



NOTAT: RAPSOLIE TIL TRANSPORT 1: ENERGIBALANCE OG CO₂-BALANCE

BASERET PÅ EMBIO, ENERGI- OG MILJØMÆSSIG TIL ØKONOMISK OG MILJØMÆSSIG VURDERING AF BIOBRÆNDSTOFFER

Jacob Bugge, 9/11 2000

SAMMENFATNING:

Raps har en stærkt positiv energi- og CO₂-balance, og rapsolien kan betegnes som ægte CO₂-neutral, fordi CO₂-besparelsen alene fra rapshalmen langt overstiger CO₂-udledningen ved dyrkning og forarbejdning.

Energibalancen er opstillet ud fra faktisk fossilt bruttoenergiforbrug og energiindhold i afgrøden for en konventionelt dyrket vinterraps. Bruttoenergiforbruget inklusiv kunstgødning og planteværn ved dyrkning og forarbejdning af raps svarer til landbrugets gennemsnitlige bruttoenergiforbrug som helhed eksklusiv kunstgødning og planteværn.

Tilsvarende er CO₂-balancen opstillet ud fra den faktiske CO₂-udledning ved dyrkning og forarbejdning og den besparelse i CO₂-udledning, som kan opnås ved anvendelse af afgrøden til energiformål.

I begge tilfælde er der dels foretaget en bruttoopstilling baseret på fuld anvendelse af fossil energi, dels en nettoopstilling ud fra anvendelse af vedvarende energi fra afgrøden ved dyrkningen og den lokale del af forarbejdningsprocessen. Desuden er der i begge tilfælde foretaget en yderligere opstilling med udeladelse af rapskagernes bidrag.

Uanset om der anvendes brutto- eller nettoopstilling, og uanset om rapskagernes bidrag medregnes eller udelades, kan det konkluderes, at energibalancen er stærkt positiv.

Uanset om der anvendes brutto- eller nettoopstilling, og uanset om rapskagernes bidrag medregnes eller udelades, kan det tilsvarende konkluderes, at rapsolie er ægte CO₂-neutral, idet rapshalmen alene giver en CO₂-besparelse, som langt overstiger den samlede CO₂-udledning ved dyrkningen og forarbejdningen.

Beregningerne er foretaget ud fra forudsætningerne i Energistyrelsens EMBIO model med korrektion for forskellene imellem koldpresset rapsolie og biodiesel.

INDHOLD:

Sammenfatning	1
Energibalance	2
1.1. Energiforbrug	2
1.2. Energiindhold i afgrøden	3
1.3. Opgørelse af energibalance	4
2.CO ₂ -balance	6
2.1. CO ₂ -udledning	6
2.2. CO ₂ -besparelse fra afgrøden	6
2.3. Opgørelse af CO ₂ -balance	7
Referencer og nøgletal	8

1. ENERGIBALANCE:

Energibalancen er opstillet ud fra fossilt energiforbrug og energiindhold i afgrøden.

Der er dels foretaget en bruttoopstilling baseret på fuld anvendelse af fossil energi, dels en nettoopstilling ud fra anvendelse af vedvarende energi fra afgrøden ved dyrkningen og den lokale del af forarbejdningsprocessen.

1.1. ENERGIFORBRUG:

Beregnet ud fra forudsætningerne i Energistyrelsens beregningsmodel [1] med korrektion for forskellene imellem koldpresset rapsolie og biodiesel [2], udgør bruttoenergiforbruget til dyrkning og forarbejdning 10,83 MJ/l rapsolie, hvilket svarer til 3,922 GJ/ton rapsfrø eller 11,765 GJ/ha.

Heraf udgør 5,187 GJ/ha procesenergi til såsæd, maskineri, kunstgødning og planteværn [1]. De resterende 6,578 GJ/ha udgøres af lokalt energiforbrug i forbindelse med selve ejendommen, fordelt med 4,482 GJ/ha diesel/olie og 2,096 GJ/ha elektricitet [1], [2].

Ifølge den anvendte alternativomkostnings-synsvinkel er der i ovenstående fraregnet et energiforbrug på 411 MJ/ha i form af diesel til jordbehandling af brak. Det faktiske bruttoenergiforbrug er således 12,176 GJ/ha, hvilket er 3,5% højere.

Det samlede faktiske bruttoenergiforbrug ifølge Energistyrelsens beregningsmodel [1] med korrektioner [2] er således 12,176 GJ/ha; dette tal svarer til gennemsnittet for landbrugets bruttoenergiforbrug eksklusiv kunstgødning og planteværn på 12,5 GJ/ha [3]. Af de 12,176 GJ/ha består 6,989 GJ/ha i lokalt energiforbrug i form af 4,893 GJ/ha diesel/olie og 2,096 GJ/ha elektricitet; denne lokalt anvendte fossile energi kan erstattes af vedvarende energi fra afgrøden i form af rapsolie og elektricitet fremstillet på rapshalm.

Hermed kan det fossile nettoenergiforbrug sættes til 5,187 GJ/ha, imod at nettoenergiindholdet i afgrøden regnes 6,989 GJ/ha lavere end bruttoenergiindholdet.

1.2. ENERGIINDHOLD I AFGRØDEN:

På 1 ha kan der høstes [2]:

1) rapsfrø, 3 ton, som giver:

 rapsolie, 1 ton = 1086 l rapsolie, hvilket svarer til 1032 l diesel

 rapskager 2 ton

2) rapshalm, 3,9 ton

Der er følgende bruttoenergiindhold:

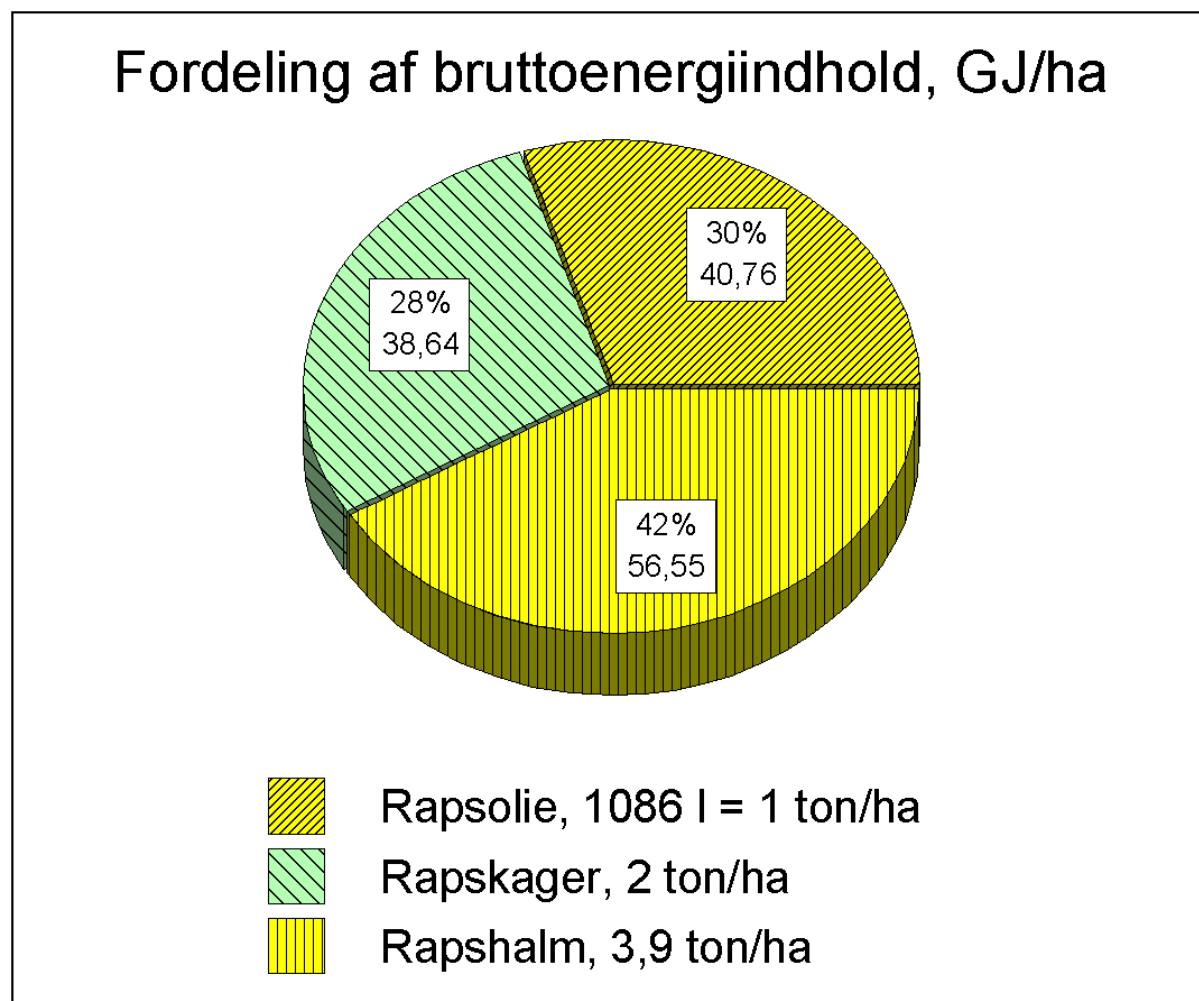
rapsolie : 37,53 MJ/l x 1086 l/ha = 40,76 GJ/ha [2] (30% *)

rapskager : 19,32 MJ/kg x 2000 kg/ha = 38,64 GJ/ha [4] (28%)

rapshalm : 14500 MJ/ton x 3,9 ton/ha = 56,55 GJ/ha [1],[2] (42%)

Ialt: 135,95 GJ/ha (100%)

*) : Som substitution for diesel inklusiv procesenergi. Selve energiindholdet er 34,11 MJ/l, hvilket svarer til 28% af bruttoenergiindholdet; se nøgletal sidst i notatet.



Det ses, at energiindholdet i rapsolien udgør ca. 30% af afgrødens samlede energiindhold, og at der er nogenlunde det samme energiindhold i rapsolien og rapskagerne, medens raps halmen indeholder ca. 50% mere energi. Faktisk er energiindholdet i rapshalmen godt 4,5 gange så stort som det samlede bruttoenergiforbrug.

Med ovennævnte reduktion på 6,99 GJ/ha ved anvendelse af vedvarende energi til dyrkning og lokal forarbejdning bliver nettoenergiindholdet 128,96 GJ/ha, idet nettoindholdet i rapsolie og rapshalm reduceres til henholdsvis 35,87 GJ/ha og 54,45 GJ/ha.

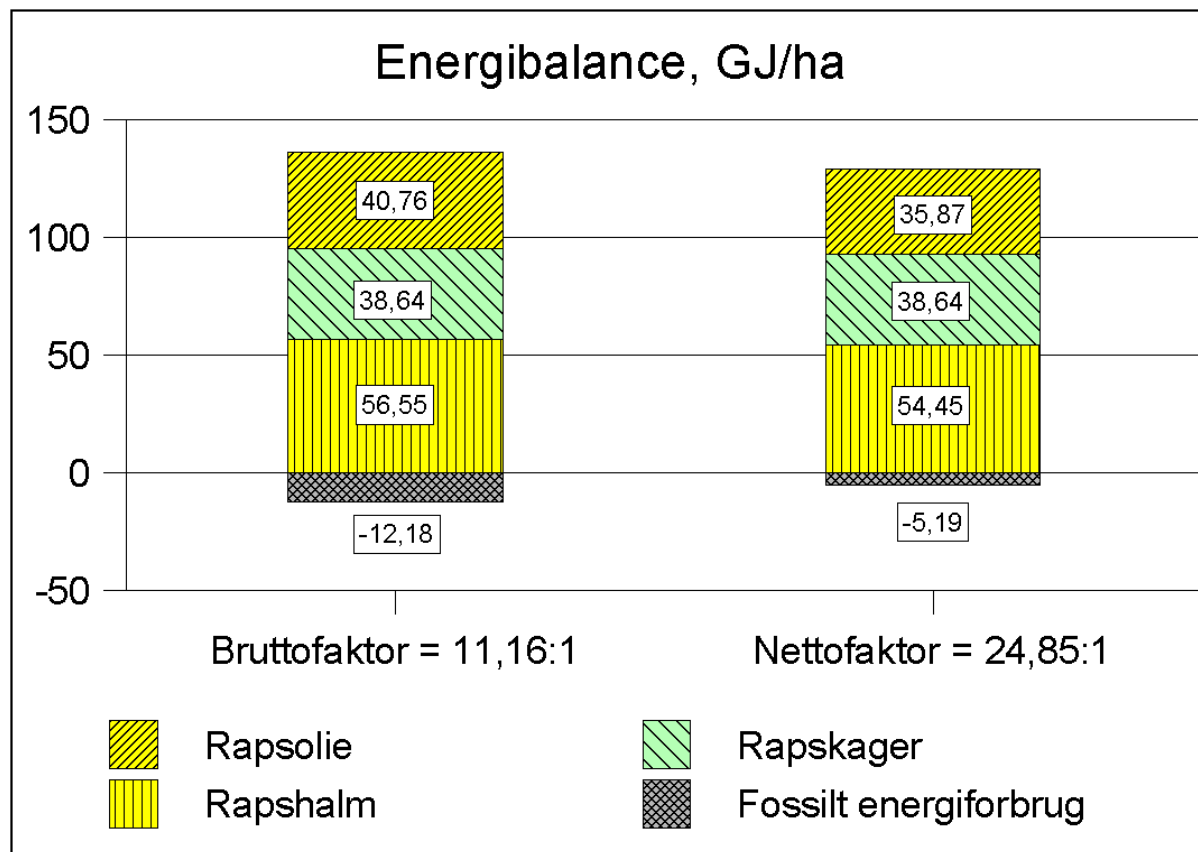
Det bemærkes, at som alternativ til fodring kan energiindholdet i rapskagerne anvendes til energifremstilling, enten i biogasanlæg eller som indfyring i kraftvarme- eller varmeanlæg.

Fraregnes energiindholdet i rapskagerne, bliver bruttoenergiindholdet 97,31 GJ/ha, medens nettoenergiindholdet bliver 90,32 GJ/ha.

1.3. OPGØRELSE AF ENERGIBALANCE:

Som det fremgår, er det samlede bruttoenergiindhold i afgrøden $135,95/12,18 = 11,16$ gange større end det faktiske fossile bruttoenergiforbrug.

Ved lokal anvendelse af vedvarende energi bliver nettoenergiindholdet i afgrøden $128,96/5,19 = 24,85$ gange større end det faktiske fossile nettoenergiforbrug.



Fraregnes energiindholdet i rapskagerne, reduceres forholdstallet for bruttoenergiindhold til $97,31/11,765 = 8,27$, medens forholdstallet for nettoenergiindhold reduceres til $90,32/5,19 = 17,40$.

Uanset om der anvendes brutto- eller nettoopstilling, og uanset om rapskagernes bidrag medregnes eller udelades, kan det konkluderes, at energibalancen er stærkt positiv.

2. CO₂-BALANCE:

Svarende til ovenstående opstilling af energibalance er der opstillet brutto og netto CO₂-balancer.

CO₂-balancen er opstillet ud fra CO₂-udledningen ved dyrkning og forarbejdning og den besparelse i CO₂-udledning, som kan opnås ved anvendelse af afgrøden til energiformål.

2.1. CO₂-UDLEDNING:

Beregnet ud fra forudsætningerne i Energistyrelsens beregningsmodel [1] med korrektion for forskellene imellem koldpresset rapsolie og biodiesel [2], udgør brutto CO₂-udledningen ved dyrkning og forarbejdning 1,45 kg/l rapsolie, hvilket svarer til 524,4 kg/ton rapsfrø eller 1573 kg/ha.

Heraf udgør 483 kg/ha udledning ved procesenergi til såsæd, maskineri, kunstgødning og planteværn samt 509 kg/ha (CO₂-ækvivalenter) fra mark og afgrøde, ialt 992 kg/ha [1]. De resterende 581 kg/ha udledes ved lokalt energiforbrug i forbindelse med selve ejendommen, fordelt med 364 kg/ha fra diesel og 217 kg/ha fra elektricitet [1], [2].

Ifølge den anvendte alternativomkostnings-synsvinkel er der i ovenstående fraregnet en udledning på 31 kg/ha i form af diesel til jordbehandling af brak. Brutto-udledningen er således 1604 kg/ha, hvilket er 2% højere.

Den samlede faktiske CO₂-udledning ifølge Energistyrelsens beregningsmodel [1] med korrektioner [2] er således 1604 kg/ha. Heraf udgør 612 kg/ha lokalt energiforbrug i form af 395 kg/ha diesel/olie og 217 kg/ha elektricitet; denne lokalt anvendte fossile energi kan erstattes af vedvarende energi fra afgrøden i form af rapsolie og elektricitet fremstillet på rapshalm, hvorved den tilsvarende udledning bortfalder.

Hermed kan den fossile nettoudledning sættes til 992 kg/ha, imod at der regnes med en nettobesparelse fra afgrøden, som er 612 kg/ha lavere end bruttobesparelsen.

2.2. CO₂-BESPARELSE FRA AFGRØDEN:

For rapsolien kan der regnes med en direkte CO₂-besparelse på 2,78 kg/l [2] svarende til 1006,3 kg/ton rapsfrø eller 3019 kg/ha ved substitution for diesel.

For rapshalmen kan der regnes med en direkte CO₂-besparelse på 1814 kg/ton rapshalm svarende til 7075 kg/ha [2] ved substitution for kul. Det ses, at besparelsen fra rapshalmen alene er 4,5 gange større end den samlede bruttoudledning.

For rapskagerne kan der tilsvarende regnes med en tilsvarende CO₂-besparelse på $(38,64/56,55) \times 7075 = 4843$ kg/ha ved substitution for kul.

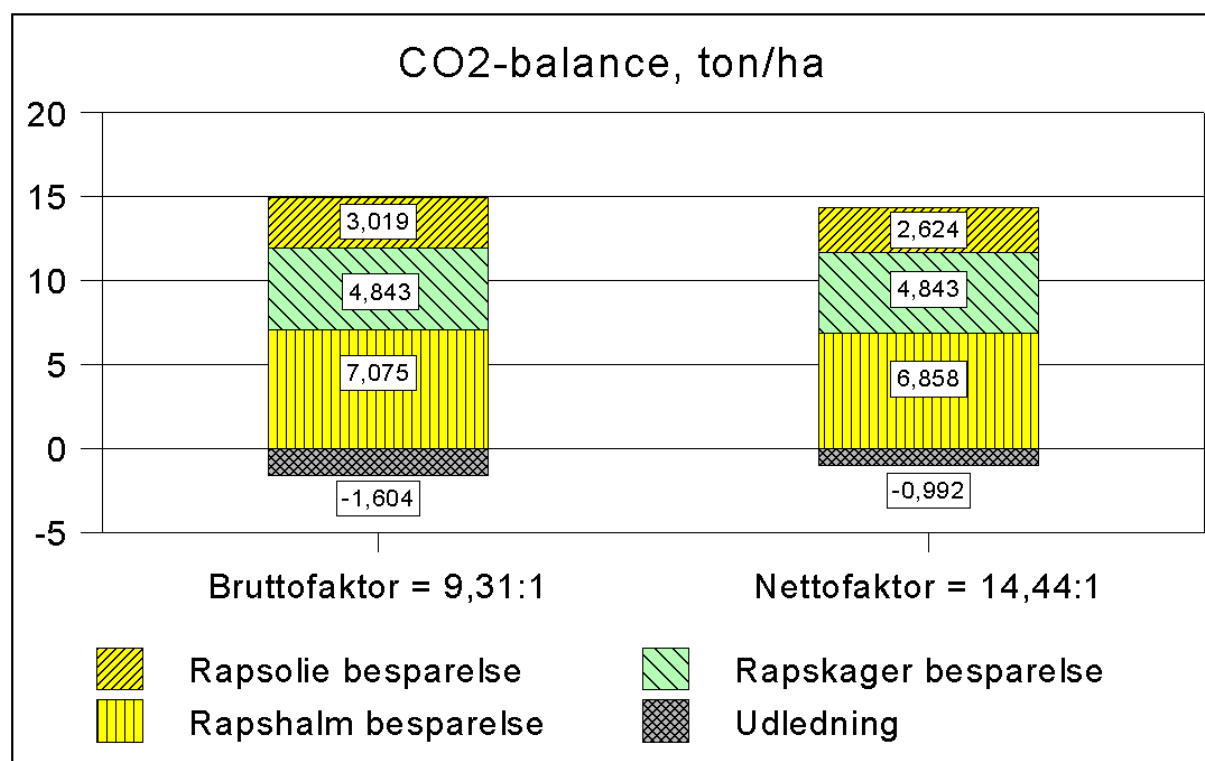
Hermed kan brutto CO₂-besparelsen fra afgrøden opgøres til 14,937 ton/ha. Den tilsvarende nettobesparelse udgør 14,325 ton/ha.

Fraregnes CO₂-besparelsen fra rapskagerne, reduceres brutto CO₂-besparelsen fra afgrøden til 10,094 ton/ha, medens nettobesparelsen reduceres til 9,482 ton/ha.

2.3. OPGØRELSE AF CO₂-BALANCE:

Som det fremgår, er den samlede brutto CO₂-besparelse fra afgrøden 14,937/1,604 = 9,31 gange større end brutto CO₂-udledningen.

Ved lokal anvendelse af vedvarende energi bliver netto CO₂-besparelsen fra afgrøden 14,325/0,992 = 14,44 gange større end netto CO₂-udledningen.



Fraregnes energiindholdet i rapskagerne, reduceres forholdstallet for brutto CO₂-besparelsen til 10,094/1,604 = 6,29, medens forholdstallet for brutto CO₂-besparelsen reduceres til 9,482/0,992 = 9,56.

Uanset om der anvendes brutto- eller nettoopstilling, og uanset om rapskagerens bidrag medregnes eller udelades, kan det konkluderes, at rapsolie er ægte CO₂-neutral, idet alene CO₂-besparelsen fra rapshalmen langt overstiger den samlede CO₂-udledning ved dyrkning og forarbejdning.

3. REFERENCER OG NØGLETAL:

REFERENCER:

- [1] EMBIO Energistyrelsens Model til økonomisk og miljømæssig vurdering af BIO-brændstoffer, Januar 1997, Udarbejdet af COWI.
- [2] Jacob Bugge: ANVENDELIGHED AF RAPPORTEN EMBIO Energistyrelsens Model til økonomisk og miljømæssig vurdering af BIObrændstoffer, Januar 1997, Udarbejdet af COWI. Folkecenteret 2000.
- [3] Notat: Rapsolie til transport: Landbrug og energi, Nordvestjysk Folkecenter for Vedvarende Energi, 2000. Kan findes på www.folkecenter.dk.
- [4] Fodermiddeltabel, Sammensætning og foderværdi af fodermidler til kvæg, Rapport nr. 91. Landsudvalget for Kvæg, Oktober 2000.

NØGLETAL:

Omregning: 1 l rapsolie svarer til 0,95 l diesel, som har et energiindhold på $0,95 \times 35,9 = 34,11$ MJ/l og en procesenergi på $0,95 \times 3,6 = 3,42$ MJ/l, ialt 37,53 MJ/l [1], [2].

Fossil energi samt CO₂-udledning [1], [2]:

Diesel		Kul		Elektricitet	
Energi MJ/l	CO ₂ kg/l	Energi GJ/ton	CO ₂ kg/GJ	Energi MJ/kWh	CO ₂ kg/kWh
35,9 ^{a)}		24,5 ^{a)}			
39,5 ^{b)}	2,93 ^{b)}		126,9 ^{b)}	4,77 ^{b)}	0,915 ^{b)}

Vedvarende energi samt CO₂-besparelse fra afgrøden [1], [2], [4]:

Rapsolie *		Rapshalm **		Rapskager **	
Energi MJ/l	CO ₂ kg/l	Energi GJ/ton	CO ₂ kg/ton	Energi GJ/ton	CO ₂ kg/ton
34,11 ^{a)}		14,5 ^{a)}		19,32 ^{a)}	
37,53 ^{b)}	2,78 ^{b)}		1814 ^{b)}		2417 ^{b)}

a): Energiindhold (brændværdi)

b): Energiindhold samt procesenergi til fremskaffelse, transport og raffinering af diesel, ialt 3,6 MJ/l diesel; denne energi spares også ved brug af rapsolie.

*: Substitution for diesel

** : Substitution for kul