

# Effekt af fodring med sodabehandlede rapsfrø på mælkeproduktion og mælkens klimaaftryk

Forfattere: Frederikke Hahn Lau-Jensen & Nicolaj Ingemann Nielsen

<sup>a</sup> SEGES Innovation P/S

STØTTET AF  
**Mælkeafgiftsfonden**



Ministeriet for Fødevarer,  
Landbrug og Fiskeri  
Landbrugsstyrelsen

## Sammendrag

Effekten af fodring med sodabehandlede rapsfrø (sodaraps) på foderoptagelse, mælkeproduktion og mælkens klimaaftryk blev undersøgt i denne afprøvning i fire besætninger. De sodabehandlede rapsfrø blev iblandet fuldfoderet og erstattede i to besætninger et palmefedtprodukt og i to besætninger primært korn. Fodring med i gns. 0,63 kg tørstof sodaraps/ko/dag, svarende til 0,85 kg sodaraps, øgede indholdet af fedtsyrer (FS) i rationen fra 33 til 40 g/kg TS på tværs af de fire besætninger og påvirkede ikke foderoptagelsen (25,1 vs 25,2 kg TS/ko/dag). Fodring med sodaraps resulterede i, at mælkeydelsen steg 0,9 kg/ko/dag, og at mælkens protein- og fedtprocent begge faldt 0,04 procentpoint, så EKM-ydelsen var uændret (36,0 vs 36,4 kg EKM/ko/dag). Indholdet af langkædede og enkeltumættede FS i mælken steg hhv. 1,8 og 1,1 procentpoint, mens andelen af mellemkædede FS faldt 0,7 procentpoint ved fodring med sodaraps. Indholdet af palmitinsyre i mælken faldt 1,7 procentpoint, mens indholdet af oliesyre var stort set uændret ved fodring med rapsfrø. Indholdet af råfedt i gødningen steg fra 49 til 56 g/kg TS-gødning, hvilket indikerer, at ikke al råfedt fra sodaraps blev fordøjet. Beregninger i DMS\_NorFor viste, at ca. 25 pct. af det indtagne sodaraps-råfedt passede ufordøjet igennem mave-tarm-kanalen. Den beregnede metanproduktion faldt 3 pct. fra 533 til 518 g/ko/dag, mens mælkens klimaaftryk faldt med 2 pct. fra 772 til 756 g CO<sub>2</sub>e/kg EKM ved fodring med sodaraps.

## Introduktion

Danmarks landbrugssektor stod for 26 pct. af den samlede udledning af drivhusgasser i Danmark i 2021, og en af de store bidragsydere er enterisk metan, der var ansvarlig for 34 pct. af udledningen (Nielsen, et al., 2020). Fodring med fedt kan nedsætte metanproduktionen, og Virkemiddelkataloget fra Aarhus Universitet (Andersen et al., 2023) fastslår, på baggrund af forsøg med rapsfrø, at konventionelle malkekøer af stor race kan fodres med op til 53 g fedtsyrer/kg tørstof (TS) og jerseykøer med op til 57 g fedtsyrer/kg TS – begge uden væsentlig risiko for at reducere mælkeydelsen (Andersen, et al., 2023). Virkemiddelkataloget ligger til grund for diskussionen om at indføre lovkrav om ”fedt i foder”.

Fedts evne til at nedsætte metanproduktionen består af flere mekanismer; fedt erstatter især kulhydrater som energikilde, fedt omsættes ikke i vommen, umættede fedtsyrer (en stor del af rapsfedt er umættet) binder hydrogen, der derved ikke længere kan bruges som substrat til metandannelse, og desuden kan visse fedtsyrer have en hæmmende effekt på metandannende mikroorganismer.

Forsøg med valsede rapsfrø har vist reduktioner af metan i g/ko/dag på 2,2 pct. for hver 10 g råfedt/kg TS blev øget. (NorFor, u.d.; Brask, et al., 2013; Hellwing, et al., 2014; Alstrup, et al., 2015; Giagnoni, et al., 2022). Effekten af rapsfedt varierer imellem forsøg, og udgangspunktet i fedtindhold i rationen har stor betydning for effekten af rapsfedt. I mange tidligere forsøg og afprøvninger er rapsfrøene blevet valset for at bryde frøenes hårde skal. I afprøvningerne i denne rapport er frøene blevet sodabehandlede. Sodabehandling af rapsfrøene bryder, ligesom valsning, frøenes hårde skal, så frøene kan fordøjes. Desuden er der i praksis en del mælkeproducenter, der er vant til at sodabehandle korn, men som ikke nødvendigvis har gode muligheder for at valse rapsfrøene. Af denne årsag er der opstået interesse for sodabehandling af rapsfrø.

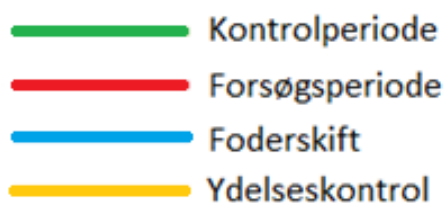
## Formål

Formålet med denne rapport er at undersøge effekten af sodabehandlede rapsfrø på foderoptag, mælkeproduktion, fordøjeligheden af rapsfedtet, køernes metanproduktion samt mælkenes klimaaftryk.

## Materialer og metoder

### Design og behandlinger

Disse afprøvninger blev udført som overkrydsningsforsøg i fire konventionelle besætninger. Afprøvningerne bestod først af en kontrolperiode (**kontrol**) af 3-4 ugers varighed, og herefter fulgte en periode med fodring med sodabehandlede rapsfrø (**sodaraps**), se Figur 1.



Figur 1: Illustration af forsøgsdesign.

I kontrolperioden blev der fodret efter bedrifternes eksisterende foderplaner. I sodarapsperioden blev der tilført 0,6 kg sodaraps til rationen. Rapsfrøene erstattede typisk et eventuelt palmefedttilskud, korn og protein-fodermidler.

Sodabehandlingen af rapsfrøene i disse afprøvninger bestod af 50 kg soda og 250-300 L vand pr. 1.000 kg rapsfrø. Rapsfrø blev ilæst en foderblander, hvorefter soda blev tilsat, mens blanderen kørte til, dette var ligeligt fordelt. Herefter blev vand tilsat, og blanderen kørte yderligere til også dette var ligeligt fordelt i blandingen (min. 15 min). Efter ludbehandling blev rapsfrøene læst af på gulv til afkøling og få dage senere stakket op og klar til opfodring. Sodarapsen blev opfodret over 3-4 uger på bedrifterne uden tegn på ændring i lugt, dvs. med god holdbarhed.

### **Dataindsamling, metoder og databehandling**

Mælkenes indhold af fedt, protein og urea blev analyseret hos Eurofins Vejen. Tankmælk og foderregistreringer blev anvendt til endags foderkontroller i DMS. Derudover blev der i slutningen af begge perioder udført en ydelseskontrol. Prøver af foder og foderemner blev analyseret med NIR på Kvægbrugets Forsøgslaboratorium i Skejby. Gødningsprøver blev udtaget i begge perioder i alle besætninger. Disse blev ligeledes analyseret med NIR på Kvægbrugets Forsøgslaboratorium i Skejby.

Data fra disse afprøvninger er ikke statistisk behandlet, og derfor er det gennemsnit fra de fire besætninger, der præsenteres, og tolkningen af resultaterne beretter dermed heller ikke noget om, hvorvidt forskellene er statistisk sikre. Den ene af de fire besætninger havde mangelfulde foderregistreringer og indgår derfor udelukkende med gødningsprøver, TMR-analyser og mælke-data fra tankmælk samt ydelseskontroller.

## **Resultater og diskussion**

### **Rationen**

Af Tabel 1 fremgår det, at fodring med 0,63 kg TS sodaraps medførte en stigning af fedtsyrer i rationen fra 33 til 40 g fedtsyrer/kg tørstof. Som planlagt var der mindre forskelle i NDF-, protein- og stivelsesindholdet i rationen. Energikoncentrationen i rationen var uændret, ligesom majsandelen af grovfoder forblev uændret. Normalvis vil tilskud af rapsfedt medføre en højere energikoncentration, men i to af de fire besætninger erstattede rapsfrøene et fedttilskud (palmefedt), og dette er væsentligste forklaring på, at sodarapsen på tværs af besætninger ikke medførte en stigning i energikoncentrationen.

Tabel 1: Effekter af fodring med sodaraps på foderrationens parametre og næringsstoffer.

Parametre	Behandlinger		
	Enhed	Kontrol	Sodaraps
<b>Sodaraps</b>	kg TS/ko/dag	0	0,63
<b>Fedtsyrer</b>	g/kg TS	33	40
<b>Råfedt</b>	g/kg TS	49	56
<b>NDF</b>	g/kg TS	293	291
<b>Råprotein</b>	g/kg TS	162	163
<b>Stivelse</b>	g/kg TS	206	200
<b>Kraftfoderandel</b>	pct.	40	41
<b>Energi</b>	MJ/kg TS	6,59	6,59
<b>Græsandel</b>	pct. af grovfoder-TS	36	36
<b>Majsandel</b>	pct. af grovfoder-TS	57	54

TS = tørstof.

Af Tabel 2 fremgår de analyserede næringsstoffer i TMR-rationen i kontrol- og sodarapsperioderne. Der ses små afvigelser i forhold til de beregnede værdier i Tabel 1, især for protein og stivelse, men også for energikoncentrationen, hvor analyserne viser en højere energikoncentration på 0,11 MJ/kg TS, når der blev fodret med sodaraps. Den beregnede stigning i råfedtindholdet ved fodring med sodaraps blev beregnet til 7 g/kg TS (Tabel 1), mens de analyserede værdier i Tabel 2 viser en stigning på 5 g råfedt/kg TS.

Tabel 2: Effekter af fodring med sodaraps på analyseret næringsstof- og energiindhold i TMR-prøver.

Parametre	Behandlinger		
	Enhed	Kontrol	Sodaraps
Råprotein	g/kg TS	178	172
NDF	g/kg TS	298	298
Stivelse	g/kg TS	186	194
Aske	g/kg TS	79	77
Råfedt	g/kg TS	46	51
NEL20	MJ/kg TS	6,66	6,77

### Mælkeproduktion, foderoptagelse og fodereffektivitet

Mælkeydelsen steg 0,9 kg/ko/dag, når der blev fodret med sodaraps, mens proteinprocenten faldt 0,04 procentpoint, og fedtprocenten faldt 0,04 procentpoint i tankmælk, og EKM-ydelsen var uændret (36,0 vs. 36,4 kg EKM/ko/dag, se Tabel 3). Det bemærkes, at der var en tendens til, at i de to besætninger, hvor rapsfrø erstattede palmefedt, var EKM ikke påvirket, mens EKM steg 0,8 kg EKM/ko/dag i de to besætninger, hvor rapsfrø primært erstattede stivelsesholdige fodermidler. Flere studier har fundet lignende, dvs. en stigende mælke-mængde, faldende indhold af fedt og protein i mælken og generelt set en stigning i EKM-ydelsen (Brask, et al., 2013; Hellwing, et al., 2014; Alstrup, et al., 2015; Giagnoni, et al., 2022). Det er dog vigtigt at forholde sig til, hvilken dosis af rapsfedt der anvendes, da Giagnoni et al. (2022) har vist en kurve-lineær effekt på mælke- og EKM-ydelsen, således at den højeste dosis af rapsfrø (ca. 50 g FS/kg TS) medførte en reduktion i mælke- og EKM-ydelsen sammenholdt med ca. 35 g FS/kg TS. Generelt stiger EKM-ydelsen i studierne mellem 0,7 og 3,3 kg EKM/ko/dag ved fodring med rapsfrø med undtagelse af den højeste dosis i Giagnoni, et al. (2022) som netop beskrevet. En tidligere afprøvning blandt 10 mælkeproducenter med valsede rapsfrø fandt, som i denne afprøvning, mindre ikke statistisk sikre effekt på EKM-ydelsen (Lau-Jensen, et al., 2023).

Foderoptagelsen (25,1 vs. 25,2 kg TS/ko/dag) og fodereffektiviteten (1,43 vs. 1,44 kg EKM/kg TS) var uændret som følge af fodring med sodaraps, jf. tabel 3, hvilket er i overensstemmelse med den tidligere afprøvning med valsede rapsfrø (Lau-Jensen, et al., 2023). Studier har tidligere fundet forskelligartede resultater, idet nogle studier (Hellwing, et al., 2014) ikke finder en effekt på foderoptagelsen ved fodring med valsede rapsfrø, mens andre studier finder numeriske reduktioner ved fodring med valsede rapsfrø (Alstrup, et al., 2015; Giagnoni, et al., 2022). I studiet af Giagnoni, et al. (2022) var reduktionen afhængig af mængden af valsede rapsfrø, idet den næsthøjeste og højeste dosis (hhv. 56 og 69 g råfedt/kg TS) reducerede foderoptaget med hhv. 0,5 og 5,5 pct. I studiet af Alstrup, et al. (2015) reducerede fodring med valsede rapsfrø (56 g råfedt/kg TS) foderoptaget numerisk med ~13 pct. Urea i mælken faldt fra 4,0 i kontrolperioden til 3,9 mM i sodarapsperioden, og der blev ligeledes fundet et fald i mælkens ureaindhold i afprøvningen med valsede rapsfrø (Lau-Jensen et al., 2023).

Tabel 3: Effekter af fodring med sodaraps på ydelse fra tankmælk, foderoptagelse, urea og fodereffektivitet.

Parametre	Behandlinger		
	Enhed	Kontrol	Sodaraps
<b>Foderoptagelse</b>	kg TS/ko/dag	25,1	25,2
<b>Mælkeydelse</b>	kg/ko/dag	34,7	35,6
<b>Fedt%</b>	pct	4,14	4,10
<b>Protein%</b>	pct.	3,56	3,52
<b>Urea<sup>1</sup></b>	mM	4,0	3,9
<b>EKM</b>	kg/ko/dag	36,0	36,4
<b>Fodereffektivitet</b>	kg EKM/kg TS	1,43	1,44

<sup>1</sup> Urea fra ydelseskontroller

TS = tørstof

### Fedtsyrer i mælk

Andelen af kortkædede FS var stort set uændret ved fodring med sodaraps, idet andelen faldt 0,2 procentpoint sammenlignet med kontrol. Indholdet af mellemkædede FS faldt 0,7 procentpoint, mens indholdet af langkædede FS steg 1,8 procentpoint. En tidligere afprøvning af SEGES Innovation, der undersøgte effekten af at fodre med valsede rapsfrø, fandt generelt større effekter på FS i mælken, idet andelen af kortkædede og mellemkædede FS faldt hhv. 0,8 og 4,9 procentpoint, mens langkædede FS steg 6 procentpoint (Lau-Jensen, et al., 2023). Enkelt- og flerumættede FS steg hhv. 3,3 og 0,5 procentpoint i den tidligere afprøvning, og effekten var altså ligeledes større i den tidligere afprøvning end i denne afprøvning, hvor indholdet af enkeltumættede FS i mælken steg 1,1 procentpoint, mens indholdet af flerumættede FS steg 0,2 procentpoint. En stigning af enkeltumættede FS i mælken blev ligeledes observeret i et engelsk studie, der fodrede med valsede rapsfrø og havre (Butler, et al., 2019), samt et studie fra Schweiz, der fodrede med valsede rapsfrø (Collomb, et al., 2004). Studiet af Butler et al. (2019) fandt desuden, at indholdet af flerumættede FS steg, mens indholdet af kortkædede FS faldt. Indholdet af palmitinsyre faldt 1,7 procentpoint i denne afprøvning, hvilket er i overensstemmelse med en tidligere afprøvning, som fandt en reduktion på 3,3 procentpoint (Lau-Jensen, et al., 2023). Et fald i palmitinsyre er ligeledes set tidligere i litteraturen (Collomb, et al., 2004; Butler, et al., 2019). Det er overraskende, at indholdet af oliesyre (C18:1) kun steg med 0,2 procentpoint i denne afprøvning, da andre studier typisk finder større stigninger i oliesyre (Collomb, et al., 2004; Butler, et al., 2019; Lau-Jensen, et al., 2023), hvilket er forventeligt, da ca. 55 pct. af FS i rapsfedt består af oliesyre. Det er ligeledes forventeligt, at indholdet af enkelt- og flerumættede fedtsyrer i mælken steg ved fodring med rapsfrø, idet indholdet af umættede fedtsyrer i raps er højt. Faldet i palmitinsyre er ligeledes forventeligt, idet rapsfrøene indeholder mindre palmitinsyre end mættede fedtprodukter, som blev anvendt i to af de fire besætninger.

Tabel 4: Effekter af fodring med sodaraps på fedtsyresammensætningen i mælk målt ved ydelseskontroller i fire besætninger.

Parametre	Behandlinger	
	Kontrol	Sodaraps
<b>% af FS</b>		
<b>Palmitinsyre, C16:0</b>	29,6	27,9
<b>Oliesyre, C18:1</b>	24,5	24,7

<b>Kortkædede FS (C4-C10)</b>	11,2	11,0
<b>Mellemkædede FS (C12-C16)</b>	45,3	44,6
<b>Langkædede FS (C18- )</b>	40,6	42,4
<b>Enkeltumættede FS</b>	28,2	29,3
<b>Flerumættede FS</b>	3,9	4,1

FS = fedtsyrer

### Gødningsprøver

Fodring med sodaraps øgede tørstof i gødningen en smule, som det fremgår af Tabel 5. Askeindholdet samt indholdet af råprotein og råfedt steg ligeledes med hhv. 5, 6 og 7 g/kg TS, når der blev fodret med sodaraps. FK-NDF steg, hvilket indikerer en dårligere udnyttelse af NDF i koen, idet NDF i rationen var uændret. På trods af samme NDF-niveau i kontrol- og sodarapsperioder er der dog et lavere indhold af NDF i gødning ved fodring med sodaraps. Et dansk studie med fodring med valsede rapsfrø finder ligeledes en numerisk lavere fordøjelighed af NDF (Brask, et al., 2013). Andre studier ser derimod, at fordøjeligheden af NDF stiger numerisk ved fodring med rapsfrø (Hellwing, et al., 2014). Fælles for disse studier er dog, at effekterne ikke er signifikante. Fodring med sodaraps resulterede i en stigning af råfedt i gødning i denne afprøvning, hvilket indikerer, at ikke al råfedt blev fordøjet. Beregninger i DMS\_NorFor viser, at en ko med den givne fodring i disse besætninger udskiller ca. 6,4 kg TS gødning/dag, og det betyder, at ca. 25 pct. af det optagede sodaraps-råfedt passerer ufordøjet igennem mave-tarm-kanalen og ender i gødningen. Et studie med valsede rapsfrø ser ligeledes en stigning i indholdet af råfedt i gødning og et fald i NDF (Hellwing, et al., 2014).

Tabel 5: Effekter af fodring med sodaraps på indholdet af næringsstoffer i gødningsprøver.

Parametre	Enhed	Behandlinger	
		Kontrol	Sodaraps
<b>Tørstof</b>	g/kg	135	140
<b>Aske</b>	g/kg TS	121	126
<b>FK-NDF</b>	pct.	47,0	51,2
<b>NDF</b>	g/kg TS	423	401
<b>Råprotein</b>	g/kg TS	179	185
<b>Stivelse</b>	g/kg TS	12	3
<b>Råfedt</b>	g/kg TS	49	56

TS = tørstof.

FK-NDF = Et udtryk for, hvor meget koen har udnyttet NDF i rationen. Jo højere værdi, jo dårligere er udnyttelsen i koen (hvis NDF i rationen er uændret).

### Klimaberegninger

Metanproduktionen i disse afprøvninger blev udregnet i DMS\_NorFor (NorFor, u.d.) og viste, at metanproduktionen faldt med 15 g/ko/dag, hvilket svarer til et fald på 3 pct. sammenlignet med kontrolperioden, jf. tabel 6. Omregnes dette til en effekt pr. 10 g ekstra råfedt/kg TS, faldt metanproduktionen med 4,3 pct. ved fodring med sodaraps. Forsøg har tidligere vist varierende resultater ved fodring med valsede rapsfrø, men i gennemsnit finder danske og internationale forsøg en metanreduktion på 2,2 pct. pr. 10 g ekstra råfedt/kg TS (Brask, et al., 2013; Hellwing, et al., 2014; Alstrup, et al., 2015; Giagnoni, et al., 2022). Effekten på metan varierer mellem 0,4 og 4,8 pct. pr. 10 g ekstra råfedt/kg TS i studierne. Reduktionen af metan



ved fodring med sodabehandlede rapsfrø på 4,3 pct. pr. 10 g ekstra råfedt/kg TS ligger derfor indenfor det spænd, man ser i litteraturen ved fodring med valsede rapsfrø.

Udregninger i DMS\_NorFor viste, at mælkenes klimaaftryk faldt fra 772 til 756 g CO<sub>2</sub>e/kg EKM, hvilket svarer til en reduktion på 2 pct. I udregningen af mælkenes klimaaftryk fra DMS\_NorFor indgår udledninger fra koen, foderdyrkning, gødningshåndtering og kulstofændringer i jord. Der er ikke indregnet udledning fra goldkøer og opdræt, og det er således udelukkende effekten på de malkende køer, der er beregnet.

Tabel 6: Effekter af fodring med sodaraps på den beregnede metanproduktion og mælkenes klimaaftryk.

Parametre	Behandlinger			
	Enhed	Kontrol	Sodaraps	Procentvis reduktion
Metan	g/ko/dag	533	518	3
Klimaaftryk	g CO <sub>2</sub> e/kg EKM	772	756	2

## Konklusion

Fodring med 0,6 kg TS sodaraps/ko/dag, svarende til 40 g fedtsyrer/kg TS, i fire besætninger viste, at foderoptagelsen var upåvirket, og at mælkeydelsen steg med 0,8 kg/ko/dag, men at protein- og fedtprocenten i mælk begge faldt 0,04 procentpoint i tankmælk. EKM-ydelsen var upåvirket. Indholdet af mellemkædede FS i mælken ved ydelseskontroller faldt, mens indholdet af langkædede og enkeltumættede fedtsyrer steg ved fodring med sodaraps. Indholdet af råfedt i gødningen steg ved fodring med sodaraps, og beregninger i DMS\_NorFor viste, at ca. 25 pct. af det indtagne sodaraps-råfedt endte i gødningen. Beregninger i DMS\_NorFor viste, at fodring med sodaraps reducerede køernes metanudledning med 3 pct. og mælkenes klimaaftryk med 2 pct.

## Anerkendelser

En stor tak til de forsøgsværter, der deltog i afprøvningen og leverede arbejdskraft til indsamling af data fra bedriften. Desuden tak til Vestjyllands Andel, Brian Pilgaard (Kvægkonsulenten), Katrine Bjørn (D&K-gruppen) og Salling Grovvarer for samarbejdet. Undersøgelsen blev gennemført med støtte fra Mælkeafgiftsfonden og Landbrugsstyrelsen, tak.

## Referencer

Alstrup, L., Hellwing, A. L. F., Lund, P. & Weisbjerg, M. R., 2015. Effect of fat supplementation and stage of lactation on methane production in dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, Årgang 207, pp. 10-19.

Andersen, M. et al., 2023. *Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget*, s.l.: Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet.

Brask, M. et al., 2013. Methane production and digestion of different physical forms of rapeseed as fat supplements in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 4(96), pp. 2356-23.

Butler, G. et al., 2019. Differing responses in milk composition from introducing rapeseed and naked oats to conventional and organic dairy diets. *Sci Rep*, 9(8115).

Collomb, M. et al., 2004. Impact of a basal diet of hay and fodder beet supplemented with rapeseed, linseed and sunflowerseed on the fatty acid composition of milk fat. *International Dairy Journal*, Årgang 6, pp. 549-559.

Giagnoni, G., Lund, P., Johansen, M. & Weisbjerg, M. R., 2022. *Effect of rapeseed and palm kernel oil dietary inclusion levels on milk production, feed efficiency, methane and economy*, s.l.: AU Viborg, Aarhus Universitet.

Hellwing, A., Weisbjerg, M. & Møller, H., 2014. Enteric and manure-derived methane emissions and biogas yield of slurry from dairy cows fed grass silage or maize silage with and without supplementation of rapeseed. *Livestock Science*, pp. 189-199.

Lau-Jensen, F. H., Kristensen, M. Ø., Kjeldsen, A. M. H. & Nielsen, N. I., 2023. *Effekt af fodring med rapsfrø på mælkeproduktion og mælkens klimaaftryk*, s.l.: SEGES Innovation P/S.

Nielsen, O.-K. et al., 2020. *Denmark's National Inventory Report*, s.l.: Aarhus University, DCE - Danish Centre for Environment and Energy.

NorFor, u.d.. *IT tools*. [Online]

Available at: <https://www.norfor.info/services/it-tools/>