

Region Hovedstaden

01. februar 2011

Version 1

KLIMAFODAFTRYK

Region Hovedstaden som samfund
Klimafodaftryk fra borgerne og virksomhederne i Region Hovedstaden
Bilag 2 - Metoderapport



PROJEKT

Klimafodaftryk fra borgere og virksomheder i Region Hovedstaden
Bilag 2 - 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.

Klimakortlægningen er udført af NIRAS A/S v. Kasper Dam Mikkelsen, Niels Karim Høst-Madsen, Louise Laumann Kjær, Louise Kreilgaard og Julie Müller, i samarbejde med, 2.-0 LCA Consultans, v. Jannick H. Smidt, og Center for Turisme- og Regionalforskning v. Bjarne Madsen og Jie Zhang. Danmarks Statistik har medvirket til fagligt seminar om metodeudvikling. Arbejdet er udført i samarbejde med Region Hovedstaden.

Kontaktperson NIRAS A/S

Kontaktperson Region Hovedstaden

Kasper Dam Mikkelsen

Helen Lundgaard

E-mail: kdm@niras.dk

E-mail: helen.lundgaard@regionh.dk

INDHOLD

1	Indledning.....	4
2	Nationalregnskabet på regions- og kommuneniveau	5
3	Input Output modellen FORWAST	8
3.1	Beregningsprogrammet SimaPro	9
3.2	Modificering af livscyklusemissioner i modellen.....	9
3.3	Modificering af data ved kortlægning af de fire pilotkommuner.....	13
4	Analyse af kommuner i hhv. forbrugs og produktionsperspektiv ..	14
4.1	Forbrugsperspektiv - allokering af forbrugskategorier	16
4.2	Produktionsperspektiv – allokering af sektorer	18
5	Modelusikkerheder og potentialer	19
5.1	2008 som reference-år	19
5.2	Allokering af brændsler	20
5.3	Aggregerede FORWAST kategorier	20
5.4	Gennemsnitlig import	20
5.5	Udifferenteret offentligt forbrug.....	20
5.6	Potentialer i det udbyggede nationalregnskab	20
6	Referencer	22

1 INDLEDNING

Følgende bilagsrapport beskriver metoden bag klimafodaftryksanalysen af Region Hovedstaden som samfund. Den tilhørende hovedrapport indeholder resultater for klimakortlægningen af Regionens borgere og virksomheder, samt individuelle af-rapporteringer for kommunerne Allerød, Ballerup, Bornholm og Frederiksberg.

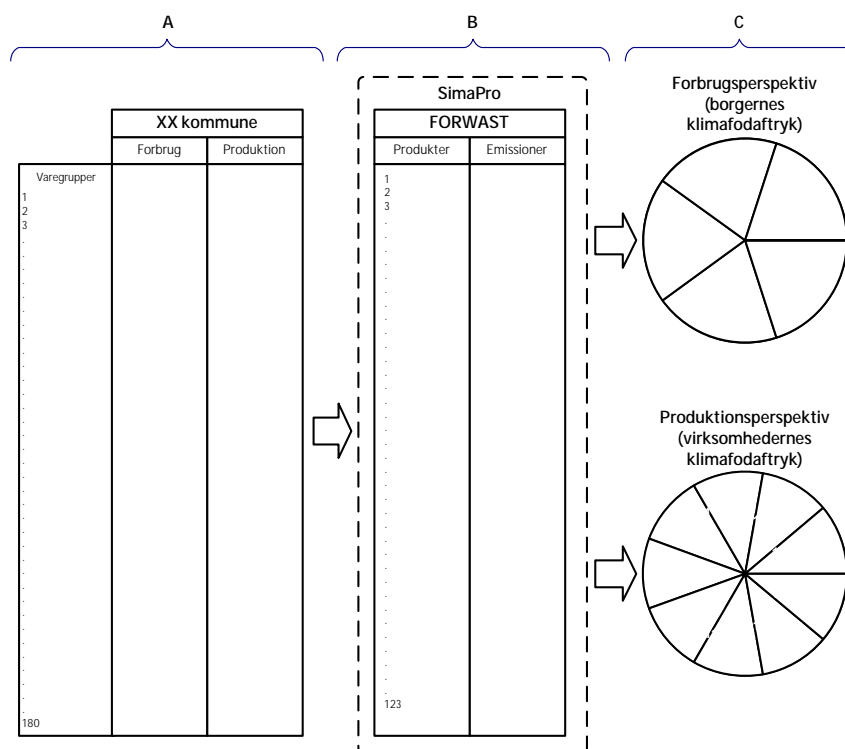
Metoden, der er brugt til at beregne Region Hovedstadens klimafodaftryk, er en hybrid Input Output (IO) baseret analyse, der bygger på data fra nationalregnskabet for af-rapporteringsåret 2008. Dataene fra nationalregnskabet er opgjort på regions og kommune niveau, og muliggør således samfunds-beregninger for et mindre geo-grafisk område, hvor det tidligere kun har været muligt på nationalt plan.

Kortlægningen er lavet i to perspektiver: forbrugsperspektiv, som kortlægger bor-gernes klimafodaftryk målt i årlige emissioner (ton/borger) og produktionsperspek-tiv, som kortlægger klimafodaftrykket for den produktion, der ligger i de kommu-ner, som udgør Region Hovedstaden. Forbrugsperspektivet bruger nøgletal for bor-gernes private og offentlige forbrug fordelt på 180 varegrupper, og produktionsper-spektivet bruger nøgletal for, hvor meget der produceres for af de 180 varegrupper. Disse nøgletal analyseres i den danske IO model, FORWAST, som indeholder emissi-onsdata for mere end 100 produktkategorier. FORWAST er til dette projekt blevet modificeret indenfor bestemte produktgrupper, hvilket beskrives i afsnit 3.2.

På baggrund af borgernes forbrug indenfor kommunen/regionen analyseres borge-nes klimafodaftryk ved at emissionerne allokeres til 20 forbrugskategorier, som er tilnærmet Danmarks Statistiks klassificering (se afsnit 4.2). Disse er igen samlet indenfor 5 overordnede kategorier: bolig, fødevarer, shopping, services og trans-
port og rejser. Dertil kommer det offentlige forbrug, som er danskernes direkte og indirekte forbrug af offentlige ydelser og som fordeles solidarisk, dvs. alle danske borgere tildeles samme udledning indenfor det offentlige.

På samme måde skabes et klimafodaftryk i et produktionsperspektiv. På baggrund af de økonomiske data for, hvad der produceres for i kommunen/regionen, analy-seres virksomhedernes klimafodaftryk ved at emissionerne allokeres til 9 sektorer, som igen er tilnærmet Danmarks Statistiks klassificering (se afsnit 4.2).

Figur 1
Modelskitse



I det følgende afsnit 2 beskrives først nationalregnskabet på regions- og kommune-niveau, som bruges som input data (A på **Error! Reference source not found.**). Derefter i afsnit 3 beskrives FORWAST-modellen og det tilhørende livscyklusvurderingsværktøj Simapro, samt hvordan modellen er blevet modificeret til projektets formål (B på Figur 1). Dernæst i afsnit 4 beskrives, hvordan modellen bruges til at generere resultater i forbrugs- og produktionsperspektiv, og hvordan produktkategorierne er blevet allokering til overordnede forbrugsområder i forbrugsperspektivet og sektorer i produktionsperspektivet (C på **Error! Reference source not found.**). En del af projektet har været at udvikle metoden, og der er derfor endnu store potentialer for at udvikle på modellen og generere endnu bedre data. I afsnit 5 beskrives derfor de nuværende modelusikkerheder, og der reflekteres over potentialer for metoden.

2 NATIONALREGNSKABET PÅ REGIONS- OG KOMMUNENIVEAU

Data til klimakortlægningen på regions- og kommuneniveau er hentet fra Center for Regional- og Turisdeforskning (CRT) lokale nationalregnskab. Nationalregnskabet anvendes i en række andre sammenhænge til overvågning af den lokale udvikling, f.eks. regionernes analyser af den regionale vækst, beskæftigelsesregionernes overvågning af de lokale arbejdsmarkeder, af turismens udvikling (VisitDenmark) mv.

En central del af en regions eller kommunes nationalregnskab er vare-balancerne, som for hver kommune viser tilgang og anvendelse af varer. I det lokale nationalregnskab indgår der pt. 180 varer. En vare er f.eks. sukker.

Tilgangen af sukker til en kommune er summen af

-
- produktion af sukker i kommunen
 - import af sukker fra andre kommuner
 - import af sukker fra udlandet.

Anvendelsen af sukker er summen af anvendelse af sukker

- inden for kommunen
- til eksport til andre kommuner
- til eksport til udlandet.

Anvendelse af sukker inden for kommunen er igen underdelt i råvareforbrug for kommunens virksomheder, det private forbrug for kommunens borgere, individuelt offentligt forbrug, kollektivt individuelt offentligt forbrug og investeringer.

For varen sukker kan råvareforbrug f.eks. være lokale bageriers anvendelse af sukker. Det private forbrug dækker husholdningernes anvendelse af sukker, mens det individuelle offentlige forbrug af sukker kan være daginstitutioners anvendelse af sukker mv.

Varebalancen for en kommune giver altså for 180 varer en meget detaljeret billede af, hvor anvendelsen af en vare sker. Ved at koble emissionsoplysninger på varebalancen kan klimafodaftrykket for forskellige typer forbrug opgøres.

Klimafodaftrykket i et forbrugsperspektiv er kommunens eller regionens borgeres direkte forbrug af varer og de dertilhørende emissioner. Set i relation til ovenstående opdeling af tilgang og anvendelse, benyttes den del af anvendelse af sukker inden for kommunen, som forbruges direkte af borgeren (privatforbrug). På den måde er det klimabelastningen ved borgernes slutforbrug, der opgøres i forbrugsperspektivet, dvs. hvor mange penge bruger borgerne på henholdsvis sukker, brød osv. og hvilken klimabelastning, der er forbundet med hver type forbrug. Sukker som forbruges enten af det offentlige (daginstitutionen) eller af virksomheder (den lokale bager) er indirekte medtaget under borgernes forbrug af henholdsvis offentlige ydelser og f.eks. brød.

Tilsvarende kan klimafodaftrykket set i et produktionsperspektiv kortlægges ud fra tilgangen af varer: Hvor meget sukker produceres i kommunen – og hvilke emissioner er der forbundet med produktion af sukker? Virksomhedernes forbrug af importeret sukker er medregnet som en indirekte klimabelastning for producerende virksomheder (f.eks. bagerier). Klimafodaftrykket i et produktionsperspektiv er altså de emissioner, som virksomheder forårsager direkte som følge af deres produktion samt de indirekte emissioner som følge af deres forbrug af varer, som enten kan være produceret lokalt eller globalt.

En detaljeret dokumentation af metoderne bag opstilling af lokale nationalregnskaber kan findes i følgende rapporter & videnskabelig tidsskriftsartikler: Madsen, Jensen-Butler and Dam (2002), Madsen and Jensen-Butler (2002), Madsen and Jensen-Butler (2005) samt http://crt.dk/media/Kap5%20SAM_K%20LINE.pdf.

Ser man på de enkelte variabler, som er anvendt i opgørelsen af regionens og kommunernes miljøbelastning, kan metoderne kort resumeres:

a. Det private forbrug

Det private forbrug fordelt på 180 varer i regionen og i kommunerne har afsæt i det private forbrug i nationalregnskabet for hele Danmark fordelt på ca. 2.800 varer. I første step aggregeres forbruget til 180 varegrupper.

Det private forbrug opdelt på 180 varegrupper fordeles herefter til bopælskommuner og efter husholdningstyper. Data korrigeres herefter med oplysninger fra Danmarks Statistik forbrugsundersøgelse, således at der tages højde for forskelle i forbrugsmønstre for kommuner i by- og landområder og efter husholdningstyper.

b. Individuelt offentligt forbrug

Det individuelle offentlige forbrug (dvs. offentligt forbrug, som kan henføres til det individ, som forbruger den offentlige service) fordelt på 180 varer i regionen og kommunerne, har sit afsæt i det individuelle offentlige forbrug i nationalregnskabet for hele Danmark på ca. 2800 varer. I første step aggregeres forbruget til 180 varer. Herefter fordeles det individuelle offentlige forbrug til de kommuner servicen leveres. Konkret anvendes produktionsværdi offentlig service kommer fra den kommunefordelte produktionsstatistik (KRNR-data). Disse data, som opgør produktionen for alle kommuner opdelt på 130 erhverv, udarbejdes af Danmarks Statistik til CRT på bestilling. Ved at anvende data for produktionen i de offentlige erhverv (f.eks. Offentlig administration, undervisningssektorer, sundhedssektorer mv.) kan forbruget kun bestemmes på den forudsætning, at offentlig service produceres samme sted som den forbruges. Dette er ikke hensigtsmæssigt, da det vil medføre, at f.eks. forbruget henføres til sygehuskommune for så vidt angår forbruget af sygehusvaren, til skolekommunen for så vidt angår forbruget af undervisningsvaren osv. I dette projekt er det derfor valgt at alt individuelt offentligt forbrug fordeles solidarisk, således at alle danskere har samme klimafodaftryk for det individuelle offentlige, på trods af at forbruget af det offentlige vil variere. Teoretisk ville det være mere konsekvent at henføre det individuelle offentlige forbrug til bopælskommunen for den borger som modtager servicen. Denne raffinering af beregningen af miljøbelastningen vil evt. kunne gennemføres i et senere projekt.

c. Kollektivt offentligt forbrug

Det kollektive offentlige forbrug er den del af det offentlige forbrug, som ikke kan henføres direkte til det individ, som bruger det. Det er primært offentlig administration og sikkerhed, som f.eks. forsvaret. Det kollektive offentlige forbrug vil altid være ens for alle danskere.

d. Produktion

Produktionsværdien af 180 varer for kommuner med udgangspunkt i data fra Danmarks Statistik, som til CRT leverer data for produktion fordelt på 98 kommuner og 130 erhverv. På grundlag af antagelser om varesammensætningen af erhvervenes produktion omregnes virksomhedernes produktion til varer, således at produktionen i hver kommune opdelt på 180 varer dannes.

3 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 transaktioner og tilhørende 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 højere niveau af aggregering, dvs. antallet af inkluderede produktkategorier er begrænsede og nogle af disse dækker over mange forskellige produkter.

Den anvendte IO-model i nærværende studie er baseret på et EU-projekt, FORWAST, og det 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), Dalggaard and Schmidt (2010). I det følgende benævnes modellen; 'FORWAST-modellen'. Modellen 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 (<http://www.lcanet.com/>), og er tilgængelig i LCA-softwaret SimaPro 7.2. Modellen er offentlig tilgængelig i demo-versionen af SimaPro 7.2, som kan downloades gratis (<http://www.pre.nl/simapro/>).

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 statistisk data fra 2003. Da det danske nationalregnskab er fra 2008 omregnes tallene 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 til 0,906 kr. i 2003.

3.1 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.

3.2 Modificering af livscyklusemissioner i modellen

FORWAST modellen er blevet udbygget specifikt til dette projekt. Modellen i sin oprindelige form giver et samlet klimafodaftryk på 12,7 ton CO₂e pr. dansker. Dette er væsentlig lavere, end hvad andre modeller viser. Klimatænkertanken CONCITO har lavet et studie i forbrugerens klimapåvirkning, og her vises det, hvordan forskellige studier angiver en udledning på 18,25-21,3 ton pr. dansker, beskrevet i Chrintz, T (2010) – altså noget højere end FORWAST modellen i sin oprindelige form. Afvigelsen skyldes, at FORWAST ikke oprindeligt er udviklet til at beregne danskernes samlede klimafodaftryk. Derfor er der foretaget justeringer i modellen, som er beskrevet i det følgende, og som implementeret giver et resultat på 18,4 ton CO₂e/dansker.

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 3.2.1. 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 3.2.2.

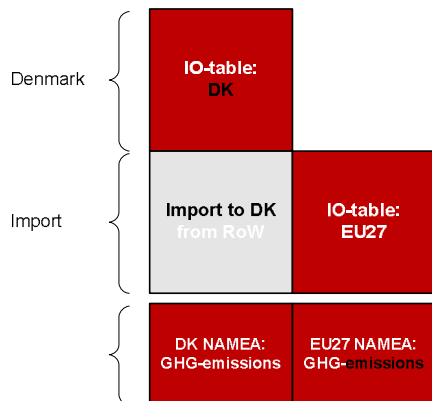
Mht. flytransport er modellen justeret, så der medtages "radiative forcing", dvs. at udledninger i de højere luftlag medfører en større drivhuseffekt, end hvis de blev udledt ved landjorden. Dette er beskrevet i afsnit 3.2.3.

Derudover er der blevet skruet på enkelte produktkategorier i FORWAST, da to specifikke områder blev fundet undervurderet i modellen i sin oprindelige form. Det drejer sig om rejseaktiviteter og bilproduktion, som er beskrevet i henholdsvis afsnit 3.2.4 og 3.2.5.

3.2.1 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 2 nedenfor.

Figur 2
Princip for modellering af import til Danmark i FORWAST-modellen



Princippet i figuren er forklaret i afsnit 4.

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

Figur 3
GHG-emissioner fra Danmarks samlede forbrug per indbygger (ved 5,4 millioner indbyggere) ved beregning med FORWAST-modellen.

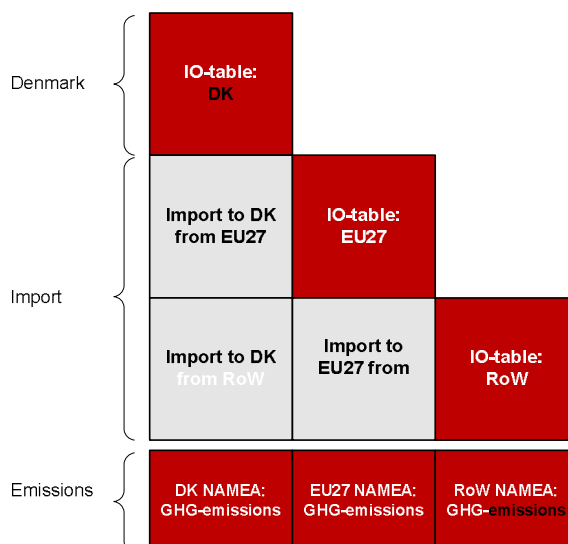
Emissionsbidrag	GHG-emissioner (t CO ₂ -eq./indbygger)
Direkte emissioner i husholdningerne (fx personbilkørsel og oliefyr)	2.0
Emissioner fra produkter produceret i Danmark	6.3
Emissioner fra produkter importeret til Danmark	4.3
Total	12.7

GHG-emissionerne fra import i Figur 3 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 4.

Figur 4
Princip for modellering af import til Danmark i FORWAST-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 4 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 5 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 5
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)	
	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

3.2.2 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 af 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.

3.2.3 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 NOx'er i de øvre luftlag. Denne forøgede udledning anskueliggøres 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 Insti-

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

tute (SEI) har i en rapport² anbefalet, at man som minimum fastsætter RFI til 2 eller derover, når man laver emissionsberegninger for flytransport.

3.2.4 Justering af emissionsfaktor for rejseaktiviteter

Rejseaktiviteter er et af de områder, som nemt undervurderes, primært fordi prisen på privat flytransport de seneste år er faldet drastisk og udledning pr. kr. for borgernes rejseaktivitet bliver derfor undervurderet, da den sættes lig med den gennemsnitlige udledning for flytransport. Ifølge DTU Transport³ skønnes det, at danskerne flyver 3000 km årligt i gennemsnit. Dette svarer til en årlig udledning på ca. 1 ton CO₂/år pr. dansker ud fra beregninger på et antal flyafstande (gennemsnit af korte, mellemlange og lange ture). Den samme årlige udledning pr. dansker for flytransport fås ifølge IO99 (Weidema et al 2005). For at tilsvare dette i FORWAST er to kategorier justeret og én kategori tilføjet.

Flytransporten justeres ved at kategorien DK_Markets_92 Air Transport stiger med 44,5 %. På samme måde er emissionsfaktoren for produktkategori DK_79 Cargo Handling, harbours and travel agencies justeret med et tillæg på 65 %. Til sidst er der tillagt en udledning forbundet med turisme, dvs. rejseaktivitet og forbrug i udlandet, som ikke var inkluderet i FORWAST modellen.

3.2.5 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 er vurderet til at være for lav, og justeres i overensstemmelse hermed til en 30 % højere emissionsfaktor.

3.3 Modificering af data ved kortlægning af de fire pilotkommuner

Ved kortlægning af de fire pilotkommuner er modellen anvendt i hybrid form. Dvs. på to områder er de data, som modellen generer, blevet udskiftet med specifikke data fra kommunernes egne opgørelser. Det drejer sig om affaldsdata og data om energiforbrug.

3.3.1 Affaldsdata

Emissioner for affald i produktionsperspektiv beregnes på baggrund af kommunernes reelle affaldsproduktion i 2008 leveret af Miljøstyrelsen. Inputdataene, som oprindeligt er inddelt i affaldsfraktioner jf. ISAG-systemet⁴, er allokeret ud på FORWAST-modellens 29 affaldskategorier. Disse affaldskategorier bliver derefter allokeret ud på én eller flere af tre affaldsbehandlingsformer; deponi, genbrug og forbrænding. Inden de undergår behandlingsformerne i FORWAST-modellen omregnes alle affaldsmængder til tørstof, da FORWAST-modellen bygger sine affaldsberegninger på inputdata i 'kg' tørstof. Omregningen til tørstof sker dels med udgangspunkt i

² Carbon Offsetting & Air Travel, 2009

³<http://www.samvirke.dk/samvirke/miljoe/artikler/Sider/Med%20kurs%20mod%20gr%C3%B8nere%20luftlag.aspx>

⁴ ISAG-systemet er et lovpligtigt indberetningssystem for landets affaldsbehandlingsanlæg

affaldssammensætningen (vand/tørstof) jf. EASEWASTE⁵ og dels med udgangspunkt i FORWAST kategorier.

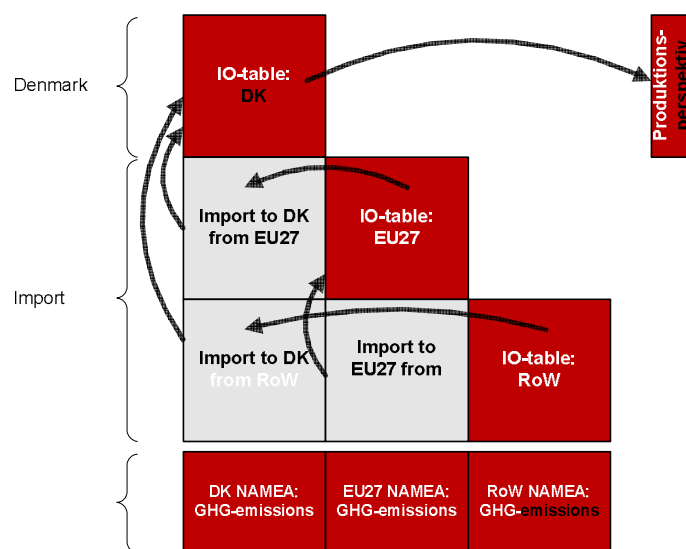
3.3.2 Energidata

For de fire kommuner er anvendt emissionsdata for borgernes reelle el. og varme-forbrug. Emissionsnøgletallet er endvidere taget fra kommunernes egne opgørelser, da der her er taget højde for den specifikke energiproduktion og herunder energisammensætning til kommunen. De automatisk genererede resultater for kategorien el og varme under bolig er altså blevet korrigeret på den del, der stammer fra el og fjernvarmeproduktion.

4 ANALYSE AF KOMMUNER I HHV. FORBRUGS OG PRODUKTIONSPERSPEKTIV

Produktionsperspektivet anvendes til at analysere emissionerne fra alle industri- og serviceaktiviteter i en kommune/region. Inputdata er værdien af alle produkter, som leveres af industrierne i en kommune/region. IO-modellen anvendes så til at beregne alle afledte emissioner fra denne fremstilling. Hvis der produceres for 10 DKK af et givent produkt, så antages det, at produktet fremstilles med teknologi og emissioner som gennemsnitsfremstillingen af dette produkt i Danmark. Figur 6 illustrerer princippet ved analyse i produktionsperspektivet:

Figur 6
Illustration af analyse i produktionsperspektivet.



Firkanter i figuren repræsenterer tabeller. De tre røde kvadratiske tabeller er input-output tabellerne for hhv. Danmark, EU27 og ROW (rest-of-world). Den røde aflange tabel består af kun en kolonne, hvori værdien af produkterne fremstillet i en kommune/region angives. Denne kolonne bruges som funktionel enhed i beregningen. De grå firkanter bruges til at angive import af produkter. En kolonne repræsenterer

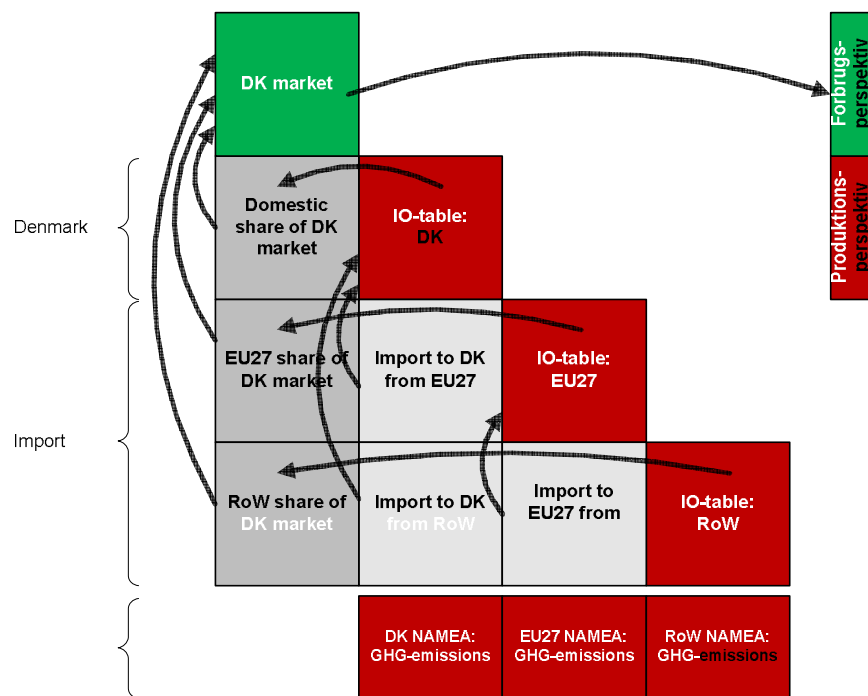
⁵ En LCA-model til behandling og anvendelse af affald

terer en aktivitet (industri), enten i Danmark (IO-table: DK) eller i EU27 (IO-table: EU27) eller RoW (IO-table: RoW). En række i en tabel repræsenterer input (forbrug) af et produkt. De nederste tre firkanter repræsenterer direkte emissioner fra aktiviteterne, fx vil kolonnen 'Land transport, DK' have emissioner fra afbrænding af brændsler. Transportkolonnen har inputs af brændsler ('refined petroleum products'). Emissioner fra raffinering af disse brændsler findes i kolonnen 'Refined petroleum products', og denne kolonne har inputs af råolie ('Crude oil and natural gas'). Emissionerne fra udvinding af råolie findes i kolonnen 'Crude oil and natural gas'. Således er alle aktiviteter linket via deres forbrug af produkter.

Summen af inputs i den danske IO-tabel og de grå firkanter nedenunder DK svarer til den danske industri's samlede forbrug af varer. Nogle varer er produceret i Danmark (IO-table DK), og nogle varer er importeret. En værdi i en grå import-tabel 'trækker på' en produktions-aktivitet i EU27 eller RoW.

De sorte pile i figuren illustrerer, hvorledes produktion (angivet i tabellen 'Produktions-perspektiv') driver de øvrige tabeller: Produktion i en kommune modelleres som produktion i DK. Inputs (forbrug af varer) til aktiviteter i DK kommer fra DK-produktion, samt fra import (EU27 produktion og RoW produktion). Tilsvarende kommer inputs til aktiviteter i EU27 fra EU27-produktion og fra import (RoW produktion).

Figur 7
Illustration af analyse i forbrugsperspektivet.



Forbrugsperspektivet anvendes til at analysere, hvor store udledninger, der er forbundet med en kommunes borgeres forbrug (samt direkte udledninger fra personbiltransport og oliefyr etc.). Når en borger i en given kommune bruger et produkt, så modelleres emissionerne fra dette produkt ud fra emissioner hos de leverandører, der leverer til markedet for dette produkt – der anvendes et markedsgennemsnit af Dansk produktion, import fra EU27, samt import fra ROW (rest-of world). Princippet for modellering i et forbrugs-perspektiv er illustreret i Figur 7. Ovenstående

ende markedsgennemsnit er repræsenteret ved den grønne tabel 'DK market' i figuren. Den aflange grønne tabel består af kun en kolonne, hvori værdien af borgernes forbrug i en kommune/region angives. Denne kolonne bruges som funktionel enhed i beregningen.

4.1 Forbrugsperspektiv - allokering af forbrugskategorier

Til præsentationen af borgernes klimafodaftryk er valgt at holde sig tæt op af den gruppering, som Danmarks Statistik opererer med. Dette er dels for på sigt at kunne bruge statistisk data på danskernes forbrugsvaner til at overvåge danskernes globale klimapåvirkning, dels for at kunne gruppere udledningerne indenfor nogle overskuelige områder, som kommunen eller regionen kan bruge som udgangspunkt i en borgerrettet klimastrategi.

Danmarks Statistik opererer med 130 industrikategorier og 72 grupper indenfor forbrug, se Danmarks Statistik (2009), Appendix 1 og 2.

De danske supply-use tabeller, som også udarbejdes af Danmarks Statistik, viser sammenhængen mellem industrierne og forbruget. Et eksempel er Mfr. of textiles and textile products (textilindustrien). En del af denne industri går til forbrugskategorien Garments and clothing materials etc. (tøj), en del går til Furniture, furnishings, carpets etc. (møbler) osv. Første skridt er derfor at bruge supply-use tabellen til at finde ud af hvor stor en del af textilindustrien, der leverer til de forskellige typer slutforbrug. Da der endnu ikke er udarbejdet en supply-use tabel for år 2008, er denne fordeling fundet ved at tage et gennemsnit for tabellerne for 2004, 2005 og 2006, som er de senest tilgængelige tabeller.

Næste skridt er at relatere FORWAST-kategorierne til de 130 industrikategorier. Nogle af kategorierne er identiske, mens nogle er aggregerede og andre disaggregerede. Således er f.eks. industrien Agriculture (landbrug) inddelt i 6 landbrugsprodukter i FORWAST. Omvendt er eksempelvis industrierne Sale of motor vehicles, motorcycles etc. (salg af motoriserede køretøjer), Repair and maintenance of motor vehicles (reparation af motoriserede køretøjer) og Service stations (servicestationer) samlet i FORWAST til én produktkategori kaldet Trade and repair of motor vehicles and service stations (handel og reparation af motoriserede køretøjer og servicestationer).

For hver FORWAST kategori skabes en fordelingsnøgle i forhold til de 72 forbrugsgrupper. Dernæst samles de 72 forbrugsgrupper i 20 grupper, som igen samles i 5 overordnede kategorier, se Figur 8.

De 5 kategorier danner rammen for præsentationen af resultaterne for Region/kommunen. Det er desuden muligt at inddele i de 20 undergrupper, for at se, hvor meget f.eks. boligbenyttelse fylder under kategorien bolig. Dette er udnyttet i præsentationen af resultaterne, dog er betegnelserne ændret, så formidlingen bliver så klar som muligt. Desuden er det valgt at slå nogle af grupperne sammen, da emissioner var meget små. Derudover er det muligt via analyse af resultaterne at trække andet data ud, f.eks. hvor meget kød udgør af fødevarer-kategorien – da det kan være interessant ved eksempelvis scenarieberegninger eller i formidlingsøjemed. De undergrupper, som er valgt at præsentere i resultatrapporten, ses i kolonne 3 på Figur 8.

Affaldsprocesserne er ligeledes allokert ud på de enkelte forbrugskategorier jf. en fordelingsnøgle. De beregnes som udgangspunkt i FORWAST-kategorier før de allo-

keres ud på de enkelte forbrugskategorier. I FORWAST er der lavet 15 affaldsfraktioner til at beregne emissioner i forbindelse med affaldsprocesser. Disse er:

- Food waste
- Wood waste
- Ash and slag waste
- Oil waste
- Textile waste
- Paper waste
- Plastic waste
- Hazardous waste
- Glass waste
- Bricks waste
- Other inert waste (sand, stone, clay, cement, concrete, asphalt)
- Iron waste
- Aluminium waste
- Copper waste
- Metals nec waste

I FORWAST-modellen beregnes hvor meget de enkelte FORWAST-kategorier bidrager til de enkelte affaldsfraktioner. Nogle kategorier bidrager én til én til de ovenstående affaldsfraktioner, mens andre bidrager med affald til flere affaldsfraktioner. Eksempelvis så bidrager kategorierne: _9 Forrest products og _37 Wood products, except furniture kun til affaldsfraktionen "Wood waste", mens kategorierne: _70 Fabricated metal products, except machinery, _71 Machinery and equipment n.e.c., _72 Office machinery and computers, _73 Electrical machinery n.e.c., _74 Radio, television and communication equipment, _75 Instruments, medical, precision, optical, clocks og _78 Furniture; other manufactured goods n.e.c., hver især bidrager til flere af de ovenstående affaldsfraktioner. Når mængden af affald indenfor hver affaldsfraktion er beregnet "gennemgår" hver affaldsfraktion en affaldsproces i modellen. Disse processer er: deponi, genbrug og/eller forbrænding. Til sidst bruges fordelingsnøglen til at fordele de enkelte affaldsprocesser ud på forbrugskategorierne. Information vedrørende affaldshåndtering i FORWAST-modellen er yderligere beskrevet i Schmidt (2010a).

Figur 8
Inndeling i forbrugskate-
gorier.

De 5 forbrugs- kategorier	20 grupper aggre- geret fra DSTs 72 gruppering	Undergrupper, som resultaterne præsen- teres i
Fødevarer		
	Fødevarer	Kød
		Ikke-animalske fødevarer
	Drikkevarer og tobak	Mejeriprodukter
		Drikkevarer og tobak
Bolig		
	Boligbenyttelse	Boligbyggeri og vedlige- hold
	El, vand og varme	El og varme
	Inventar	Boliginventar
Serviceydelser		
	Sundhed og helbred	Privat sundhed og ud- dannelse
	Institutioner	
	Bank og forsikring	Bank & Forsikring
	Underholdning og fritid	Hotel & Restaurant
	Husholdningstjenester	Underholdning & Fritid
	Kommunikation	Kommunikation
Shopping		
	Fashion	Fashion
	Helbredsprodukter	Helbredsprodukter
	Elektronik	Elektronik
	Fritidsudstyr og hobby	Fritidsudstyr & Hobby
	Hygiejne	Hygiejne
Transport og rejser		
	Rejser	Turisme
		Fly
	Køb af transportmidler	Køb, egne biler
	Drift af transportmidler	Vedligehold og service, egne biler
		Brændstof, egne biler
Transportservices	Offentlig transport og transportservices	

4.2 Produktionsperspektiv – allokering af sektorer

I præsentationen af virksomhedernes klimafodaftryk er valgt at inddele FORWAST kategorierne i 9 sektorer. Igen relaterer disse sig tæt til Danmarks Statistiks inddeling af industrier. De førnævnte 130 industrigrupper er af Danmarks Statistik inddelt i 8 grupper, Danmarks Statistik (2009), Appendix 1. Relationen ses på Figur 9.

Figur 9
Inddeling i sektorer.

De 9 sektorer	DSTs 8-gruppering	
Landbrug & Anlægsgartneri	Landbrug, fiskeri og råstofudvinding	
Råstofudvinding		
Industri	Industri	
Energiforsyning	Energi- og vandforsyning	
Bygge & Anlæg	Bygge- og anlæg	
Transport	Transport, post og tele	
Handel & Service		Handel, hotel og restauration
		Finansiering og forretningsservice
Offentlige tjenester	Offentlige og personlige tjenester	
Affald		

Grunden til at Danmarks Statistiks inddeling ikke følges helt, er at dette projekts resultater skal bruges til at henvende sig til bestemte aktørgrupper. Som det ses, er det valgt at præsentere resultater for landbrug og råstofudvinding hver for sig, da det er to meget forskellige erhvervsgrupper. Desuden er det valgt at have en bred handel- og servicesektor, som også indeholder post og tele, samt den del af de "offentlige og personlige tjenester", som ikke er fra det offentlige. Dermed omhandler transportsektoren alene persontransport og transport af gods, som ikke hører til post og tele-branchen. Desuden er den del af offentlige tjenester, som hører til renovation og affaldshåndtering valgt at allokere til en affaldssektor. Affaldssektoren får samtidig tildelt de udledninger og fortrængninger som sker ved afbrænding af affald. Dette er muligt med FORWAST, da alle affaldsprocesser er udskilt, hvilket gør FORWAST unikt i forhold til andre IO modeller.

For hver sektor er valgt at præsentere resultatet i et antal undergrupper/virksomhedstyper, som kan ses i hovedrapporten.

5 MODELUSIKKERHEDER OG POTENTIALER

En del af dette projekt har det været at udvikle metoden til at kortlægge borgerne og virksomhedernes klimafodaftryk. Intentionen er fortsat at videreudvikle meto-
dikken, så kortlægningerne bliver mere præcise og monitorering af indsatser nem-
mere. I dette afsnit beskrives nogle af de antagelser og modelusikkerheder, der kan
forbedres på sigt.

5.1 2008 som reference-år

Den anvendte metodik bryder det danske nationalregnskab til regionale og kom-
munale regnskaber. Det forudsættes, at regnskabsåret 2008 er repræsentativt som
basisår for de enkelte kommuner og regioner. Der tages således ikke højde for
eventuelle utraditionelle udsving i forhold til et normalt regnskabsår.

Der er desuden en ulempe ved at de data, modellen bygger på, generelt er nogle år
forsinkede i forhold til det år, analysen udføres på. FORWAST modellen bygger så-
ledes på emissionsdata fra 2003, og input-output tabeller genereres kun hver 3. år,
hvilket medfører en hvis forsinkelse i generering af de regionale og kommunale

regnskaber. Hvis monitorering af danskernes klimafodaftryk skal forbedres er det nødvendigt med hurtigere opdatering af den data, der ligger til grund for modellen – især de økonomiske data. Dette er muligt, da tabellerne genereres af Danmarks Statistik på bestilling.

5.2 Allokering af brændsler

Allokeringen af, hvor stor en del af forbruget af brændsler, der går til henholdsvis bolig og transport, er lavet ud fra den gennemsnitlige fordelingsnøgle fra de nationale supply-use tabeller. Dette giver en vis usikkerhed ved de kommuner, som adskiller sig fra gennemsnittet ved f.eks. primært at have decentral opvarmning (typisk landkommune) eller primært fjernvarme (typisk bykommune). Kommuner, hvor der stort set kun er decentral opvarmning, som Bornholms regionskommune, går en større del af deres brændstofforbrug til boligen.

Det er altså nødvendigt med specifikke opgørelser fra de enkelte kommuner om borgernes reelle forbrug af brændsler i henholdsvis biler og boliger for at kunne lave en præcis fordeling af hvor stor en del af udledningen, der hører til transport og til boligen.

5.3 Aggregerede FORWAST kategorier

Der er en vis usikkerhed i resultaterne som følge af, at nogle af produktkategorierne i FORWAST modellen er aggregerede. Der er et stort potentiale for at udvikle en dansk Input-output-model, der tager udgangspunkt i FORWAST, men som indeholder flere produktgrupper. Det vil gøre det muligt at skelne mellem f.eks. forskellige typer elektronikprodukter eller forskellige typer services.

5.4 Gennemsnitlig import

En yderligere forfining af modellen ville være, hvis importdata blev delt yderligere op efter regioner, således at der skelnes mellem varer importeret fra forskellige lande, hvorved man ville se effekten af hvor og hvordan forskellige typer varer blev produceret.

5.5 Udifferenteret offentligt forbrug

I dette projekt hæfter alle danskere ens på det offentlige forbrug, dvs. der skelnes ikke mellem, at nogle kommuners borgere har et større offentligt forbrug end andre. Der er derfor potentiale for at udvikle modellen, så det er muligt at få et differentieret individuelt offentligt forbrug for de enkelte kommuner.

5.6 Potentialer i det udbyggede nationalregnskab

I analysen er anvendt data fra nationalregnskab for regioner og kommuner, som CRT har opstillet på grundlag af omfattende data hentet fra Danmarks Statistik. Ud over beskrivelsen af den direkte klimabelastning fra et produktionsperspektiv (produktionen i kommunen) og et forbrugsperspektiv (data for privat forbrug og offentligt forbrug) indeholder varebalancerne en mere omfattende beskrivelse af, hvorledes regionens og kommunernes økonomi hænger sammen indbyrdes og med udlandet, dvs. hvilke kommuner handler med hinanden og med hvilke varer.

Dette udbyggede nationalregnskab kan på sigt anvendes til modelanalyser, som viser hvordan klima- og miljøproblemer hænger sammen: Et privat forbrug – eller et individuelt offentligt forbrug – trækker på miljøpåvirkninger i andre kommuner og i udlandet i det omfang varer til det private eller offentlig forbrug produceres i andre kommuner eller i udlandet. Disse miljøpåvirkninger trækker på miljøpåvirkninger i

andre kommuner og i udlandet i det omfang producenter i andre kommuner og i udlandet er underleverandører. Underleverandører trækker igen på miljøvirkninger hos underleverandørernes leverandører osv. På denne måde kobles – på sigt – forbrugsperspektivet med produktionsperspektivet, således at samspillet mellem økonomi og miljø beskrives mere nuanceret.

6 REFERENCER

Madsen, Bjarne; Chris Jensen-Butler and Poul Uffe Dam (2002): A Social Accounting Matrix for Danish Municipalities (SAM-K). AKF forlaget, Copenhagen, Denmark

Bjarne Madsen and Chris Jensen-Butler (2002): Intra- and Interregional Trade in Regional Commodity Balances: Estimation and Results for Denmark. Paper, The 14th International Conference on Input-Output Techniques, 10.-15. oktober 2002

Madsen, Bjarne og Chris Jensen-Butler (2005): Spatial Accounting Methods and the Construction of Spatial Accounting Matrices. Economic Systems Research, vol 17, 2005

Brugermanual til den regionale model for erhverv og beskæftigelse (SAM-K og LINE), kapitel 5 SAM-K og LINE (http://crt.dk/media/Kap5%20SAM_K%20LINE.pdf)

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

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.

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.

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

Chrintz T (2010), Forbrugerens klimapåvirkning. <http://concito.dk/arkiv.php>

Danmarks Statistik (2009). Danish Input-Output Tables and Analysis 2007