning er der behov for at muliggøre registrering af det specifikke gødningsprodukt. Hvis flere producenter sælger produkter med samme navn, men med forskellige klimaaftryk, skal producenten også registreres.*
- 2) Emissionsfaktor (ved produktion) for alle relevante kvælstofgødninger differentieret på producent: $EF_{N\text{-gødning}}$, kg CO₂e/kg N.
 - a. *Differentierede emissionsfaktorer for produkttyper fra hver forhandler findes ikke på nuværende tidspunkt, men kræves tabellagt hvis denne beregningsmetode skal bruges.*
 - i. *Det vil være nødvendigt, at producenten, oplyser klimaaftrykket i forbindelse med salg af handelsgødninger. I en periode vil det formentlig kun være muligt at få oplyst klimaaftrykket for en del af de handelsgødninger, der sælges.*
 - ii. *Det vil i en periode være nødvendigt at anvende standardtal, i de tilfælde, hvor der ikke følger oplysning om klimaaftryk med varen.*
 - b. Gødningstyper:
 - i. [Liste med relevante gødningstyper](#) (fra salgsstatistik 2019/2020).
 - c. Klimaaftryk:
 - i. Nyeste info fra Yara (ifølge Kristian Furdal): [Yara footprint](#) fra 2017.
 - ii. Database med klimaaftryk ud fra info om energikilde, region og gødningstype:
 1. Fertilizer Europe – Carbon footprint calculator: [Carbon Footprinting in Fertilizer Production - Fertilizers Europe](#)
 2. [IFS \(international fertiliser society\) klimaaftryk fra 2019](#)

3. *Energikilde benyttet i produktionen – skal tabellægges, hvis denne metode skal bruges. Denne information er ikke tilgængelig på nuværende tidspunkt (aug 2022). I Europa bruges udelukkende naturgas som energikilde til produktion af handelsgødning (pers. komm. Kristian Furdal, SEGES).*
4. *I 2022 er der ingen import af handelsgødning fra Rusland. (pers. komm. Kristian Furdal, SEGES). Det forventes, at der, når de internationale forhold normaliseres, igen vil være en import af fosforholdig handelsgødning (NPK- og NP-gødninger), da fosfor fra andre regioner har et højere indhold af cadmium, hvilket er uønsket.*

Beregningsmetode 2: Emissionen fra produktionen af kvælstofgødning beregnes på følgende måde:

$$\text{Emission}_{\text{N-gødning}}, \text{ kg CO}_2\text{e/ha} = \text{Kvælstof}_{\text{Gødning1}} * \text{EF}_{\text{N-gødning1}} + \text{Kvælstof}_{\text{Gødning2}} * \text{EF}_{\text{N-gødning2}} + \text{Kvælstof}_{\text{Gødning3}} * \text{EF}_{\text{N-gødning3}} + \dots$$

Handelsgødning (Fosfor, P)

Status:

- Klimaeffekten fra handelsgødning beregnes ud fra et typetal, dvs. **Beregningsmetode 1**.
- På sigt skal klimaeffekten beregnes ud fra handelsgødningsprodukt, som beskrevet ovenfor.

Databehov:

- 1) Sum af tilførsel af fosfor (kg P/ha) fra handelsgødning: Fosfor, kg P/ha.
 - a. I mark- og gødningsplanlægningen er opgjort, hvor stor en mængde fosfor, der tilføres hver mark med hver gødningstype.
- 2) Emission af drivhusgasser ved produktionen af 1 kg P: $\text{EF}_{\text{P-gødning}}$, kg CO₂/kg P.
 - a. $\text{EF}_{\text{P-gødning}} = 3,6 \text{ kg CO}_2\text{e/kg P}$

Beregningsmetode 1: Emissionen fra produktionen af P-gødning beregnes på følgende måde:

$$\text{Emission}_{\text{P-gødning}} (\text{kg CO}_2\text{e/ha}) = \text{Fosfor (kg P/ha)} * \text{EF}_{\text{P-gødning}} (\text{CO}_2\text{e/kg P})$$

Handelsgødning (Kalium, K)

Status:

- Klimaeffekten fra handelsgødning beregnes ud fra et typetal, dvs. **Beregningsmetode 1**.
- På sigt skal klimaeffekten beregnes ud fra handelsgødningsprodukt, som beskrevet ovenfor.

Databehov:

- 1) Sum af tilførsel af kalium (kg K/ha) med handelsgødning: Kalium, kg K/ha.
 - a. I mark- og gødningsplanlægningen er opgjort hvor stor en mængde kalium, der tilføres med hver gødningstype til hver mark.
- 2) Emission af drivhusgasser ved produktionen af 1 kg K ($\text{EF}_{\text{K-gødning}}$, kg CO₂/kg K)
 - a. $\text{EF}_{\text{K-gødning}} = 0,7 \text{ kg CO}_2\text{e/kg K}$ (EU standard values)

Beregningsmetode 1: Emissionen fra produktionen af K-gødning beregnes på følgende måde:

$$\text{Emission}_{\text{K-gødning}} (\text{kg CO}_2\text{e/ha}) = \text{Kalium (kg K/ha)} * \text{EF}_{\text{K-gødning}} (\text{CO}_2\text{e/kg K})$$

Nitrifikationshæmmer

Status:

- Beregning af klimaeffekt fra produktion af nitrifikationshæmmer kan ikke beregnes på nuværende tidspunkt. Det vurderes, at klimaeffekten fra produktionen af nitrifikationshæmmer udgør en ubetydelig del af bedriftens samlede klimaaftryk.
 - o *Beregning kræver, at der i MarkOnline oprettes nitrifikationshæmmere under "Produkt" og at der fremskaffes et klimaaftryk for produktion af nitrifikationshæmmere*
 - *På sigt vil der blive solgt handelsgødning med nitrifikationshæmmer som coating. Det er vigtigt, at vi i beregningerne kan skelne mellem handelsgødning uden nitrifikationshæmmer og med nitrifikationshæmmer, da nitrifikationshæmmeren har indflydelse på lattergasemission m.v.*
 - o *Der skal derfor i beregning af lattergasemission tages højde for hvilket handelsgødningsprodukt der anvendes. Listen med handelsgødninger skal holdes opdateret, så der hele tiden er info om hvilke produkter der indeholder nitrifikationshæmmer*
 - o *Alternativt skal landmanden selv registrere, om der er benyttet nitrifikationshæmmer eller ej (boks, der sættes flueben i). Her vil der være risiko for, at landmanden glemmer at vinge det af. Dog er brug af nitrifikationshæmmer et vigtigt klimavirkemiddel, hvilket giver landmanden et incitament til at huske at registrere det i MarkOnline.*
- 1) Mængde tilført nitrifikationshæmmer til hver mark: Nitrifikationshæmmer, l/ha.
- a. Denne information er ikke tilgængelig i MarkOnline
 - i. Tilføjelse af nitrifikationshæmmer som produkt (under additiver / gødningsstoffer) i MarkOnline
 - 1. Produktliste med nitrifikationshæmmere (sep. 2022): BASF: Vizura [Vizura® - Nitrifikationshæmmer til naturgødninggyllen \(basf.dk\)](https://www.basf.dk) (1-3 l/ha) ; Corteva: N-Lock [N-Lock™ nitrifikationshæmmer | Corteva Agriscience](https://www.corteva.com) (2,5 l/ha) ; Corteva: Instinct [Instinct™ nitrifikationshæmmer | Corteva Agriscience](https://www.corteva.com) (1,7 l/ha)
- 2) Klimaaftryk for produktion af nitrifikationshæmmer: $EF_{\text{Nitrifikationshæmmer}}$, CO₂e/l
- a. *Denne oplysning er ikke tilgængelig på nuværende tidspunkt.*

Beregningsmetode:

$$\text{Emission}_{\text{Nitrifikationshæmmer}}, \text{ kg CO}_2\text{e/ha} = \text{Nitrifikationshæmmer (l/ha)} * EF_{\text{Nitrifikationshæmmer}} (\text{CO}_2\text{e/l})$$

Pesticider

Status:

- *Der er på nuværende tidspunkt ikke oplyst et klimaaftryk på de enkelte sprøjtemiddelprodukter.*
- Begge beregningsmetoder er klar til at kunne benyttes:
 - o Markspecifik beregning (**Beregningsmetode 1**) - baseret på det faktiske forbrug af sprøjtemidler i hver mark
 - o Afgrødespecifikt standardtal (**Beregningsmetode 2**) - baseret på gennemsnits forbrug i afgrøder

Produktionen af pesticider bidrager meget lidt til afgrødernes samlede klimaregnskab (ofte under 1 pct.). Klimaaftrykket fra produktionen af pesticider kan det overvejes at beregne på to forskellige måder. Klimaaftrykket kan beregnes ved brug af en markspecifik beregning, hvor den faktiske mængde forbrugte pesticider på den enkelte mark benyttes, eller klimaaftrykket kan beregnes ved brug af et afgrødespecifikt standardtal.

Kommentar vedr. Klimaaftryk for de enkelte aktivstoffer:

- Jens Erik har igen rettet henvendelse til Dansk Planteværn, men der er stadig ingen info om produktaftryk og det lader heller ikke til at være på vej (juli, 2022)

Beregningsmetode 1 – markspecifik beregning:

Databehov:

- 1) Sum af tilførsel af hvert enkelt pesticid pr mark, $Mængde_{PesticidX}$ l/ha.
 - a. I MarkOnline registreres produkt navn og mængde tilført for hver enkelt sprøjtning, da det i DK er et krav i forhold pesticidanvendelse.
- 2) Indholdet af aktivstoffer i sprøjtemidler på positivlisten, $Aktivstof_{PesticidX}$ (g aktivstof/l)
 - a. Indholdet af aktivstoffer er tabellagt og findes her: [Pesticider - aktivt stof.xlsx](#).
 - i. Hvis denne beregningsmodel benyttes, skal ovenstående tabel ajourføres hver gang et nyt sprøjtemiddelprodukt tilføjes i MarkOnline.
- 3) Emission af drivhusgasser ved produktion af 1 kg aktivt stof ($EF_{pesticider}$, kg CO₂e/kg aktivstof).
 - a. Der regnes med en gennemsnitlig emissionsfaktor på $EF_{pesticider} = 5,37$ kg CO₂e/kg aktivstof (Elsgaard, 2015; Olesen et al. 2004).
 - b. For en præcis beregning skal emission fra produktion tabellægges for hvert pesticid. Dette tal er endnu ikke tilgængeligt fra producenternes side.

Beregningsmetode 1: Emissionen fra produktionen af pesticider beregnes på følgende måde for konventionelt dyrkede afgrøder:

$$Aktivstof_{MarkX} \text{ (kg aktivstof/ha)} = Mængde_{Pesticid1} \text{ (l/ha)} * (Aktivstof_{Pesticid1} \text{ (g/l)} / 1000 \text{ (g/kg)}) + Mængde_{Pesticid2} \text{ (l/ha)} * (Aktivstof_{Pesticid2} \text{ (g/l)} / 1000 \text{ (g/kg)}) + \dots$$

$$Emission_{pesticider}, \text{ kg CO}_2\text{e/ha} = Aktivstof_{MarkX} \text{ (kg aktivstof/ha)} * EF_{pesticider} \text{ (CO}_2\text{e/kg aktivstof)}$$

Beregningsmetode 2 – afgrødespecifikt standardtal:

En anden mulighed for at udregne emissionen fra produktionen af pesticider, er ved at anvende en afgrødespecifik mængde af forbrugte pesticider (aktiv-stoffer) pr hektar landbrugsareal. Ved denne fremgangsmåde skelnes som udgangspunkt kun mellem konventionelt og økologisk dyrkede afgrøder.

Databehov:

- 1) Forbrugte mængder pesticider i forskellige afgrøder i Danmark, $Aktivstof_{AfgroedeX}$ (kg aktivstof/ha)
 - a. Data er angivet i tabel 1 og er beregnet som et gennemsnit over de seneste tre år.
 - b. Tjekket for nye tal, sep. 2022: Bekæmpelsesmiddelstatistik for 2020 er den nyeste udgave.
- 2) Emission af drivhusgasser ved produktion af 1 kg aktivt stof ($EF_{pesticider}$, kg CO₂e/kg aktivstof).
 - a. $EF_{pesticider} = 5,37$ kg CO₂e/kg aktivstof (Elsgaard, 2015; Olesen et al. 2004).

Tabel 1. Forbrugte mængder af aktivstoffer i sprøjtemidler i årene 2017-2020 (Bekæmpelsesmiddelstatistikken) (kg aktivt stof/ha).

Afgrødekategori	2017	2018	2019	2020	Gennemsnit
Korn, Vintersæd	1,29	0,95	1,20	0,96	1,10
Korn, Vårsæd	0,29	0,22	0,31	0,30	0,28
Raps	0,82	0,65	0,65	0,63	0,69
Andre Frø	0,82	0,70	0,76	0,73	0,75

Kartofler	3,45	2,17	3,02	2,68	2,83
Roer	2,64	2,57	2,73	2,82	2,69
Bælgsæd	0,89	0,72	0,82	0,76	0,80
Majs	0,19	0,15	0,19	0,2	0,18
Græs og kløver	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00

Beregningsmetode 2: Emissionen fra produktionen af pesticider kan beregnes på følgende måde for konventionelt dyrkede afgrøder:

$$\text{Emission}_{\text{pesticider}}, \text{ kg CO}_2\text{e/ha} = \text{Aktivstof}_{\text{afgrøde}} \text{ (kg/ha)} * \text{EF}_{\text{pesticider}} \text{ (CO}_2\text{e/kg aktivstof)}$$

I praksis (Datamanagement verdenen):

I lighed med handelsgødning må forventes, at klimaaftrykket er anført i forhold til kg vare, baseret på mængden af aktive stoffer i produktet.

Folie

Beregning af klimaaftryk for folie til ensilage er kun relevant at beregne for grovfoderafgrøder og græs, hvor der tages slæt. Det er ikke relevant ved græsmarker, som afgræsses – her er også angivet foderenheder (FEN) i MarkOnline.

Status:

- Beregningen er klar til at benytte, hvis opbevaringstype tilføjes i MarkOnline

Databehov:

- 1) Grovfoderenheder: Grovfoder, FEN.
- 2) Opbevaringstype
 - a. Valgmuligheder: Markstak/Stak på beton plads ; Plansilo
 - i. Denne information er på nuværende tidspunkt ikke tilgængelig og skal derfor evt. tilføjes i MarkOnline. Hvis det ikke tilføjes, skal der benyttes et vægtet gennemsnit for folieforbrug pr. FEN.
 - ii. Det bør undersøges, om det er muligt at trække denne oplysning fra SEGESLager til MarkOnline eller til ESGreenTool.
- 3) Folieforbrug pr foderenhed: Folieforbrug_{grovfoder}, kg folie/FEN.
 - a. Markstak / stak på beton plads: 1,32 gram folie/FEN = 0,00132 kg folie/FEN
 - i. 1,1 kg folie pr ton ensilagetørstof og 1,20 kg tørstof/FEN
 - b. Plansilo: 0,96 gram folie/FEN = 0,00096 kg folie/FEN
 - i. 0,8 kg folie pr ton ensilagetørstof
 - c. Kilde: Thøgersen, 2019.
- 4) Emissionsfaktor for folie, der benyttes til ensilage
 - a. EF_{folie} = 2,9 kg CO₂e/kg folie (Benavides et al, 2020)

Beregningsmetode:

$$\text{Emission}_{\text{folie, grovfoder}}, \text{ kgCO}_2\text{e/FEN} = \text{Folieforbrug}_{\text{grovfoder}} \text{ kg folie/FEN} * \text{EF}_{\text{folie}} \text{ kg CO}_2\text{e/kg folie}$$

Hjælpestoffer, som opgøres samlet for bedriften og derefter fordeles efter en fordelingsnøgle:

Kalk, brændstof, el

En række af hjælpestofferne, som benyttes i planteproduktionen, er vanskelige for landmanden at opgøre for hver enkelt mark, da landmanden ofte kun kender det samlede forbrug på bedriften (kalk, brændstof og el). En løsning vil være at oprette en side i MarkOnline til disse oplysninger, hvorfra forbruget i klimaberegningen fordeles på de enkelte marker efter en fordelingsnøgle.

Kalk

Status:

- Pt. anvender vi ét typetal for klimaaftryk fra kalk, dvs. **Beregningsmetode 1**.
- *Beregningsmetode 2 kan anvendes, hvis der tilføjes mulighed for at oplyse de nødvendige informationer i MarkOnline: kalktype, samlet kalkforbrug, info om hvilke marker der kalkes, samt antal år mellem kalkning.*
- *Beregningsmetode 3 kan anvendes, hvis der tilføjes mulighed for at oplyse de nødvendige oplysninger i MarkOnline: kalktype, kalkforbrug på markniveau, samt antal år mellem kalkning på markniveau*

Der findes en lang række kalkprodukter, som kan kategoriseres i fire hovedtyper:

- 1) Alm. Jordbrugskalk
- 2) Dolomitkalk
- 3) Magnesium kalk
- 4) Carbokalk (biprodukt fra sukkerproduktion fra sukkerroer).

Forbrug af kalk bidrager med en udledning af CO₂, når kalken omsættes. Dertil kommer et lille merbidrag til klimaaftrykket fra udvinding og transport af kalken. Emission fra kalkning skal kunne differentieres ud på kalktype ved at indregne % CaCO₃ i hver af de fire kalktyper. Gennemsnittet er beregnet på baggrund af tal for hhv. total tons kalkprodukt og ren CaCO₃ fra et års salg af kalk fordelt på de fire kalktyper. Forskelle i vandindhold mellem de enkelte produkter udlignes dermed.

Ved beregning af klimaaftrykket for kalkning, er der den udfordring, at kalkning kun sker hvert 4.-6. år, hvilket skal omregnes til et gennemsnitstal for udbringning af kalk per hektar per år for at kunne indgå korrekt i beregning af klimaaftryk for bedriften og produktaftryk.

Beregningsmetode 1: Typetal og gennemsnitsforbrug

Som gennemsnit over en årrække varierer forbruget af kalk ikke så meget fra mark til mark og fra bedrift til bedrift. Der kan derfor med rimelighed anvendes et gennemsnitstal for kalkforbrug.

Databehov:

- 1) Anvendt mængde CaCO₃ per hektar per år, Standardværdi: Anvendt kalk = 180 kg CaCO₃/ha/år
 - a. *Der findes ingen oplysninger om årligt forbrug af kalk i MarkOnline eller andre steder, da landmanden kun registrerer kalkning når det rent faktisk sker. Kalk er ikke obligatorisk at registrere i MarkOnline.*
 - i. Der anvendes et nationalt gennemsnitstal på 180 kg CaCO₃/ha/år, svarende til 236 kg kalkprodukt/ha/år, beregnet på basis af det årlige forbrug af kalk ([Årlig statistik for kalkforbruget i landbruget \(landbrugsinfo.dk\)](#) og det samlede areal for landbrug og gartneri ([Det dyrkede areal efter område, enhed og afgrøde - Statistikbanken - data og tal](#)) i årene 2010-2021.
 - ii. I perioden 2010-2021 blev der i gennemsnit anvendt 201 kg CaCO₃/ha/år, svarende til 265 kg kalkprodukt/ha/år, beregnet ud fra formodet kalket areal (samlet areal for landbrug og gartneri, ekskl. græs uden for omdrift, braklægning, samt juletræer og pyntegrønt, [Det dyrkede areal efter område, enhed og afgrøde - Statistikbanken - data og tal](#) og [Årlig statistik for](#)

[kalkforbruget i landbruget \(landbrugsinfo.dk\)](http://landbrugsinfo.dk). Omregning fra CaCO_3 til kalkprodukt er baseret på et vægtet gennemsnit af CaCO_3 indhold i de fire kalktyper og fordeling af kalktyper ud fra salgsstatistik fra 2020 (Martin Mikkelsen, SEGES).

- 2) Angivelse af hvilke marker der kalkes: Kalkes marken?
 - a. Svarmulighed: "Ja" / "Nej" (default: "Ja")
 - b. ELLER: Celle med flueben (default: Flueben er sat)
 - i. *Ligesom med vanding (beskrevet nedenfor) bør det drøftes om denne kolonne skal være standard i "Markplan" i MarkOnline, fremfor at være en parameter landmanden selv skal tilvælge*
- 3) Emission af CO_2 ved kalkning med 1 kg CaCO_3 (EF_{kalk} , $\text{kgCO}_2\text{-C/kg CaCO}_3$)
 - a. $\text{EF}_{\text{kalk}} = 0,12 \text{ kg CO}_2\text{-C/kg CaCO}_3$
- 4) Omregningsfaktor (Omregn) fra $\text{CO}_2\text{-C}$ til CO_2e på 44/12.

Beregningsmetode 1:

$$\text{Emission}_{\text{kalk}}, (\text{kg CO}_2\text{e/ha}) = \text{Anvendt Kalk (kg kalk/ha/år)} * \text{EF}_{\text{kalk}} * \text{Omregn} = 79,2 \text{ kg CO}_2\text{e/ha}$$

Beregningsmetode 2 – faktisk anvendte kalktype og beregnet gennemsnitlig mængde:

Det enkleste vil være at kunne notere et samlet årligt forbrug af kalk i MarkOnline og en information om hvor mange år, der typisk går mellem, at markerne kalkes. Herudfra kan en gennemsnitlig årlig tilførsel til hver mark, som kalkes, beregnes. Dvs. en beregning baseret på kalktype og hyppighed, samt mængde, der muliggør beregning af et gennemsnit pr. år.

Denne beregning forudsætter, at landmanden altid kalker alle marker samme år og at alle marker får samme mængde kalk tilført. Det er dog normal praksis, at nogle marker kalkes et år og nogle andre et andet og at kalkmængden kan variere. Set over flere år vil det udligne sig mellem de enkelte afgrøder, hvis afgrøderne roterer på bedriftens marker, men hvis der skal laves et produktaftryk for den enkelte afgrøde fra den enkelte mark skal "Beregningsmetode 3" færdigudvikles og benyttes.

Der findes fire hovedtyper af kalk: 1) Alm. jordbrugskalk, 2) dolomitkalk, 3) Magnesium kalk og 4) carbokalk.

Kalkning kun sker hvert 4.-6. år. Ved beregning af klimaaftrykket for kalkning beregnes derfor et gennemsnitstal for udbringning af kalk per hektar per år. Ifølge Martin Nørregaard, SEGES, vil landmanden typisk benytte samme type kalk til alle marker, der kalkes det pågældende år. Behov for kalkning afhænger af jordtype og reaktionstal og påvirkes ikke af sædskifte/afgrøder i marken.

Databehov:

- 1) Samlet anvendt mængde kalk (produkt), når der kalkes, Anvendt kalk, kg kalk.
- 2) Samlet areal af marker, der kalkes: $\text{Areal}_{\text{Marker, der kalkes}}$, ha.
 - a. Sammentælling af areal for alle marker, hvor der er angivet, at marken kalkes.
- 3) Kalktype
 - a. Valgmuligheder: Alm. Jordbrugskalk / Dolomitkalk / Magnesium kalk / Carbokalk
 - ii. OBS: Der benyttes typisk kun én type kalk, når der kalkes. Det er derfor ikke nødvendigt at kunne vælge kalktype for hver mark.
 - b. CaCO_3 indhold i hver kalktype, $\text{CaCO}_2\text{-indhold}_{\text{KalktypeX}}$, %.

- iii. Alm. Jordbrugskalk 75,6% ; Dolomitkalk 88,0% ; Magnesium kalk 81,7% ; Carbokalk 51,9%
- 4) Antal år mellem kalkning.
- 5) Angivelse af hvilke marker der kalkes: Kalkes marken?
 - c. Svarmulighed: "Ja" / "Nej" (default: "Ja")
 - d. ELLER: Celle med flueben (default: Flueben er sat)
 - i. *Ligesom med vanding (beskrevet nedenfor) bør det drøftes om denne kolonne skal være standard i "Markplan" i MarkOnline, fremfor at være en parameter landmanden selv skal tilvælge*
 - a. På baggrund heraf udregnes samlet areal, der kalkes: Kalket areal, ha.
- 6) Emission af CO₂ ved kalkning med 1 kg CaCO₃ (EF_{Kalk}, kgCO₂-C/kg CaCO₃)
 - a. EF_{kalk} = 0,12 kg CO₂-C/kg CaCO₃
- 7) Omregningsfaktor (Omregn) fra CO₂-C til CO₂e på 44/12.
- 8) Emission_{kalk, ialt} fordeles på de marker, der kalkes, baseret på markernes areal (Areal_{marker, der kalkes}, ha)

Beregningsmetode 2: Emission fra kalkning fordelt på marker der kalkes.

Emission_{kalk, ialt} (kg CO₂e/ha/år) = [(CaCO₃-indhold_{Kalktype1} (%) * Anvendt kalk_{Kalktype1} (kg) + CaCO₃-indhold_{Kalktype2} (%) * Anvendt kalk_{Kalktype2} (kg) + ...) * EF_{Kalk} * Omregn] / (Kalket areal (ha) * Antal år mellem kalkning)

Emission_{kalk, mark1} (kg CO₂e/ha/år) = Emission_{kalk, ialt} (kg CO₂e/ha/år) * (Areal_{mark1} (ha) / Kalket areal (ha))

Beregningsmetode 3 – faktisk anvendt kalktype og faktisk anvendt kalkmængde:

Idet landmænd i praksis kalker nogle marker et år og andre et andet år, samt tildeler markerne forskellig mængde kalk efter behov, skal det ift. et produktaftryk være muligt at beregne af det faktiske forbrug af kalk i hver mark.

Forudsætningen for dette er, at landmanden registrerer kalktilførslen på markniveau.

Databehov:

- 1) Tildelt mængde kalk (kg produkt/ha) for hver mark, når der kalkes, Tildelt kalk_{MarkX}, kg kalk/ha.
- 2) Kalktype (det forventes, at der benyttes samme kalktype til alle marker der kalkes samme år)
 - a. Valgmuligheder: Alm. Jordbrugskalk / Dolomitkalk / Magnesium kalk / Carbokalk
 - ii. OBS: Der benyttes typisk kun én type kalk, når der kalkes. Det er derfor ikke nødvendigt at kunne vælge kalktype for hver mark.
 - b. CaCO₃-indhold i hver kalktype, CaCO₃-indhold_{KalktypeX}, %.
 - iii. Alm. Jordbrugskalk 75,6% ; Dolomitkalk 88,0% ; Magnesium kalk 81,7% ; Carbokalk 51,9%
- 3) Antal år mellem kalkning for hver mark, År mellem kalkning_{MarkX}
- 4) Emission af CO₂ ved kalkning med 1 kg CaCO₃ (EF_{Kalk}, kgCO₂-C/kg CaCO₃)
 - a. EF_{kalk} = 0,12 kg CO₂-C/kg CaCO₃

5) Omregningsfaktor (Omregn) fra CO₂-C til CO₂e på 44/12.

Beregningsmetode 3: Emission fra kalkning for hver mark fordelt over årene mellem kalkning.

$$\text{Emission}_{\text{kalk, Mark1}} \text{ (kg CO}_2\text{e/ha/år)} = [(\text{CaCO}_3\text{-indhold}_{\text{Kalktype}} \text{ (\%)} * \text{Tildelt kalk}_{\text{Mark1}} \text{ (kg/ha)}) * \text{EF}_{\text{kalk}} * \text{Omregn}] / \text{År mellem kalkning}_{\text{Mark1}}$$

Brændstof

Status:

- Nedenfor er beskrevet flere metoder til beregning af brændstofforbrug i marken og på vejtransport, da det er en række udfordringer med manglende informationer. Samtidig er det i forhold til både dyrkningspraksis og transport svært at lave antagelser, da der er stor forskel i praksis på de enkelte bedrifter.
- På nuværende tidspunkt vurderes det at være for omfattende og komplekst at beregne brændstofforbrug til transport ud fra markoperationer, afstand mellem bedrift, mark, gylletank og lager, samt markens størrelse. Der er nedenfor beskrevet overvejelser, som bør indgå, hvis det besluttes at lave beregninger af brændstofforbrug til transport for hver mark.
- Hvis **beregningsmetode 1** skal benyttes, skal listen med brændstofforbrug ved markoperationer tilpasses emnerne i MarkOnline og afgrødespecifikke brændstofforbrug (ekskl. markoperationer som er obligatoriske at registrere i MarkOnline) laves.

Brændstofforbrug ved markoperationer og transport til og fra marken bidrager med et klimaaftryk til den samlede produktion af en afgrøde. Der findes pt ikke registreringer af brændstofforbrug på markniveau i markstyringsprogrammer. Og det vurderes heller ikke realistisk, at det kan ske i fremtiden. Derfor er klimaaftrykket fra brændstofforbruget nødt til i nogen grad at være baseret på standardtal. Klimaaftrykket fra brændstofforbruget kan beregnes på flere måder, alt efter tilgængeligheden af registrerede data angående markoperationer.

Emissionerne kan beregnes på baggrund af en kombination af registrerede og forventede (antal og type) markoperationer (Beregningsmetode 1) eller ved brug af et beregnet gennemsnit for brændstofforbruget i en specifik afgrøde (Beregningsmetode 2). Såning, høst, gødskning og sprøjtekørsler er obligatoriske at registrere i MarkOnline, mens de øvrige markoperationer er frivillige at registrere og her forventer vi, at informationen er for mangelfuld til at kunne bruges til beregning af et præcist klimaaftryk.

I tillæg til det kan det samlede brændstofforbrug registreres for bedriften, hvorefter brændstofforbruget fordeles på de enkelte marker ved at bruge enten Beregningsmetode 1 – mark eller Beregningsmetode 2 – mark som fordelingsnøgle.

Vi skal skelne mellem CO₂ fra forbrænding, 2,62 kg CO₂e/l, som indgår i det territoriale regnskab, som opgøres udelukkende for landbrugssektoren og et total klimaaftryk fra fremstilling, transport og forbrænding, 3,14 CO₂e/l (til produktregnskab).

Energikilde til transport:

Der anvendes kun alm. diesel (uden iblanding af biobrændstof) i dansk planteproduktion (Kilde: Henning), dvs. ingen forbrug af biodiesel.

El til transport er endnu ikke udbredt og skal indtil videre ikke indgå i beregningen af klimaaftryk.

Transportmiddel til transportopgaver:

Der kan anvendes traktor med vogn og/eller lastbil til transport, hvilket komplicerer beregningen af klimaeffekten. Nogle bedrifter anvender vognmand / maskinstation til transportopgaver.

Registrering af markoperationer i praksis:

I et datamanagement system er normalt planlagt/registreret alle udbringninger af handelsgødning, husdyrgødning og sprøjtemidler. Det vil umiddelbart være let at tilføje en algoritme, der optæller antallet af udbringninger og evt. den udbragte mængde. Dermed har man et godt datagrundlag for opgørelse af brændstofforbruget til disse markoperationer.

Jordbehandlinger og afgrødeetablering er traditionelt i mindre grad planlagt/registreret i et datamanagement system. Hvis det gøres til standard, at valgte dyrkningsplaner også indeholder jordbehandlinger og afgrødeetablering, så vil der være et datagrundlag at regne ud fra.

Høstoperationer kan fastlægges ud fra afgrødetypen og udbytteinjerne. Brændstofforbruget hertil korrigeres bl.a. for udbytte og bjærgning/nedmuldning af halm.

Beregningsmetode 1 – mark: Beregning på baggrund af registrerede markoperationer:

På nuværende tidspunkt vil registreringer af markoperationer være mangelfulde. Såning, høst, gødskning og sprøjtekørsler er obligatoriske at registrere, mens andre er frivillige at registrere i MarkOnline.

I denne beregningsmetode er beskrevet beregning af forbrug af brændstof i marken på baggrund af de obligatoriske registrerede markoperationer og et afgrødespecifikt standardtillæg som dækker markoperationer indenfor jordbearbejdning, som ikke er obligatoriske (pløjning, harvning, strigling, tromling osv).

Databehov:

- 1) Typer af (emne) og antal markoperationer udført på den angivne mark (MOP X) og Antal_{MOP X}
 - a. Antal udførte markoperationer af de følgende emner er obligatoriske at registrere i MarkOnline for hver mark og kan sammentælles, Antal_{MOP X}
 - i. "Husdyrgødning"
 1. "Husdyrgødning" skal differentieres ved hjælp af "Udbr. Teknik" under "Markeffekt" (under "Gødningstildeling"): "Nedfældet" og "Slangeudlagt", da det har indflydelse på brændstofforbruget.
 - ii. "Handelsgødning"
 - iii. "Såning", herunder "Udsæd"
 - iv. "Plantebeskyttelse", herunder "Ukrudt"; "Sygdomme"; "Skadedyr"; "Vækstregulering"
 - v. "Høst", herunder "Udbytte"
 1. "Høst" skal differentieres ved hjælp af "Produkt" ("Kerne", "Halm", "Halm nedmuldet", "Frø", "Slæt", "Afgræsning", "Grønmasse (ikke fjernet)", "Grønmasse"), da det har indflydelse på brændstofforbruget
 - vi. *OBS: Det skal drøftes om sammentælling skal laves på alle markoperationer, der er oprettet i MarkOnline eller kun markoperationer, hvor der er flueben i "Reg". Såning og høst oprettes automatisk, når en afgrøde tilføjes.*
- 2) Dieselforbruget i marken pr. markoperation for de markoperationer indgår under punkt 1 ovenfor, Diesel_{MOP X}, l/ha.
 - a. Brændstofforbruget i liter pr hektar er listet i tabel 2 (bagerst i dokumentet) for forskellige markoperationer.
 - b. Det antages, at dieselforbruget (l/ha) for markoperationerne er baseret på et gennemsnit i forhold til vægt og at der derfor ikke skal tages højde for effekten af vægt af vogn med last (gylle, sprøjtemiddel m.v.) i beregningen af brændstofforbrug.
 - c. *I listen med dieselforbrug pr. markoperation skal fremgå om der skal ganges med faktoren for effekt af jordtype, JB_{Faktor} (punkt 4).*

- 3) Afgrødespecifikt dieselforbrug i marken: $\text{Diesel}_{\text{MOP AfgrødeX}}$, l/ha.
 - a. Dieselforbrug til markoperationer, som ikke indgår under punkt 1, dvs. jordbearbejdning m.v. Her tages udgangspunkt i liste med markoperationer i budgetkalkulen på farmtal.dk
 - i. Der skelnes ikke mellem forskellige typer af dyrkningsstrategier (økologi, conservation agriculture, pløjefri dyrkning m.v.). Hvis det ønskes, at der kan skelnes, skal der tilføjes mulighed for at registrere dyrkningsstrategi i MarkOnline.
 - ii. Det skal drøftes, om faktoren for effekt af jordbundstype skal ganges på det afgrødespecifikke brændstofforbrug, hvor der både indgår markoperationer om roder i jorden og markoperationer der ikke gør.
- 4) Effekt af jordtype på dieselforbrug, $\text{JB}_{\text{Faktor}}$
 - a. Der skal ganges en faktor for jordtype på alle markoperationer, hvor jorden bearbejdes i større eller mindre grad (pløjning, harvning, strigling, såning, nedfældning af gylle, gylletildeling ved brug af slæbesko m.v.)
 - b. Jordtypefaktor, $\text{JB}_{\text{Faktor}}$
 - i. JB1-4: Dieselforbrug * 0,9
 - ii. JB7-9 + JB11: Dieselforbrug * 1,1
- 5) Emissionsfaktor for fremstilling og afbrænding af diesel $\text{EF}_{\text{Diesel}} = 3,14 \text{ kg CO}_2\text{e/l diesel}$ (https://www.iscc-system.org/wp-content/uploads/2021/07/ISCC_EU_205_Greenhouse-Gas-Emissions-v4.0.pdf).

Beregningsmetode 1 – mark: Kombination af registrerede markoperationer og standard afgrødespecifikt brændstofforbrug

Emissionen beregnes på baggrund af type og antal af registrerede markoperationer, og et standardtal for dieselforbruget i l/ha for den registrerede markoperation. Markoperationer der "roder" i jorden skal ganges med en justeringsfaktor for jordtype, som beskrevet ovenfor.

$$\text{Emission}_{\text{Diesel Mark}} (\text{kg CO}_2\text{e/ha}) = (\text{Antal}_{\text{MOP1}} * \text{Diesel}_{\text{MOP1}} (\text{l/ha}) + \text{Antal}_{\text{MOP2}} * \text{Diesel}_{\text{MOP2}} (\text{l/ha}) + \dots) * \text{JB}_{\text{Faktor}} + \text{Antal}_{\text{MOP3}} * \text{Diesel}_{\text{MOP3}} (\text{l/ha}) + \text{Diesel}_{\text{MOP AfgrødeX}} \dots * \text{EF}_{\text{Diesel}} (\text{CO}_2\text{e/l})$$

Beregningsmetode 1a – Beregning på baggrund af faktiske markoperationer

Hvis det engang vurderes at være realistisk at få komplet registrering af alle markoperationer i MarkOnline kan punkt 1, 2 og 3 erstattes af følgende:

- 6) Markoperationer fra MarkOnline (udtræk fra Niels, Digital, juni 2022) er koblet sammen med oversigt over brændstofforbrug (Hennings liste med brændstofforbrug ved markoperationer): <T:\2022\160 PlanteMiljoe\7854 PAF Mod en klimaneutral planteproduktion HEVP\01 Arbejdsmappe\behv\maskinliste.xlsx>
 - a. Hvis denne beregningsmetode skal benyttes, skal det drøftes hvordan man håndterer, at landmænd selv kan oprette markoperationer i MarkOnline. Der kan derfor stadig være brug for at benytte en form for kategorisering i nogle tilfælde.

Beregningsmetode 2 – mark: Beregning på baggrund af standardtal for brændstofforbrug i en specifik afgrøde:

I denne beregningsmetode benyttes et standardtal for brændstofforbrug i marken baseret på afgrøde.

Databehov:

- 1) Gennemsnitligt afgrødespecifikt brændstofforbrug per hektar ($\text{Diesel}_{\text{Afgrøde}}$, l/ha)

- a. Se Tabel 3, bagerst i dokumentet (Kilde: Henning Sjørlev Lyngvig).
- 2) Emissionsfaktor for afbrænding af diesel $EF_{\text{Diesel}} = 3,38 \text{ kg CO}_2\text{e/l}$ (VE-directive, appendix V, section 19).

Beregningsmetode 2 – mark: Emissionen fra brændstofforbruget beregnes på følgende måde.

$$\text{Emission}_{\text{Diesel Mark}} (\text{kg CO}_2\text{e/ha}) = \text{Diesel}_{\text{Afgørde}} (\text{l/ha}) * EF_{\text{Diesel}} (\text{CO}_2\text{e/l})$$

Beregningsmetode 1 – transport: Brug af fordelingsnøgle:

I denne beregningsmetode forventes brændstofforbrug til transport at være ligeligt fordelt på bedriftens afgrøder og at de forskelle der måtte være, udlignes over en årrække i takt med at afgrøderne roterer på markerne.

Databehov:

- 1) Total brændstofforbrug benyttet til markarbejde og transport, $\text{Brændstofforbrug}_{\text{Total, Mark+Transport}}$, liter:
 - a. Dette registreres på nuværende tidspunkt ikke i MarkOnline.
 - i. Denne oplysning kan med fordel være på en side sammen med de andre faktorer, som skal fordeles på markerne (el, kalk og brændstof til tørring)
 - b. *OBS: Kender landmanden forbruget af brændstof til mark + transport i forbindelse med plante-produktion, hvis landmanden f.eks. også har husdyr? Skal vi være obs på, at brændstofforbruget som fordeles på markerne, kan blive overestimeret, hvis landmanden også bruger traktorer til transport af foder, gylle (til gylletanken), flytning af husdyr m.v.*
 - c. *Håndtering af brug af maskinstation – hvordan laves beregning af brændstofforbrug ved transport, hvis der bruges maskinstation?*
 - i. *Hvis der benyttes en omregningsfaktor mellem kroner til maskinstation og CO2-e skal der tages højde for om maskinstationen udfører transportopgaver eller markoperationer, da brændstof til markoperationer beregnes ud fra registrerede markoperationer, hvor der ikke skelnes mellem om arbejdet udføres af maskinstation eller af egne maskiner.*
- 2) Antal marker i omdrift, $\text{Antal}_{\text{Marker i omdrift}}$
 - a. Antal marker der dyrkes og hvor der derfor er transport til og fra marken kan bestemmes ud fra "Afgørde" (ekskl. "Brak – slåningsbrak (MFO)" ; "Varig græs..." ; "Markbræmme...")
 - i. Alternativt kan $\text{Antal}_{\text{Marker i omdrift}}$ bestemmes ud fra kolonnen "Sort", hvor "(Ingen)" vælges på marker som ikke er i omdrift.
- 3) Brændstofforbrug i marken, $\text{Diesel}_{\text{AfgørdeX}} \cdot \text{l/ha}$ (beregnet ovenfor)
- 4) Markareal, $\text{Areal}_{\text{MarkX}}$, ha
 - a. Markareal bruges til at beregne det totale forbrug af brændstof i markerne, samt til omregning af brændstofforbrug til vejtransport på hektar-basis, så det er sammenligneligt med de andre klimaberegninger.
- 5) Emissionsfaktor for afbrænding af diesel $EF_{\text{Diesel}} = 3,38 \text{ kg CO}_2\text{e/l}$ (VE-directive, appendix V, section 19).

Beregningsmetode 1 – transport:

$$\text{Emission}_{\text{Diesel Transport}} (\text{kg CO}_2\text{e/ha}) = (EF_{\text{Diesel}} (\text{CO}_2\text{e/l}) * [\text{Brændstofforbrug}_{\text{Total, Mark+Transport}} (\text{l}) - (\text{Diesel}_{\text{Afgørde1}} (\text{l/ha}) * \text{Areal}_{\text{Mark1}} + \text{Diesel}_{\text{Afgørde2}} (\text{l/ha}) * \text{Areal}_{\text{Mark2}} \dots)]) / \text{Antal}_{\text{Marker i omdrift}} / \text{Areal}_{\text{MarkX}}$$

Beregningsmetode 2 – transport:

Specifik beregning af brændstofforbrug på kørsel til og fra marken ud fra markoperationer, samt placering af marker, bedrift, gylletanke og lager er meget kompleks og vurderes ikke at være mulig på nuværende tidspunkt. Overvejelse som bør indgå, hvis der skal laves specifik beregning af brændstofforbrug på baggrund af markoperationer er beskrevet nedenfor.

Generelle overvejelser:

- I nogle tilfælde står traktoren ikke på bedriften – skal der i disse tilfælde kunne vælges en alternativ adresse?
- Håndteres brug af maskinstation: Hvordan skal brændstofforbrug beregnes og registreres, hvis det er en maskinstation, der udfører opgaven (herunder brændstofforbrug i forbindelse med transport til og fra maskinstation).
- Til transportopgaver kan der bruges traktor eller lastbil, som afviger væsentligt i brændstofforbrug: Hvordan skal det registreres om der bruges traktor eller lastbil til transportopgaven?
- Markgruppe – hvordan registreres det? Ofte ligger marker i markgrupper som behandles samtidig. Der skal tages højde for om en mark er en del af en større markgruppe, når der beregnes antal kørsler til og fra marken.

Databehov:

- 1) Beregning af transportafstand – vejtransport, $Afstand_x$, km:
 - a. I 2016 blev der udarbejdet en algoritme, hvor der på baggrund af CVR nr udregnes transportafstand fra bedrift til bedriftens marker via veje, som kan benyttes med traktor, samt en pdf fil med et kort. Rita (SEGES) har algoritmen. Peter (Digital) blev købt ind til at lave den i 2016. Indkøbsbehov: Hvis denne beregningsmodel skal benyttes, skal der indkøbes et nyt vejtema til GIS (ca. udgift 10.000 kr.).
 - b. Afstand mellem bedrift og marker: $Afstand_{Bedrift}$, km:
 - i. CVR nr med adresse og koordinater på bedriftens marker er på nuværende tidspunkt tilgængelige oplysninger i MarkOnline og kan benyttes direkte.
 - ii. *Det skal overvejes om der skal være mulighed for at teste en alternativ adresse i tilfælde, hvor maskinerne holder på en anden adresse.*
 - c. Afstand mellem gylletank og marker, $Afstand_{Gylletank}$, km:
 - i. Landmanden opretter selv gylletanke i MarkOnline. Der tilføjes på nuværende tidspunkt ikke information om geografisk placering. Dette kræver en kobling til gylletankens GHI-nr eller at landmanden selv registrerer placeringen af gylletanken, f.eks. ved at klikke på et kort.
 1. *Der skal oprettes en mulighed for at registrere gylletankens placering for at kunne beregne afstanden mellem gylletank og marker.*
 - a. *Rita har på Landmand.dk koblet information om dyrebrug med fund af gylletanke med machine learning. En gylletank, som er placeret mindre end 300 m fra CHR (stald) bliver automatisk koblet sammen med den bedrift (CVR), som stalden hører under (CHR = Centrale husdyrregister – stald; CVR = Centrale virksomhedsregister – bedrift ; GHI = Gødnings- og husdyrindberetning – gylletank).*
 - b. *Måske kan en lignende metode benyttes til automatisk at koble information om gylletankens placering til gylletanke, der er oprettet i MarkOnline?*
 - ii. Landmanden skal have mulighed for at se et kort som viser transportvej (enten i MarkOnline eller i landmand.dk) og derefter rette manuelt til, hvis der er fejl
 - d. Afstand mellem lager til udbytte / aftager og marker, $Afstand_{Udbytte}$, km:
 - i. Der er på nuværende tidspunkt ikke oplysninger om hvor udbytte lagres eller transporteres til efter høst.

1. *Det skal drøftes i hvilket omfang det skal være muligt at angive hvor udbyttet transporteres. Her skal det overvejes til hvilket stadie transporten skal medregnes i klimaaftrykket for hhv. bedriften og produktet.*
- 2) Brændstofforbrug til transportopgaver pr. markoperation (kørsel til og fra marken):
- a. Markoperationer uden last (evt. inkl. sprøjtning og såning for at reducerer kompleksiteten af udregningen)
 - i. Antal udførte markoperationer uden last: $\text{Antal}_{\text{MOP uden last}}$.
 1. Tabel, hvor markoperationer som registreres i MarkOnline er inddelt i "Markoperationer med last" og "Markoperationer uden last"
 2. *Denne tabel skal laves inden denne beregningsmodel kan benyttes.*
 - ii. Dieselforbrug på vejtransport, traktor med redskab: $\text{Diesel}_{\text{Transport, MOP uden last}}$, l/km.
 - iii. Transportafstand mellem bedrift (CVR-nr) og mark, $\text{Afstand}_{\text{Bedrift}}$, km.
 - b. Gødningstildeling – Husdyrgødning:
 - i. Mængde husdyrgødning / gylle: $\text{Mængde}_{\text{GylleX}}$, kg/ha.
 1. Denne information er direkte tilgængelig i MarkOnline
 - ii. Dieselforbrug på vejtransport, traktor med vogn+last: $\text{Diesel}_{\text{Transport, MOP med last}}$, l/km.
 - iii. Transportafstand mellem gylletank og mark: $\text{Afstand}_{\text{GylletankX}}$, km.
 1. I MarkOnline registreres hvilken gylletank, der benyttes til hvilken mark
 2. *Geografisk lokation af gylletank er på nuværende tidspunkt ikke registreret i MarkOnline*
 3. *Det skal evt. tilføjes, at første køretur er afstand mellem bedrift og gylletank og sidste køretur er retur til bedriften "Afstand_{Bedrift"}. Dette er IKKE inkluderet i formlen nedenfor.*
 - iv. Lastkapacitet i gyllevogn: $\text{Lastkapacitet}_{\text{Gylle}}$, kg.
 1. Her kan en gennemsnitsværdi benyttes og/eller lave mulighed for at landmanden kan indtaste en lastkapacitet
 - c. Gødningstildeling – Handelsgødning:
 - i. Handelsgødning, mængde: $\text{Mængde}_{\text{GødningX}}$, kg/ha.
 1. Denne information er direkte tilgængelig i MarkOnline
 - ii. Dieselforbrug på vejtransport, traktor med vogn+last: $\text{Diesel}_{\text{Transport, MOP med last}}$, l/km.
 - iii. Transportafstand mellem bedrift (CVR-nr) og mark: $\text{Afstand}_{\text{Bedrift}}$, km.
 - iv. Lastkapacitet i gødningsspreder: $\text{Lastkapacitet}_{\text{Gødning}}$, kg.
 1. Her kan en gennemsnitsværdi benyttes og/eller lave mulighed for at landmanden kan indtaste en lastkapacitet
 - d. Udbytte:
 - i. Udbytte, kerne: $\text{Mængde}_{\text{Udbytte}}$, kg/ha (skal omregnes fra hkg til kg)
 - ii. Udbytte, halm: $\text{Mængde}_{\text{Halm}}$, kg/ha.
 - iii. Udbytte, Grønmasse: $\text{Mængde}_{\text{Grønmasse}}$, FEN/ha
 1. *OBS: behov for omregning til kg*
 - iv. Dieselforbrug på vejtransport, traktor med vogn+last: $\text{Diesel}_{\text{Transport, MOP med last}}$, l/km.
 - v. Transportafstand mellem lager, udbytte (foderstof; silo; lager, tørrehal) og mark: $\text{Afstand}_{\text{Lager, udbytte}}$, km.
 1. *Denne er ikke umiddelbart tilgængelig information i MarkOnline, da det ikke er registreret om udbytte køres til lager på bedriften, til grovvarerlager, kornforhandler m.v.*
 2. Denne information vil potentielt være forskellig for forskellige afgrøder på samme bedrift, da korn og grønmasse ofte skal opbevares på forskellige lagre / transporteres til forskellige købere.
 3. *Her skal evt. tilføjes, at første køretur er "Afstand_{Bedrift"} og sidste køretur er afstanden mellem lager og bedrift. Dette er IKKE inkluderet i formlen nedenfor.*
 - vi. Transportafstand mellem lager, halm (biogasanlæg, kraftvarmeanlæg, egen lagerhal) og mark: $\text{Afstand}_{\text{Lager, halm}}$, km.
 1. *Her skal evt. tilføjes, at første køretur er "Afstand_{Bedrift"} og sidste køretur er afstanden mellem lager og bedrift. Dette er IKKE inkluderet i formlen nedenfor.*

2. Denne vil potentielt være forskellig for forskellige afgrøder.
- vii. Lastkapacitet i vogn: $\text{Lastkapacitet}_{\text{Udbytte}}$, kg.
1. Her kan en gennemsnitsværdi benyttes og/eller lave mulighed for at landmanden kan indtaste en lastkapacitet

3) Markareal, $\text{Areal}_{\text{Mark}}$, ha.

- a. Denne oplysning er tilgængelig i MarkOnline og kan bruges direkte.
- b. Markareal bruges til at omregne brændstofforbrug til vejtransport pr. hektar, så det er sammenligneligt med de andre klimaberegninger, samt til beregning af antal kørsler med last, som er baseret på mængde udbytte, gødning m.v. der benyttes i den pågældende mark.

4) Emissionsfaktor for afbrænding af diesel $\text{EF}_{\text{Diesel}} = 3,38 \text{ kg CO}_2\text{e/l}$ (VE-directive, appendix V, section 19).

Beregningsmetode 2 – Transport:

$$\text{Brændstofforbrug}_{\text{Transport}} \text{ (l/ha)} = (\text{Brændstofforbrug}_{\text{Transport, MOP uden last}} + \text{Brændstofforbrug}_{\text{Transport, Gylle}} + \text{Brændstofforbrug}_{\text{Transport, Gødning}} + \text{Brændstofforbrug}_{\text{Transport, udbytte}} + \text{Brændstofforbrug}_{\text{Transport, halm}} \text{ (l/mark)}) / \text{Areal}_{\text{Mark}} \text{ (ha)}$$

$$\text{Brændstofforbrug}_{\text{Transport, MOP uden last}} \text{ (l/mark)} = \text{Antal}_{\text{MOP uden last}} * 2 * \text{Afstand}_{\text{Bedrift}} \text{ (km)} * \text{Diesel}_{\text{Transport, MOP uden last}} \text{ (l/km)}$$

$$\text{Brændstofforbrug}_{\text{Transport, Gylle}} \text{ (l/mark)} = \text{Diesel}_{\text{Transport, MOP med last}} \text{ (l/km)} * 2 * [\text{Afstand}_{\text{Gylletank1}} \text{ (km)} * (\text{Mængde}_{\text{Gylle1}} \text{ (kg/ha)} * \text{Areal}_{\text{Mark}} \text{ (ha)} / \text{Lastkapacitet}_{\text{Gylle}} \text{ (kg)}) + \text{Afstand}_{\text{Gylletank2}} \text{ (km)} * (\text{Mængde}_{\text{Gylle2}} \text{ (kg/ha)} * \text{Areal}_{\text{Mark}} \text{ (ha)} / \text{Lastkapacitet}_{\text{Gylle}} \text{ (kg)})]$$

$$\text{Brændstofforbrug}_{\text{Transport, Gødning}} \text{ (l/mark)} = \text{Diesel}_{\text{Transport, MOP med last}} \text{ (l/km)} * \text{Afstand}_{\text{Bedrift}} \text{ (km)} * 2 * [(\text{Mængde}_{\text{Gødning1}} \text{ (kg/ha)} + \text{Mængde}_{\text{Gødning2}} \text{ (kg/ha)}) * \text{Areal}_{\text{Mark}} \text{ (ha)} / \text{Lastkapacitet}_{\text{Gødning}} \text{ (kg)}]$$

$$\text{Brændstofforbrug}_{\text{Transport, udbytte}} \text{ (l/mark)} = \text{Diesel}_{\text{Transport, MOP med last}} \text{ (l/km)} * \text{Afstand}_{\text{Lager, udbytte}} \text{ (km)} * 2 * [(\text{Mængde}_{\text{udbytte}} \text{ (kg/ha)} * \text{Areal}_{\text{Mark}} \text{ (ha)} / \text{Lastkapacitet}_{\text{Udbytte}} \text{ (kg)})]$$

$$\text{Brændstofforbrug}_{\text{Transport, halm}} \text{ (l/mark)} = \text{Diesel}_{\text{Transport, MOP med last}} \text{ (l/km)} * \text{Afstand}_{\text{Lager, halm}} \text{ (km)} * 2 * (\text{Mængde}_{\text{halm}} \text{ (kg/ha)} * \text{Areal}_{\text{Mark}} \text{ (ha)} / \text{Lastkapacitet} \text{ (kg)})$$

$$\text{Emission}_{\text{Diesel, kg CO}_2\text{e/ha}} = (\text{Brændstofforbrug}_{\text{Mark}} + \text{Brændstofforbrug}_{\text{Transport}}) * \text{EF}_{\text{Diesel}} \text{ (CO}_2\text{e/l)}$$

EI

Status:

- Der er lavet fire forslag til beregningsmetode.
- Som med brændstof er en løsning på nuværende tidspunkt, at landmanden taster et samlet elforbrug for bedriften på en side i MarkOnline. Elforbruget bliver derefter fordelt til vanding og tørring på de enkelte marker / udbytter efter et fordelingsprincip. Dette er beskrevet som beregningsmetode 4.

Der findes på nuværende tidspunkt ikke nogen registreringer af energiforbrug i relevante markstyrings programmer. Men elforbrug til markvanding er en særlig post, der kan være ret stor, og derfor have en betydelig indvirkning på en afgrødes klimaaftryk. For nuværende er det muligt at registrere i MarkOnline om en mark kan vandes eller ikke, men vandforbruget varierer enormt fra år til år, hvorfor en så simpel registrering ikke kan benyttes til at beregne et klimaaftryk fra elforbrug til markvanding. Vandforbrug kan

være registreret i specielle styringsværktøjer, men da det anvendes af relativt få, så er der behov for en let mulighed for registrering af det samlede vandforbrug pr. mark på årlig basis, hvis der skal kunne beregnes et klimaaftryk fra markvanding. Registreres det samlede vandforbrug, kan elforbruget beregnes ud fra typetal for elforbrug pr. mm. Eller endnu bedre ved et bedriftsspecifik angivet el-forbrug til vanding.

Beregningsmetode 1: Beregning baseret på vandingsbehov

Data behov:

- 1) Markering af hvilke marker/afgrøder, der kan vandes
 - a. Der er i MarkOnline mulighed for at tilføje en kolonne "Vandes" i "Markplan", hvor der kan sættes flueben.
 - i. *Det kan overvejes, om denne parameter kan gøres standard i markplan, hvor det nu er en kolonne, som landmanden selv kan vælge at tilføje.*
- 2) Areal_{Mark}, ha.
 - a. Denne information er tilgængelig i MarkOnline og kan benyttes direkte.
- 3) Vandingsbehov (gennemsnit) i afgrøder, der typisk vandes: Vandingsbehov_{AfgrødeX}, mm/ha.
 - a. *Hvis denne beregningsmetode benyttes skal denne information tabellægges. Der bør tages højde for forskelle mellem landets regioner og jordbundstype.*
 - b. *Det skal overvejes, om der skal være en real-time opdatering af vandingsbehov, således at der kun beregnes elforbrug til vanding i de tilfælde, hvor det er sandsynligt, at landmanden ville vælge at vande. Dette kan muligvis gøres ved at lave en kobling til programmet "Vandbalance" i "CropManager".*
- 4) Energiforbruget til markvanding, Forbrug_{energi vanding}, kWh/mm/ha
 - a. Forbrug_{energi vanding} = 4,6 kWh/mm/ha (Jens J. Høy, pers. komm.).
- 5) Emissionsfaktor pr kWh, EF_{energi} = 128 g CO_{2e}/kWh (Energistyrelsen 2021).
 - a. *Hvis denne beregningsmetode benyttes, bør der tjekkes for opdateringer af dette standardtal.*

Beregningsmetode 1: Baseret på vandingsbehov (typetal) – beregnes for hver mark, der vandes

$$\text{Emission}_{\text{energi vanding Mark1}}, \text{ kgCO}_2\text{e/ha} = \text{Vandingsbehov}_{\text{Afgrøde 1}} (\text{mm/ha}) * \text{Areal}_{\text{Mark1}} (\text{ha}) * \text{Forbrug}_{\text{energi vanding}} (\text{kWh/mm/ha}) * \text{EF}_{\text{energi}} (\text{CO}_2\text{e/kWh})$$

Beregningsmetode 2: Beregning baseret på reelt vandforbrug opgjort for hver mark for sig

Databehov:

- 1) Vandforbrug – registreres for hver mark, der vandes: Vandforbrug_{MarkX}, mm/ha/år
 - a) *Denne information er ikke tilgængelig i MarkOnline på nuværende tidspunkt, men et vandstyringsprogram er under udvikling i MarkOnline.*
- 2) Energiforbruget til markvanding: Forbrug_{energi vanding}, kWh/mm/ha
 - a) Forbrug_{energi vanding} = 4,6 kWh/mm/ha (Jens J. Høy, pers. komm.).
- 3) Emissionsfaktor pr kWh, EF_{energi} = 128 g CO_{2e}/kWh (Energistyrelsen 2021).
 - a. *Hvis denne beregningsmetode benyttes, bør der tjekkes for opdateringer af dette standardtal.*

Beregningsmetode 2: Beregning baseret på reelt vandforbrug – beregnes for hver mark, der vandes

$$\text{Emission}_{\text{energi vanding Mark1}} (\text{kgCO}_2\text{e/ha}) = \text{Vandforbrug}_{\text{Mark1}} (\text{mm/ha/år}) * \text{Forbrug}_{\text{energi vanding}} (\text{kWh/mm/år}) * \text{EF}_{\text{energi}} (\text{CO}_2\text{e/kWh})$$

Beregningsmetode 3: Beregning baseret på reelt vandforbrug, i alt

Databehov:

- 1) Samlet vandforbrug til vanding på bedriften: Vandforbrug, mm/ha.
 - a. Denne information er på nuværende tidspunkt ikke registreret i MarkOnline. Hvis denne beregningsmetode skal benyttes, skal der laves mulighed for at registrere dette på en side med andre informationer, som skal fordeles på markerne.
 - b. Hvis enheden for vandforbrug er m³ skal der findes en emissionsfaktor pr m³ for CO₂e/m³.
- 2) Markering af hvilke marker, der vandes.
 - a. Der er i MarkOnline mulighed for at tilføje en kolonne "Vandes" i "Markplan", hvor der kan sættes flueben.
 - i. Det kan overvejes, om denne parameter kan gøres standard i markplan, hvor det nu er en kolonne, som landmanden selv kan vælge at tilføje.
- 3) Areal, af hver mark der vandes: Areal_{Mark X}, ha.
 - a. Denne information er tilgængelig i MarkOnline
- 4) Samlet areal for alle marker, der vandes: Areal_{Marker, der vandes}, ha.
 - a. Sammentælling af Areal_{Mark X} for de marker, hvor der er sat flueben i "Vandes".
- 5) Energiforbruget til markvanding: Forbrug_{energi vanding}, kWh/mm/ha.
 - a. Forbrug_{energi vanding} = 4,6 kWh/mm/ha (Jens J. Høy, pers. komm.).
- 6) Emissionsfaktor pr kWh, EF_{energi} = 128 g CO₂e/kWh (Energistyrelsen 2021).
 - a. Hvis denne beregningsmetode benyttes, bør der tjekkes for opdateringer af dette standardtal.

Beregningsmetode 3: Beregning baseret på reelt vandforbrug – beregnes for hver mark, der vandes

$$\text{Emission}_{\text{energi vanding Mark1}} (\text{kgCO}_2\text{e/ha}) = (\text{Vandforbrug (mm/ha)} / \text{Areal}_{\text{Marker, der vandes}} (\text{ha})) * \text{Areal}_{\text{Mark1}} (\text{ha}) * \text{Forbrug}_{\text{energi vanding}} (\text{kWh/mm/ha}) * \text{EF}_{\text{energi}} (\text{CO}_2\text{e/kWh})$$

Beregningsmetode 4: Beregning på baggrund af elforbrug

Databehov:

- 1) Registreret energiforbrug til markvanding i alt: Forbrug_{energi, vanding}, kWh.
 - a. Denne information er på nuværende tidspunkt ikke registreret i MarkOnline. Hvis denne beregningsmetode skal benyttes, skal der laves mulighed for at registrere dette på en side med andre informationer, som skal fordeles på markerne.
- 2) Markering af hvilke marker, der vandes
 - a. Der er i MarkOnline mulighed for at tilføje en kolonne "Vandes" i "Markplan", hvor der kan sættes flueben.
 - i. Det kan overvejes, om denne parameter kan gøres standard i markplan, hvor det nu er en kolonne, som landmanden selv kan vælge at tilføje.
- 3) Areal, af hver mark der vandes: Areal_{Mark X}, ha.

- a. Denne information er tilgængelig i MarkOnline
- 4) Samlet areal for alle marker, der vandes: $\text{Areal}_{\text{Marker, der vandes}}$, ha.
 - a. Sammentælling af $\text{Areal}_{\text{Mark } x}$ for de marker, hvor der er sat flueben i "Vandes".
 - 5) Emissionsfaktor pr kWh, $\text{EF}_{\text{energi}} = 128 \text{ g CO}_2\text{e/kWh}$ (Energistyrelsen 2021).
 - a. Hvis denne beregningsmetode benyttes, bør der tjekkes for opdateringer af dette standardtal.

Beregningsmetode 4: Beregning baseret på reelt energiforbrug – beregnes for hver mark, der vandes

$$\text{Emission}_{\text{energi vanding Mark1}} (\text{kgCO}_2\text{e/ha}) = (\text{Forbrug}_{\text{energi, vanding}} (\text{kWh}) / \text{Areal}_{\text{Marker, der vandes}} (\text{ha})) * \text{Areal}_{\text{Mark1}} (\text{ha}) * \text{EF}_{\text{energi}} (\text{CO}_2\text{e/kWh})$$

Brændstof – tørring

Status:

- Den beskrevne beregning kan benyttes, hvis det i MarkOnline registreres om varen sælges "våd" eller "nedtørret", samt "tørringsbehov i %"
- OBS: Ved beregning af klimaaftryk på produktniveau er det essentielt, at der kan laves en sammenligning på tværs af produkter fra forskellige bedrifter. Det er derfor vigtigt at drøfte om et klimaaftryk som standard skal beregnes for en våd eller nedtørret vare. Hvis valget falder på en nedtørret vare, skal der beregnes et tillæg til produktaftrykket for de landmænd som ikke selv tørrer deres vare.

Beregningsmetode 1: Samlet el- og brændstofforbrug til tørring fordeles på udbytte med tørringsbehov

Databehov:

- 1) Er udbyttet solgt "våd" eller nedtørret? (Alternativt "Egen tørring" ; "Løntørring" ; "Ingen tørring")
 - a. Valgmulighed: "Varen er solgt som våd vare – ingen tørring" ; "Varen er solgt nedtørret"
 - i. Denne information er på nuværende tidspunkt ikke tilgængelig og skal tilføjes i MarkOnline
- 2) Udbytte i kg for de varer, der tørres på bedriften: $\text{Udbytte}_{\text{Tørring MarkX}}$, kg.
 - a. Denne kan beregnes fra information, som er tilgængelig i MarkOnline.
- 3) Markareal, hvor udbyttet tørres: $\text{Areal}_{\text{MarkX}}$, ha.
 - a. Areal af marker, hvor udbyttet tørres, til beregning af udbytte, der skal tørres.
 - b. Denne information er tilgængelig og kan bruges direkte.
- 4) Samlet udbytte der tørres på bedriften: $\text{Udbytte}_{\text{Tørring}}$, kg.
 - a. Sammentælling af udbytter ud fra information om hvilke udbytter, der tørres på bedriften
- 5) Samlet elforbrug og/eller brændstofforbrug til tørring på bedriften: $\text{Forbrug}_{\text{Energi tørring}}$, kWh.
 - a. Denne information er på nuværende tidspunkt ikke registreret i MarkOnline. Hvis denne beregningsmetode skal benyttes, skal der laves mulighed for at registrere dette på en side med andre informationer, som skal fordeles på markerne.
- 6) Samlet brændstofforbrug til tørring på bedriften: $\text{Forbrug}_{\text{Diesel tørring}}$, l.
 - a. Denne information er på nuværende tidspunkt ikke registreret i MarkOnline. Hvis denne beregningsmetode skal benyttes, skal der laves mulighed for at registrere dette på en side med andre informationer, som skal fordeles på markerne.
- 6) Emissionsfaktor pr kWh, $\text{EF}_{\text{energi}} = 128 \text{ g CO}_2\text{e/kWh}$ (Energistyrelsen 2021).

a. Hvis denne beregningsmetode benyttes, bør der tjekkes for opdateringer af dette standardtal.

- 7) Emissionsfaktor for afbrænding af diesel $EF_{\text{Diesel}} = 3,38 \text{ kg CO}_2\text{e/l diesel}$ (VE-directive, appendix V, section 19).

$$\text{Udbytte}_{\text{Tørring MarkX}} \text{ (kg)} = \text{Udbytte}_{\text{MarkX}} \text{ (kg/ha)} * \text{Areal}_{\text{MarkX}} \text{ (ha)}$$

$$\text{Udbytte}_{\text{Tørring}} \text{ (kg)} = \text{Udbytte}_{\text{Mark1}} \text{ (kg/ha)} * \text{Areal}_{\text{Mark1}} \text{ (ha)} + \text{Udbytte}_{\text{Mark2}} \text{ (kg/ha)} * \text{Areal} \dots$$

$$\text{Emission}_{\text{tørring, Mark1}} \text{ (kgCO}_2\text{e/ha)} = (\text{Forbrug}_{\text{Energi tørring}} \text{ (kWh)} / \text{Udbytte}_{\text{Tørring}} \text{ (kg)}) * \text{Udbytte}_{\text{Tørring Mark1}} \text{ (kg)} * EF_{\text{energi}} \text{ (CO}_2\text{e/kWh)} + (\text{Forbrug}_{\text{Diesel tørring}} \text{ (l)} / \text{Udbytte}_{\text{Tørring}} \text{ (kg)}) * \text{Udbytte}_{\text{Tørring Mark1}} \text{ (kg)} * EF_{\text{Diesel}} \text{ (CO}_2\text{e/l)}$$

Beregningsmetode 2 – beregning af el- og brændstofforbrug til tørring:

Databehov:

- 1) Er varen solgt "våd" eller nedtørret? Egen tørring ; Løntørring
 - a. Valgmulighed: "Varen er solgt som våd vare – ingen tørring" ; "Varen er solgt nedtørret"
 - i. Denne information er på nuværende tidspunkt ikke tilgængelig og skal tilføjes i MarkOnline
- 2) Tørringsbehov i procent vand: Tørringsbehov, %.
- 3) Tørstofindhold i udbytte: Tørstofindhold, %.
- 4) Energiforbrug til opvarmning af vand, $\text{Energiforbrug}_{\text{Opvarmning af vand}} = 1,1 \text{ MJ/kg vand}$ (Kristensen 2003)
- 5) Energiforbrug til blæser, $\text{Energiforbrug}_{\text{Blæser}} = 1,2 \text{ MJ/kg vand}$ (Kristensen 2003)
- 6) Energi i diesel, $\text{Energi}_{\text{Diesel}} = 36 \text{ MJ/l diesel}$
- 7) Energi i el, $\text{Energi}_{\text{El}} = 3,5996 \text{ MJ/kWh}$
- 8) Emissionsfaktor for afbrænding af diesel $EF_{\text{Diesel}} = 3,38 \text{ kg CO}_2\text{e/l diesel}$ (VE-directive, appendix V, section 19).
- 9) Emissionsfaktor pr kWh, $EF_{\text{energi}} = 0,128 \text{ kg CO}_2\text{e/kWh}$ (Energistyrelsen 2021).

Beregningsmetode 2:

$$\text{Emission}_{\text{Tørring}} \text{ kg CO}_2\text{e/kg ts} = (\text{Tørringsbehov} \text{ (\%)} / \text{Tørstofindhold} \text{ (\%)} * ((\text{Energiforbrug}_{\text{Opvarmning af vand}} \text{ (MJ/kg vand)} / \text{Energi}_{\text{Diesel}} \text{ (MJ/l diesel)}) * EF_{\text{Diesel}} \text{ (CO}_2\text{e/l diesel)} + (\text{Energiforbrug}_{\text{Blæser}} \text{ (MJ/kg vand)} / \text{Energi}_{\text{El}} \text{ (MJ/kWh)}) * EF_{\text{energi}} \text{ (CO}_2\text{e/kWh)})$$

Referencer

Benavides, P. T., Lee, U., and Zarè-Mehrjerdi, O. (2020). Life cycle greenhouse gas emissions and energy use of polylactic acid, bio-derived polyethylene, and fossil-derived polyethylene. Journal of Cleaner Production. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124010>.

Danmarks Statistik (2021). PEST1: Salget af pesticider til anvendelse i landbrugets planteavl samt behandlingshyppighed efter pesticidgruppe og måleenhed. www.statistikbanken.dk. (besøgt juni 2021).

Elsgaard, L. (2015). Greenhouse gas emissions from cultivation of winter wheat and winter rapeseed for biofuels. Updated version, 28 July 2015.

Energistyrelsen, 2021. Nøgletal om energiforbrug og – forsyning.
<https://ens.dk/service/statistik-data-noegletal-og-kort/noegletal-og-internationale-indberetninger>


Fertilizer Europe – Carbon footprint calculator
[Carbon Footprinting in Fertilizer Production - Fertilizers Europe](#)

Hansen, M.N., 2021. Årlig statistik for kalkforbruget i landbruget.
https://www.landbrugsinfo.dk/basis/2/4/a/godskning_arlig_statistik_for_kalkforbruget_landbruget (visited June 2021)

Olesen, J.E., Weiske, A., Asman, W.A., Weisbjerg, M.R., Djurhuus, J., Schelde, K. (2004). FarmGHG. A model for estimating greenhouse gas emissions from livestock farms. Documentation. Danish Institute of Agricultural Sciences.

Thøgersen, R., (2019). Notat: Vurdering af plastforbrug til planteproduktion i dansk landbrug

Tabel 2. Brændstofforbruget for forskellige markoperationer (Diesel_{MOP}, L/ha)

		KAPACITET - hektar pr. time	BRÆNDSTOFFORBRUG - liter pr. time	BRÆNDSTOFFORBRUG - liter pr. hektar
MASKINHANDLING				
Jordbearbejdning				
Dybdeharvning		4,0	48,0	12,0
Halmstrigling		5,7	26,0	4,6
Pløjning		1,1	22,0	20,0
Stenstrenglægning, kartofler		0,5	16,0	32,0
Stubharvning		4,0	32,0	8,0
Såbedsharvning		4,4	26,0	5,9
Tallerkenharvning		4,1	32,0	7,8
Tromling		4,5	18,0	4,0
Såning				
Grubbesåning af raps		2,1	32,0	15,2
Kartoffellægning		1,0	18,0	18,0
Kombisåning		3,5	32,0	9,1
Majssåning		2,6	26,0	10,0
Roesåning		4,5	13,0	2,9
Rotorharvesåning		1,6	26,0	16,3
No-Till såning i stub				6,0
Spredning af efterafgrøder - luft-bom-system		7,0	14,0	2,0
Gødskning og renholdelse				
Brænding (+ 50 kg LPG-gas pr. ha)		2,4	15,0	6,3
Hypning, kartofler		1,5	15,0	10,0
Kalkspredning		6,5	22,0	3,4
Marksprøjtning		7,0	18,0	2,6
Radrensning		3,0	15,0	5,0
Strigling		5,3	18,0	3,4
Udbringning handelsgødning		5,0	18,0	3,6

Husdyrgødskning			
Gylleudlægning - Agrometer	4,5	48,0	10,7
Gyllevogn - græsnedfælder	2,3	32,0	13,9
Gyllevogn - slangebom	2,4	32,0	13,3
Gyllevogn - sortjordsnedfælder	2,0	32,0	16,0
Lastbiltrækker	1,0	22,0	1 pr. time
Oprøring af gyllebeholder	1,0	22,0	1 pr. time
Udbringning af staldgødning	1,8	26,0	14,4

Grovfoder			
Finsnitning - græs, gns. alle slæt	10,0	65,0	6,5
Finsnitning - majs	2,5	110,0	44,0
Frakørselsvogn	1,0	15,0	1 pr. time
Græsskårlægning med crimper	7,5	32,0	4,3
Roeoptagning	1,4	54,0	38,6
Sammenriving af græs	9,0	15,0	1,7
Snittevogn	3,5	26,0	7,4

Høstarbejde			
Afpudsning - brak og frøgræs	6,9	26,0	3,8
Aftopning, kartofler	1,2	15,0	12,5
Halmpresning - bigballer	5,3	32,0	6,0
Halmpresning - rundballer	3,0	26,0	8,7
Kartoffeloptagning	1,0	48,0	48,0
Kornvogn	1,0	15,0	1 pr. time
Mejetærskning	3,5	60,0	17,1
Rapsskårlægning	4,5	20	4,4
Skårlægning af frøgræs - fingerklipper	1,1	15,0	13,6

Læsse- og gravemaskiner			
Gummiged	1,0	15,0	1 pr. time
Rendegraver	1,0	10,0	1 pr. time

Tabel 3. Gennemsnitligt brændstofforbrug i forskellige afgrøder (l/ha)

SALGSAFGRØDE	Konventionel		Økologisk m. gylle	No-Till	
	u. gylle	m. gylle		u. gylle	m. gylle
Vårbyg	62	82	95	46	69
Vårbyg med udlæg	59	77	91	43	64
Vårbyg (malt)	62	N/A	N/A	46	N/A
Vinterbyg	65	87	71	49	74
Vårhvede	62	82	95	46	69
Vinterhvede (1. års)	71	92	91	55	79
Vinterhvede (2. års)	71	92	N/A	55	79
Vinterhvede (brød)	71	92	N/A	55	79
Vinterrug (foder)	68	87	91	52	74
Vinterrug (hybrid)	68	87	91	52	74
Havre	59	74	91	43	60
Vintertriticale	71	92	91	55	79
Kernemajs (svinefoder)	69	92	N/A	43	71
Rajgræs til frø	53	N/A	52	38	N/A
Rødsvingel til frø	40	N/A	N/A	41	N/A
Strandsvingel til frø	38	N/A	N/A	39	N/A
Engrapgræs til frø	50	N/A	N/A	51	N/A
Hvidkløver til frø	57	N/A	N/A	49	N/A
Spinat til frø	104	N/A	N/A	55	N/A
Vårraps	57	72	N/A	41	58
Vinterraps	71	95	88	55	82
Markærter	69	N/A	N/A	43	N/A
Hestebønner	68	N/A	N/A	46	N/A
Spisekartofler	179	N/A	221	N/A	N/A
Læggekartofler	194	N/A	136	N/A	N/A
Stivelseskartofler	167	N/A	N/A	N/A	N/A
Sukkerroer	107	N/A	125	N/A	N/A
Lucerne og græs til fabrik	N/A	N/A	77	N/A	N/A

(Tabellen fortsættes på næste side)

GROVFODERAFGRØDER	Konventionel		Økologisk m. gylle	No-Till	
	u. gylle	m. gylle		u. gylle	m. gylle
Foderroer	112	128	N/A	N/A	N/A
Sædskiftegræs til afgræsning	48	58	51	48	58
Sædskiftegræs til slæt	136	170	153	136	170
Sædskiftegræs med 5 slæt	166	201	188	166	201
Sædskiftegræs, 1. slæt + afgræsning	46	56	N/A	46	56
Sædskiftegræs 1/2 x slæt + staldfodring	97	108	N/A	97	108
Udlæg af kløvergræs uden dæksæd	116	137	N/A	105	126
Vedvarende græs til afgræsning	11	N/A	4	11	N/A
Varig græs afgr. MVJ-ordn.	5	N/A	N/A	5	N/A
Varig græs afgr. MVJ red. N-tilf.	8	N/A	N/A	8	N/A
Vedvarende græs til slæt	68	82	N/A	68	82
Helsæd, vårsæd	94	110	101	70	86
Helsæd, vintersæd	100	110	N/A	76	86
Grønafgrøde, vårsæd	70	86	N/A	45	61
Grønafgrøde, vintersæd	70	83	N/A	45	59
Ærtehelsæd	68	N/A	N/A	44	N/A
Markært til grønt	70	N/A	N/A	45	N/A
Majs til helsæd	129	141	150	113	126
Kolbemajs (til foder)	101	113	N/A	86	98
Kernemajs til svinefoder	100	113	N/A	85	97
Kernemajs til kvægfoder	100	113	N/A	85	97
Byg/ært til helsæd	92	104	101	70	80
Efterafgrøde efter grønafgrøde (4 slæt)	129	143	N/A	128	142
Efterafgrøde efter grønafgrøde (3 slæt)	98	112	N/A	98	112
Efterafgrøde efter grønafgrøde (afgræsning)	10	N/A	N/A	10	N/A
Efterafgrøde efter helsæd (1 slæt)	7	N/A	17	6	N/A
Efterafgrøde efter helsæd (2 slæt)	68	82	N/A	67	81
Efterafgrøde efter korn til modenhed (afgræsning)	7	N/A	N/A	6	N/A

NB. Afgrøderne er valgt ud fra SEGES budgetkalkuler. Hvor der står N/A, findes der ingen budgetkalkuler.