



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Miljøregnskab for pilotkommune

Metoderapport

Louise Laumann Kjær, Kasper Dam Mikkelsen, Niels Karim Høst-Madsen, NIRAS og Jannick H. Schmidt, 2.-0 LCA consultants.

Miljøprojekt nr 1389, 2011

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Miljøregnskab for pilotkommune
Metoderapport

NIRAS A/S
Sortemosevej 2
DK-3450 Allerød

T +45 48 10 42 00
F +45 48 10 43 00
E-mail niras@niras.dk

Tilsluttet F.R.I.

Projektet er iværksat af Miljøstyrelsen og udført af NIRAS A/S v. Louise Laumann Kjær, Kasper Dam Mikkelsen og Niels Karim Høst-Madsen i samarbejde med 2.-0 LCA consultans, v. Jannick H. Schmidt og med Odense Kommune som pilotkommune.

Kontaktperson NIRAS A/S

Kontaktperson Miljøstyrelsen

Louise Laumann Kjær

Signe Krarup

E-mail: llk@niras.dk

E-mail: sikra@mst.dk

INDHOLDFORTEGNELSE

1	Indledning	5
2	Input Output modellen FORWAST	5
3	Modificering af livscyklusemissioner i modellen	6
3.1	Importerede varer	6
3.2	Arealanvendelse	9
3.3	Radiative Forcing Index (RFI)	10
3.4	Justering af emissionsfaktor for bilproduktion	10
3.5	Disaggregerede processer	10
3.6	Tilføjelse af land use til veje, infrastruktur og bebyggelse	11
3.7	Tilføjelse af PM2.5	13
3.8	Tilføjelse af nitrat og fosfat til landbrugsaktiviteter	14
4	Beregningsprogrammet SimaPro	15
5	Stepwisemetoden.....	15
5.1	Normalisering og vægtningsæt for Stepwise.....	16
6	Referencer	17

1 INDLEDNING

Følgende metoderapport beskriver metoden bag et klima- eller miljøregnskab. Den tilhørende hovedrapport indeholder resultatet for miljøregnskabet for en pilot-kommune for året 2010.

Først beskrives Input Output modellen FORWAST som ligger til grund for modellen. Dernæst beskrives de ændringer, som er foretaget i FORWAST modellen for at gøre denne anvendelig til klima- og miljøfodaftryksanalyser. Dernæst beskrives beregningsprogrammet SimaPro som bruges til at udføre beregningerne. Til sidst beskrives Stepwise-metoden, som benyttes i analysen af et samlet miljøregnskab.

2 INPUT OUTPUT MODELLEN FORWAST

En IO analyse anvender IO tabeller. En IO tabel repræsenterer alle økonomiske transaktioner mellem alle produkter og sektorer i et land i et år. For hver sektor inkluderer modellen data for direkte emissioner samt forbrug af produkter fra andre sektorer. Ved hjælp af en teknik udviklet af nobelprismodtageren Leontief, kan man udregne livscyklusemissionerne per krone for hver produktkategori i modellen. Denne metodik svarer fuldstændig til, hvorledes livscyklusemissioner udregnes i en traditionel livscyklusvurdering. Den eneste forskel er blot, at transaktionerne mellem aktiviteter måles i kroner i stedet for fysiske enheder så som kilo eller kWh. En særlig egenskab ved IO beregninger er, at alt er medregnet, mens en traditionel livscyklusvurdering opererer med såkaldte cut-off kriterier, hvilket betyder, at en del emissioner udelades fra beregningerne. Det er således ikke unormalt, at en traditionel livscyklusvurdering underestimerer de reelle emissioner med 50 %. Ulempen ved IO modeller er imidlertid, at de opererer på et mere overordnet niveau, dvs. antallet af inkluderede produktkategorier er begrænsede og nogle af disse dækker over mange forskellige produkter.

Den benyttede metode til at beregne virksomhedens klimapåvirkning er en ny hybrid IO metode. Den hybride metode adskiller sig fra den traditionelle måde ved at anvende både monetære og fysiske enheder. Man får således en hybrid model, hvor man både kan koble udledninger op på monetære såvel som fysiske enheder. Virksomhedens udledninger beregnes derfor enten per forbrugt krone (DKK) på enten produkter eller services, eller ud fra virksomhedens fysiske forbrug af eksempelvis energi og brændsler.

Modellen er bl.a. baseret på det Europæiske forskningsprojekt FOREWAST, og er nærmere beskrevet på: <http://forwast.brgm.fr/>. Den anvendte model er dokumenteret i følgende rapporter: Schmidt (2010a-c), Schmidt et al. (2010a), FORWAST D3.1 (2010), FORWAST 4.1 (2010), Dalgaard and Schmidt (2010). I det følgende benævnes modellen; 'FORWAST-modellen'. Modellen kan beregne emissioner for over 130 produktgrupper og adskiller sig fra andre IO-modeller ved følgende:

- Der regnes ikke kun i monetære enheder (DKK), men fysiske produkter regnes i kilo og kWh
- Modellen skelner mellem forskellige affaldsfraktioner og forskellige affaldsbehandlinger: genanvendelse, forbrænding og deponi m.m.
- Modellen er baseret på en komplet massestrømsanalyse af hhv. Danmark's og EU27's økonomi fordelt på 53 produkter og 40 affaldsfraktioner, samt

inputs af ressourcer og outputs af emissioner. Affaldsstrømme er bestemt ud fra massebalancer for hver enkel sektor

Den anvendte IO model er udviklet af 2.-0 LCA consultants og i samarbejde med NIRAS er modellen videreudviklet og forfinet til at udarbejde virksomheders klima eller miljøregnskab.

Metoden er en top-down tilgang til klimakortlægning, som kobler nationale emissioner med nationaløkonomien. Metoden er anvendelig til at gennemføre livscyklusberegninger af produkters, organisationers og regioners/landes emissioner.

For fysiske produkter indeholder modellen prisinformation. Herved er indkøb af fysiske produkter i DKK omregnet til samme enhed som i modellen (kilo).

Den anvendte IO tabel bygger på statistiske data vedrørende 2003 kombineret med en lang række teknologidata. Det er antaget, at data for 2003 er repræsentative for teknologi i dag. Dette medfører naturligvis en vis usikkerhed, men denne vurderes at være relativ lille.

Forbrugsomkostningerne omregnes, så de tilsvare prisniveauet i 2003. Dette gøres ved at bruge forbrugerprisindekset fra Danmarks Statistik. Ved hjælp af denne omregning svarer 1 kr. i 2008 f.eks. til 0,906 kr. i 2003.

3 MODIFICERING AF LIVSCYKLUSEMISSIONER I MODELLEN

FORWAST er ikke oprindeligt udviklet til at beregne en forbruger eller en virksomheds samlede miljømæssige fodaftryk. Derfor er der foretaget justeringer i modellen, som er beskrevet i det følgende.

Modellen er først og fremmest blevet justeret, så der skelnes mellem, om importerede varer kommer fra EU eller resten af verden, hvilket har betydning for deres klimafodaftryk. Dette beskrives i afsnit 3.1. Desuden er modellen udbygget således, at den medtager effekten af arealanvendelse, da efterspørgslen på landbrugs- og skovbrugsprodukter driver en del af den globale afskovning og er med til at intensivere den eksisterende landbrugsjord. Dette er beskrevet i afsnit 3.2.

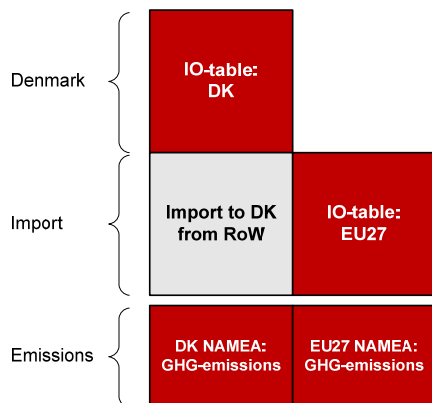
Mht. flytransport er modellen justeret, så der medtages "radiative forcing", dvs. at udledninger i de højere luftlag medfører en større drivhuseffekt, end hvis de blev udledt ved landjorden. Dette er beskrevet i afsnit 3.3.

Bilproduktion blev fundet undervurderet i modellen i sin oprindelige form. Produktkategorier i FORWAST, som modvarer bilproduktion, er derfor blevet justeret. Dette er beskrevet i afsnit 3.4. Igennem forskellige projekter har der løbende været behov for at få udvalgte FORWAST-kategorier uddybet/disaggregeret. Disse processer er beskrevet i afsnit 3.5.

3.1 Importerede varer

FORWAST-modellen modellerer oprindeligt import til Danmark som værende produceret i EU27. EU27-delen af modellen er en lukket model; dvs. der skelnes ikke mellem produktion i EU27 og import til EU27 – alt modelleres som værende produceret i EU27. Dette er illustreret i Figur 1 nedenfor.

Figur 1
Princip for modellering af import til Danmark i FORWAST-modellen



Når de samlede emissioner relateret til Danmarks forbrug analyseres med modellen, så kan følgende GHG-emissioner beregnes:

Figur 2
GHG-emissioner fra Danmarks samlede forbrug per indbygger (ved 5,4 millioner indbyggere) ved beregning med FORWAST-modellen.

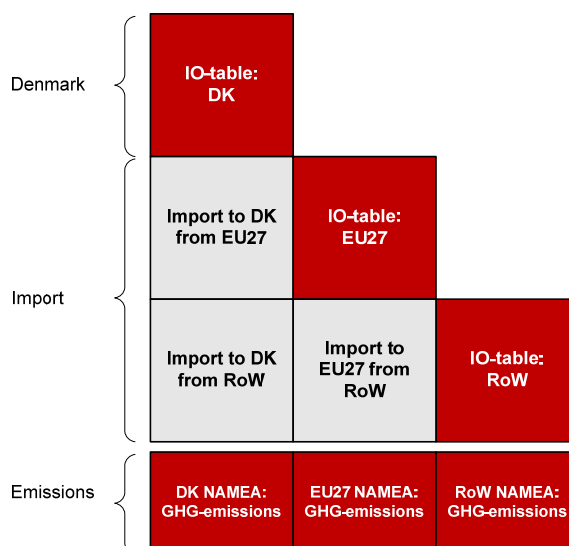
Emissionsbidrag	GHG-emissioner (t CO ₂ -eq./indbygger)
Direkte emissioner i husholdningerne (fx personbilkørsel og oliefyr)	2.0
Emissioner fra produkter produceret i Danmark	6.3
Emissioner fra produkter importeret til Danmark	4.3
Total	12.7

GHG-emissionerne fra import i Figur 2 ligger noget under, hvad andre modeller viser. Årsagen til dette er, at import modelleres som om det er produceret i EU27. Reelt foregår en stor del af produktionen af varer udenfor EU27, fx i Kina og USA. Emissioner per produceret enhed i disse lande ligger væsentlig over niveauet i EU27, fx er en større andel af el-mixet baseret på kul, og der er lavere genanvendelsesprocenter. Desuden er energieffektiviteten i industrierne i Kina og USA en del lavere end i EU27.

For at kompensere for denne underestimering af emissioner, der relaterer sig til import, er den lukkede EU27 IO-tabel delt op i en EU27 tabel og en ROW (rest-of-world) tabel. Data til at foretage denne opdeling findes som en del af data materialet i FORWAST-projektet: rådata skelner mellem import intra og ekstra EU27.

Modellerings-princippet er illustreret i Figur 3.

Figur 3
Princip for modellering af import til Danmark i FOR-WAST-modellen, hvor import er delt op på import fra EU27 og import fra RoW (rest-of-world).



Som udgangspunkt er det antaget at 'IO-table RoW' er identisk med 'IO-table EU27'. Herved fører underopdelingen af import i Figur 3 ikke til nogen ændringer i emissionsniveau. For bedre at repræsentere import fra bl.a. Kina og USA er følgende ændringer lavet i 'IO-table RoW':

- El-mixet i RoW IO-tabellen er ændret fra gennemsnitligt EU27 el-mix til gennemsnittet af Kina og USA.
- Alle emissioner i RoW IO-tabellen er ganget med 1.72. Herved bliver emissionerne per gennemsnitlig krone import tilsvarende som i USA i 1998 (denne IO-tabel bruges til at modellere import til Danmark i Weidema et al. 2005).

I Figur 4 nedenfor er GHG-emissioner fra Danmarks samlede forbrug per indbygger vist for hhv. den originale IO-model og for den modificerede model, som tager højde for, at produktion udenfor EU27 er mere emissionsintensiv.

Figur 4
GHG-emissioner fra Danmarks samlede forbrug per indbygger (ved 5,4 millioner indbyggere) ved beregning med FOR-WAST-modellen.

Emissionsbidrag	GHG-emissioner (t CO ₂ -eq./indbygger)	
	Original model	Modificeret import (RoW)
Direkte emissioner i husholdningerne (fx personbilkørsel og oliefyr)	2.0	2.0
Emissioner fra produkter produceret i Danmark	6.3	6.3
Emissioner fra produkter importeret til Danmark	4.3	6.3
Total	12.7	14.7

3.2 Arealanvendelse

Metoden anvendt til at modellere emissioner, som er relateret til arealbeslaglæggelse er beskrevet i detaljer i Schmidt et al. (2010b). Metoden tager udgangspunkt i en antagelse om, at det er efterspørgslen på land, som driver en del af den globale afskovning. Desuden medfører en ændring i efterspørgsel på land også en ændring i intensivering af eksisterende landbrugsjord.

Afskovning (i hektar = ha) relateret til efterspørgsel på land (i hektar år = ha yr) kan forenklet forklares som værende beregnet som:

$$\begin{aligned} & \text{Afskovning (ha) per efterspurgt land (ha yr)} \\ & = \text{globale årlige afskovning (ha) * andel af afskovning pga. af landbrug (\%)} \\ & \text{divideret med det totale landbrugsareal} \end{aligned}$$

Intensivering regnes i kg netto primær produktion (NPP, kg C). Den tilsvarende intensivering er beregnet som:

$$\begin{aligned} & \text{Intensivering (kg C)} \\ & = \text{årlige stigning i kvælstofgødning (kg N)} \\ & * \text{udbytte stigning pga. øget kvælstof (kg C/kg N)} \end{aligned}$$

Efter at afskovningen og intensiveringen som følge af arealbeslaglæggelse er kvantificeret, ganges dette med emissioner relateret til afskovning (CO₂ fra ændring i kulstoflager som følge af transformation af skov til landbrugsjord) samt emissioner relateret til øget kvælstofgødning anvendelse (primært lattergas fra fremstilling af gødning samt fra markemissioner).

Land-use modellen kobles til FORWAST IO-modellen vha. udbytter på landbrugsafgrøder. Afskovning som følge af skovbrug er estimeret som andel af global afskovning, som skyldes skovbrug divideret med den globale tømmerproduktion. Herved fås et tal for landtransformation (fra naturlig skov til plantage i hektar) per kg tømmer, der produceres globalt.

Modellen tager udgangspunkt i IPCC's data for CO₂ emissioner fra afskovning. Dog opdeles årsagerne til afskovning i 1) landbrug: afgrøder + græsning, 2) skovbrug, og 3) subsistenslandbrug. Afskovning som følge af sidstnævnte er ikke regnet med i modellen, da denne afskovning ikke skyldes efterspørgsel på kommercielle landbrugs- og skovbrugsprodukter.

3.3 Radiative Forcing Index (RFI)

Der er en bred videnskabelig enighed om, at udledninger i de højere luftlag (9 km og derover) medfører en større drivhuseffekt sammenlignet med tilsvarende udledninger ved jordens overflade. Dette skyldes bl.a. en øget ozondannelse som følge af udledninger af NO_x'er i de øvre luftlag. Denne forøgede udledning anskuelliggøres ved at gange en dimensionsløs faktor (RFI) på udledningen. Et udbredt problem er dog, at der i de videnskabelige kredse ikke er konsensus omkring kvantificeringen af RFI. Den kan variere fra 1 (dvs. at den ikke inddrages) til 3 i forskellige beregningsmetoder. I denne model er RFI sat til 2,7, hvilket er en gennemsnitsfaktor beregnet og anbefalet af FN's klimapanel (IPCC ¹). Stockholm Environment Institute (SEI) har i en rapport² anbefalet, at man som minimum fastsætter RFI til 2 eller derover, når man laver emissionsberegninger for flytransport.

3.4 Justering af emissionsfaktor for bilproduktion

I Chrintz, T (2010) redegøres detaljeret for, hvorfor bilproduktion ofte undervurderes i IO analyser. Dette skyldes primært, at den tunge del af bilproduktionen foregår uden for Danmark (og EU), hvilket der ikke tages højde for i den aggregerede IO-model for "resten af verden". Kategorien DK_Markets_76 Motor vehicles vurderes sammenlignet med redegørelsen i Chrintz, T (2010) og sammenlignet med IO99 (Weidema et al 2005) til at være for lav, og justeres i overensstemmelse hermed til en 30 % højere emissionsfaktor.

3.5 Disaggregerede processer

Når en IO proces anvendes til en regnskabspost i et klimaregnskab antages det, at den pågældende regnskabspost aftager et gennemsnitsprodukt fra denne IO proces. Dette medfører en stor usikkerhed, hvis IO processen er så overordnet, at den indeholder for mange forskellige produkter. Hvis det er muligt at få virksomhedens poster på et mere detaljeret niveau end den tilsvarende IO kategori, kan den enkelte IO kategori modificeres, så den tilsvarende niveauet af det aktuelle forbrug bedre.

Igennem udarbejdelsen af diverse klimaregnskaber er en række IO kategorier/processer blevet justeret og brudt ned til mindre og mere specifikke kategorier.

Disse indbefatter:

3.5.1 IO processen _48 Chemicals n.e.c.

Denne proces dækker hele kemikalieindustrien og derved produkter som strækker sig fra maling og rengøringsmidler til medicin og gasarter. Dette er uhensigtsmæssigt når man laver analyser for f.eks. hospitalssektoren. I disse sektorer bruges der ofte mange penge på medicin m.m. og det er derfor en ulempe at trække på en kategori der er så 'bred', at den også inddrager andre kemikalier, der ikke er relevante for hospitalssektoren. Kategorien er derfor blevet delt ind i seks underprocesser, hvoraf enkelte så passer bedre til hospitalssektoren. De disaggregerede processer er fremhævet i Figur 5.

¹ "Aviation radiative forcing in 2000: An update on IPCC (1999)."

² Carbon Offsetting & Air Travel, 2009

Figur 5

Underinddeling af kategorien _48 Chemicals n.e.c. De fremhævede kategorier er især anvendelige til hospitaler.

_48 Disaggr: Manufacture of pesticides and other agro-chemical products
_48 Disaggr: Mfr. of detergents and other chemical products
_48 Disaggr: Mfr. of dyes, pigments and organic basic chemicals
_48 Disaggr: Mfr. of industrial gases and inorganic basic chemicals
_48 Disaggr: Mfr. of paints, printing ink and mastics
_48 Disaggr: Mfr. of pharmaceuticals etc.

3.5.2 Kategorien _89 Hotels and Restaurants

Kategorien _89 Hotels and Restaurants er også blevet delt op, da det ofte er relevant at skelne mellem netop hotelophold og restaurantbesøg.

Figur 6

Underinddeling af kategorien _89 Hotels and restaurants.

_89 Disaggr: Hotels etc.
_89 Disaggr: Restaurants etc.

3.5.3 105 Health and social work

Kategorien 105 Health and social work er også blevet disaggregeret til følgende to.

Figur 7

Underinddeling af kategorien 105 Health and social work

105 Disaggr: Hospital activities
105 Disaggr: Medical, dental, veterinary activities etc.
105 Disaggr: Social institutions for adults
105 Disaggr: Social institutions for children

3.6 Tilføjelse af land use til veje, infrastruktur og bebyggelse

For at kunne bruge IO data til at lave et miljøregnskab, der inkluderer naturbeslaglæggelse som en påvirkningskategori, er der behov for data om arealanvendelse på de aktiviteter i IO-modellen, hvor areal beslaglægges. Det gælder for landbrug, veje, infrastruktur og bebyggelse. I tabellen nedenfor (Figur 8) ses, hvordan den samlede arealanvendelse fordeler sig på landbrug, skovbrug, veje og jernbaner m.v. i Danmark. Det ses også hvilke aktiviteter i IO modellen, hvor arealanvendelsen indgår.

Figur 8

Fordeling af areal på anvendelser

Areal-anvendelse (DK)	Areal	Aktivitet i IO-model, hvor arealanvendelse indgår	Reference på areal
Landbrug	26.580 km ²	Allokeret efter produktion og udbytte	Danmarks Statistik
Skovbrug	4.950 km ²	DK__9 Forest products	Danmarks statistik og FAOSTAT
Veje, jernbaner	985+67+27=1079 km ²	Allokeret på alle aktiviteter; allokeringssnøgler forbrug af 'Refined petroleum products and fuels'	Hvisbjerg og Studnitz 2001, p 10
Lufthavne	73 km ²	DK_78 Air transport	Hvisbjerg og Studnitz 2001, p 10
Havne og transporterhverv	45+79=124 km ²	DK_79 Cargo handling, harbours and travel agencies	Hvisbjerg og Studnitz 2001, p 10
Bebygget areal	10 % af 43.090 km ² = 4.309 km ² minus infrastruktur (ovenfor) = 3.033 km ²	Allokeret på bygninger; allokeringssnøgler prod. vol.	DMU (2011) Natur og Miljø (http://naturogmiljoe.dmu.dk/jord/11/) samt FAOSTAT
Natur og ikke produktivt land	7.251 km ²	Indgår ikke	Difference mellem total (nedenfor) og alle ovenstående
Total	43.090 km2		FAOSTAT

Arealanvendelse for landbrug er allokeret efter produktion og udbytte og er beskrevet i afsnit 3.2. Skovbrugsareal er koblet direkte til produktion af skovprodukter, lufthavnsareal er koblet direkte til flytransport og havne og transporterhvervsareal er koblet direkte til drift af godsterminaler og havne. Bebygget areal er allokeret på bygninger efter produktionsvolumen. Brug af areal til veje og jernbaner er allokeret på alle aktiviteter i IO modellen efter deres forbrug af benzin og diesel. I nedenstående tabeller ses arealforbruget per enhed af referenceflowet i IO modellen.

Figur 9

Arealforbrug per enhed af referenceflow (supply):

Aktivitet i IO-model	Areal	Produktionsvolumen	Arealforbrug per enhed af referenceflow
DK__9 Forest products	4,950 km ²	854 Gg TS	5.79 m ² a/kg TS wood
DK_78 Air transport	73 km ²	2,515 MEUR2003	0.029 m ² a/EUR2003 air transp.
DK_79 Cargo handling, harbours and travel agencies	124 km ²	4,858 MEUR2003	0.0255 m ² a/EUR2003 cargo handl.
Areal til bebygget areal allokeret efter: Prod. vol. af bygninger	3,033 km ²	16,406 MEUR2003	0.185 m ² a/EUR2003 bygning

Figur 10

Arealforbrug per enhed af referenceflow (use):

Aktivitet i IO-model	Areal	Totalt forbrug til vejtransport	Arealforbrug per enhed af referenceflow
Areal til veje og jernbaner allokeret efter: forbrug af 'Refined petroleum products and fuels' (justeret for aktiviteter, som bruger meget til ikke-vejtransportformål)	1,079 km ²	9,685 Gg TS	0.111 m ² a/kg TS refined oil

3.7 Tilføjelse af PM2.5

For anvendelse af IO modellen til at udarbejde miljøregnskaber, der inkluderer partikelforurening, er emissioner af PM2.5 tilføjet i modellen.

Ifølge NERI (2011, p 42) var den totale PM2.5 emission i 2003 på 23 t. Dette fordeler sig på kilderne angivet i tabellen nedenfor. Transport er underopdelt på vej/tog, skib og fly vha. Palmgren et al. (2009, 39). Til højre i figuren er det angivet, hvorledes PM2.5 emissionerne i allokeret til aktiviteterne i IO-modellen.

Figur 11

Arealforbrug per enhed af referenceflow (use):

Sektor	Andel (NERI 2001, p 42)	PM2.5 emission i 2003 (t)	Allokeringsnøgle
Energi	2%	0.46	100% til 'DK _66 Electricity, steam and hot water'
Produktion og byggeri	3%	0.69	Allokeret til produktionserhverv efter deres forbrug af summen af kul, og olie
Transport, vej	11%	2.51	Allokeret til alle aktiviteter (undtaget landbrug+skov+fiskeri som er særskilt redegjort for nedenfor) efter forbrug af refined petroleum til vejtransport
Transport, skibe	1%	0.25	100% til 'DK _77 Transport by ship'
Transport, fly	0%	0.00	100% til 'DK _78 Air transport'
Serviceerhverv	1%	0.23	Allokeret til serviceerhverv efter deres forbrug af summen af kul, og olie
Husholdninger	72%	16.56	100% til 'DK 128 Household use, Housing'
Forbrænding agr, skov og fiskeri	5%	1.15	Allokeret til landbrug+skov+fiskeri efter deres forbrug af summen af kul, og olie
Gyllehåndtering	5%	1.15	Allokeret til dyreproduktion efter deres forbrug af gyllehåndtering
Total	100%	23.00	

3.8 Tilføjelse af nitrat og fosfat til landbrugsaktiviteter

Nitrat- og fosfatemissioner for de enkelte landbrugsaktiviteter er beregnet på grundlag af danske data fra Dalgaard et al. (2006). Emissionerne er beregnet som kg nitrat eller fosfat per kg tørstof produceret af de enkelte aktiviteter. DK-aktiviteterne inkluderer hele landbrugsbedrifter med marker til produktion af foder- og salgsafgrøder. I modsætning hertil inkluderer EU27 og RoW-aktiviteter udelukkende selve besætningen og dermed ikke marker. Eftersom nitrat og fosfat udledes fra marker og ikke fra stalde er nitrat og fosfat ikke tilføjet til de EU27 og RoW-aktiviteter, som producerer animalske produkter. I stedet er samtlige nitrat- og fosfatemissioner fra Dalgaard et al. (2006) tilføjet de EU27- og RoW-aktiviteter, som producerer vegetabiliske produkter.

4 BEREGNINGSPROGRAMMET SIMAPRO

Beregningerne udføres i softwareprogrammet SimaPro, som er et Hollandsk udviklet software til at gennemføre livscyklusvurderinger (LCA). SimaPro kan håndtere både IO tabeller og store livscyklus-databaser. Desuden kan de beregnede emissioner omregnes til miljøpåvirkningsindikatorer, som fx GHG-emission (kg CO₂-eq.) ved anvendelse af IPCC's global warming potentials (GWP100) for forskellige emissioner. Øvrige indbefattede drivhusgasser (f.eks. CH₄, N₂O, NO) omregnes dermed til den mængde CO₂, som ville medføre samme drivhuseffekt over en periode på 100 år. På samme måde kan Simapro bruges i karakterisering af andre miljøparametre, og beregne den samlede miljøeffekt ved forskellige LCIA (lifecycle impact assessment) metoder, som f.eks. Stepwise metoden, som beskrives herunder.

5 STEPWISEMETODEN

Stepwisemetoden anvendes til at foretage karakterisering, normalisering og vægtning af miljøparametre. Metoden er beskrevet i Weidema (2009) og Weidema et al. (2007).

Metoden kombinerer karakteriseringsmodellerne fra LCIA-metoderne Impact 2002+ v. 2.1 og EDIP 2003 med visse modifikationer beskrevet i Weidema et al. (2007). Stepwisemetoden har den fordel, at alle påvirkninger kan sammenholdes i én enkeltværdi, som enten måles i monetær værdi eller QALYs (Quality Adjusted Life Years). En QALY er pr. definition et leveår levet med optimalt helbred. Stepwise metoden opgør miljøpåvirkninger i økonomiske enheder vha. en kombination af studier af begrænsende faktorer for den optimale økonomi og willingness-to-pay studier. Eksempler på begrænsende faktorer er konsekvenser af drivhuseffekt (fx øget ekstremt vejr, tørke og vandstandsstigninger) og partikelforurening, som medfører et øget antal lidelser og hospitalsindlæggelser. Dette er nærmere beskrevet i Weidema (2009).

Vægtningen her er samfundsøkonomiske omkostninger. Det kan også regnes i andre enheder, fx QALY. Karakterisering angiver de forskellige påvirkningskategorier i forskellige enheder, fx CO₂-eq. Ved normalisering sammenholdes karakteriserede resultater med en reference, fx årlige gennemsnitlige bidrag per person per år. Og ved vægtning muliggøres sammenligning af fx drivhuseffekt og respiratoriske effekter ved at tage højde for påvirkningernes indbyrdes væsentlighed.

Stepwise metoden er den eneste LCIA metode, hvor vægtningen er baseret på videnskabelige studier og ikke rene subjektive præferencer. Desuden er det den eneste LCIA metode, som i vægtningen muliggør, at alle miljøpåvirkningskategorier opgøres i økonomiske enheder. Metoden minder herved om værdisætning af emissioner i cost-benefit analyser (fx ExternE), men med den forskel, at værdisætningen sker på påvirkningsniveau og ikke på emissionsniveau. Herved er Stepwise-metoden væsentlig mere komplet end de værdisætningsopgørelser for cost-benefit analyser, der ellers findes i dag.

5.1 Normalisering og vægtningsæt for Stepwise

Normalization-Weighting set	EU-27 consumpt pr person / EUR
Normalization	
Human toxicity, carcinogens	0.0279
Human toxicity, non-carc.	0.0284
Respiratory inorganics	0.1
Ionizing radiation	0
Ozone layer depletion	161
Ecotoxicity, aquatic	1.57E-06
Ecotoxicity, terrestrial	5.21E-05
Nature occupation	0.000177
Global warming	0.000102
Acidification	0.00127
Eutrophication, aquatic	0.016
Eutrophication, terrestrial	0.000485
Respiratory organics	0.0857
Photochemical ozone, vegetat.	8.99E-06
Non-renewable energy	3.45E-06
Mineral extraction	0.00529
Injuries, road or work	7970
Economic costs	6.67E-05
Weighting	
Human toxicity, carcinogens	9.713572
Human toxicity, non-carc.	9.553379
Respiratory inorganics	676.039
Ionizing radiation	0
Ozone layer depletion	0.6323
Ecotoxicity, aquatic	4.511374
Ecotoxicity, terrestrial	21.41773
Nature occupation	701.278
Global warming	813.7326
Acidification	6.090858
Eutrophication, aquatic	6.337614
Eutrophication, terrestrial	25.70432
Respiratory organics	2.982
Photochemical ozone, vegetat.	41.46692
Non-renewable energy	0
Mineral extraction	0.7557
Injuries, road or work	523.1
Economic costs	14992.5

6 REFERENCER

Chrintz T (2010), Forbrugernes klimapåvirkning. www.concito.dk.

Dalgaard R, Halberg N, Kristensen I S, Larsen I (2006). Modelling representative and coherent Danish farm types based on farm accountancy data for use in environmental assessments. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 117(4), 223-237.

Dalgaard R and Schmidt J H (2010), Input-output modelling of the Danish Agricultural Sector - Update of the FORWAST Danish Input-Output Database. Appendix to the report documenting the project 'Pilotprojekt - effektvurdering af forskningsmæssig indsats' (English: Pilot project - assessment of the effect of research) funded by the Danish Ministry of Food, Agriculture and Fishery. The report is currently under publication.

FORWAST D3.1 (2010), Report describing data processing and validation (Denmark, Austria, France, Germany). Deliverable 3-1 of the EU FP6-project FORWAST. <http://forwast.brgm.fr/>. The report is currently under publication.

FORWAST D4.1 (2010), Report describing data processing and validation (All EU27 countries not covered in deliverable 3.1). Deliverable 4-1 of the EU FP6-project FORWAST. <http://forwast.brgm.fr/>. The report is currently under publication.

Hvisbjerg M og Studnitz L (2001), Arealanvendelse til transportformål i Danmark. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen Nr. 21 2001. Miljøstyrelsen, København <http://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2001/87-7944-683-3/pdf/87-7944-684-1.pdf> (3/8-2011)

NERI (2011), Annual Danish Informative Inventory Report to UNECE - Emission inventories from base year of the protocols to year 2009. NERI Technical Report no. 821. National Environmental Research Institute, Aarhus University, Aarhus <http://www2.dmu.dk/Pub/FR821.pdf> (4/8-2011)

Palmgren F, Christensen J, Ellermann T, Hertel O, Illerup J B, Ketzel M, Loft S, Winther M, Wåhlin P (2009), Luftforurening med partikler – et sundhedsproblem. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. Hovedland

Schmidt J H (2010a), Documentation of the data consolidation, calibration, and scenario parameterisation. Deliverable 6-1 of the EU FP6- project FORWAST. <http://forwast.brgm.fr/>

Schmidt J H (2010b), 25 year forecast of physical stocks, waste, and environmental impact of 9 scenarios. Deliverable 6-2 of the EU FP6-project FORWAST. <http://forwast.brgm.fr/>

Schmidt J H (2010c), Contribution analysis, uncertainty assessment, and policy recommendation. Deliverable 6-3 of the EU FP6-project FORWAST. <http://forwast.brgm.fr/>

Schmidt J H, Weidema B P, and Suh S (2010a), Documentation of the final model used for the scenario analyses. Deliverable 6-4 of the EU FP6-project FORWAST. <http://forwast.brgm.fr/>

Schmidt J H, Reinhard J, and Weidema B P (2010), Modelling of land use changes in LCA, report v1 (draft) of 28th September 2010. 2.-0 LCA consultants

Weidema B P, A M Nielsen, K Christiansen, G Norris, P Notten, S Suh and J Madsen (2005), Prioritisation within the Integrated Product Policy. Environmental Project No. 980 2005, Danish Environmental Protection Agency, Copenhagen

WEIDEMA B P (2009), Using the budget constraint to monetarise impact assessment results.

WEIDEMA B P, HAUSCHILD M, JOLLIET O (2007), Preparing characterisation methods for endpoint impact assessment. Manuscript submitted to International Journal of Life Cycle Assessment. Published as annex II in B P Weidema, M Wesnæs, J Hermansen, T Kristensen, N Halberg, P Eder, L Delgado (2008) · Environmental improvement potentials of meat and dairy products. Sevilla: Institute for Prospective Technological Studies. (EUR 23491 EN).

