



**AALBORG UNIVERSITY**  
DENMARK

**Aalborg Universitet**

## **Bæredygtighedsvurdering af Samsø år 2011**

*med udgangspunkt i arbejdsenergi og kulstofbalance*

Nielsen, Søren Nors; S.E., Jørgensen,

*Publication date:*  
2014

*Document Version*  
Tidlig version også kaldet pre-print

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*

Nielsen, S. N., & S.E., J. (2014). *Bæredygtighedsvurdering af Samsø år 2011: med udgangspunkt i arbejdsenergi og kulstofbalance*. Samsø Energiakademi/VELUXFONDEN. [http://energiakademiet.dk/wp-content/uploads/Kulstofrapport\\_pdf\\_lowres\\_opslag.pdf](http://energiakademiet.dk/wp-content/uploads/Kulstofrapport_pdf_lowres_opslag.pdf)

### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

### **Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# Bæredygtighedsvurdering af Samsø år 2011

- med udgangspunkt i arbejdsenergi og kulstofbalance

**Bæredygtighedsvurdering af Samsø år 2011**  
– med udgangspunkt i arbejdsenergi og kulstofbalance

© Samsø Energiakademi

**Forsidefoto:**  
Malene Annikki Lundén

**ISBN:** 978-87-92274-02-1

**Research team og tekst:**  
Søren Nors Nielsen, 32581316 (fast) eller 24483316 (mobil)  
soerenorsnielsen@gmail.com  
Svend Erik Jørgensen, 44480600 (fast)  
msijapan@hotmail.com

**Design og layout:**  
Gitte Larsen, Editions/House of Futures

Trykt fra issuu i 25 ex

**Samsø Energiakademi**  
Strandengen 1  
DK - 8305 Samsø  
Tlf. 8792 1011  
E-mail: info@energiakademiet.dk  
Web: www.energiakademiet.dk

Udarbejdet med støtte af VELUX FONDEN

Februar 2014

## Indhold

<b>Forord</b>	5
<b>Bæredygtighedsanalyse og kulstofkredsløb på Samsø år 1022</b>	7
<b>1. Introduktion</b>	9
<b>2. Bæredygtighed af samfund</b>	9
2.1 Hvordan defineres bæredygtighed?	10
2.2 Arbejdsenergi	10
2.3 Skitse til metode	11
<b>3. Standardisering af metode</b>	11
<b>4. Arbejdsenergien i sektorerne</b>	13
4.1 Energisektoren	14
4.2 Den offentlige sektor	15
4.3 Den private sektor	16
4.4 Landbrug, Skovbrug og Fiskeri	16
4.4.1 Produktion og afgrøder	17
4.4.2 Husdyrhold	18
4.4.3 Skovbrug og fiskeri	18
4.5 Industri, håndværk og Handel	18
4.6 Naturen	19
4.7 Affald	19
4.8 Arbejdsenergi – balance for 2011	20
4.9 Videre mod bæredygtighed	21
<b>5. Hovedkonklusioner og anbefalinger</b>	23
<b>Kulstofkredsløbet for Samsø år 2011 – CO2-model og kulstofbalance</b>	25
1. Indledning	25
2. Kulstofmodel	25
3. Anvendelse af modellen	26
4. Kulstofbalance for Samsø	28

# Forord

## **Samsøs kulstof balance er positiv!**

Verden er i ubalance, og temperaturen stiger. Verdenssamfundet er bekymret. Der udledes for megen CO<sub>2</sub> og der regnes og beregnes på en plan for at omstille energi-forbruget og sænke CO<sub>2</sub>-udledningen. Verden har brug for løsninger.

Samsø har i 2013 i samarbejde med Søren Nors Nielsen og Sven Erik Jørgensen og med støtte fra VELUX FONDEN lavet et kulstofregnskab. Regnskabet viser, at Samsø er i stand til at binde næsten 40.000 tons kulstof per år. Hvad er så det nye i at regne i en kulstofmodel og ikke en CO<sub>2</sub>-balance?

Kulstof er mineraliseret CO<sub>2</sub> og kulstof er byggesten i biologisk vækst og omsætning. CO<sub>2</sub> omsættes til kulstof, når planter gror, og dermed bindes CO<sub>2</sub> i biologisk vækst. Vi handler med den verden, vi er en del af, og vi eksporterer kulstof primært i form af produktion af fødevarer men også i form af forarbejdede materialer, hvori kulstof er bundet. Vi importerer selvfølgelig også varer og ydelser, der indeholder kulstof, men når året er omme, og vi regner bytteforholdet igennem, er Samsø altså i stand til at binde mere kulstof, end vi forbruger. Vi vidste godt, at vi har en negativ CO<sub>2</sub>-udledning, som skyldes, at vi producerer mere CO<sub>2</sub>-fri energi, end vi forbruger. Dette overskud er for de fleste borgere temmelig abstrakt, og man kan ikke som privat borger omsætte sin CO<sub>2</sub>-besparelse i en forståelig markedsværdi. Det er godt for Danmark, og det er et positivt udsagn, som understøtter visionen om et CO<sub>2</sub>-neutralt samfund.

Kulstof er derimod særdeles værdifuldt for et landbrugssamfund som Samsø. Jordens "sundhed" afhænger i høj grad af, hvor megen biomasse/kulstof der er bundet i jorden og især i det øverst dyrkede muldlag. Jordens evne til at binde vand og næringsstoffer øges, når kulstofindholdet øges. Det sparer landbruget for dyrt indkøbte gødningsmidler, og det giver sundere planter og bedre udbytte. Når vi således fokuserer på en "vare", bliver det meget mere interessant for et samfund at få bundet CO<sub>2</sub> som kulstof. Det giver bedre tal på bundlinien og et bedre klima for jorden.

Projektet har involveret Samsø Kommune, landbruget og borgerne på Samsø. Det er ligeledes demonstreret for andre ø-samfund og regioner. Fremtidens energiregnskab har fået en ny dimension og en langt tydeligere betydning for samfundet. Danmarks Energistrategi for 2050 er at blive uafhængig af fossil energi, og Samsø stiler imod at være et fossilfrit samfund allerede i 2030. Kulstofmodellen vil være et godt redskab til at nå og forstå denne visionære plan.

Søren Hermansen, direktør  
Samsø Energiakademi

# Bæredygtighedsanalyse og Kulstofkredsløb på Samsø år 1022

Denne rapport indeholder sammenfatning af resultaterne af et projekt støttet af VELUX FONDEN og udført ved Samsø Energiakademi.

Sammenfatningen består af to afsnit. Det første omhandler udarbejdelse af en metode til bæredygtighedsanalyse baseret på begrebet arbejdsenergi, der kan gøre energi og stofstrømme sammenlignelige. Ved hjælp af bæredygtighedsanalysen kan man afgøre, om udviklingen – i dette tilfælde på Samsø – er bæredygtig, og hvad der mangler for at gøre udviklingen bæredygtig. Man kan også afgøre, hvor meget et foreslået projekt som f.eks. brugen af elbiler på Samsø vil bringe udviklingen nærmere fuldstændig bæredygtighed.

Det andet afsnit præsenterer et kulstof- og CO<sub>2</sub>-regnskab for Samsø. Samsø anvender i dag flere vedvarende energikilder – vind, sol og biomasse – men da kulstof indgår i en række processer, er det ikke en garanti for, at Samsø ikke netto udsender CO<sub>2</sub> og andre drivhusgasser. Det er derfor nødvendigt at fremskaffe en samlet oversigt over hele kulstofkredsløbet på Samsø for at kunne fastslå, hvor meget CO<sub>2</sub> Samsø udsender, og hvor meget indførelse af vedvarende energi betyder for CO<sub>2</sub>-emissionen. Kulstofkredsløbet kan endvidere anvendes til at fastslå, hvor meget et forelagt projekt som f.eks. indførelse af elbiler, vil ændre ved CO<sub>2</sub>-emissionen.

# 1. Introduktion

Rapporten indeholder udarbejdelsen af en metode til at opgøre, vurdere og monitere bæredygtighed af et samfund, det være sig en kommune, region eller stat.

Metoden er udviklet med udgangspunkt i Samsø, som herhjemme er kendt for sin indsats i forbindelse med projektet "Vedvarende Energi-Ø", der startede i 1997, og hvorunder det er lykkedes at gøre øen selvforsynende med el, hovedsageligt produceret fra vindmøller. Samtidig er en del af den opvarmning af bygninger, der tidligere foregik med oliefy, erstattet af varme fra varmekæder baseret på afbrænding af biomasse og solopvarmning.

Øen har imidlertid stadig en betragtelig import af fossilt brændstof, der er nødvendig for at opretholde vigtige funktioner såsom færgedrift, transport af varer til/fra øen, transport på øen samt opvarmning, der endnu ikke er dækket af vedvarende energi. Da fossile brændsler er endelige, må det antages, at de på et eller andet tidspunkt må erstattes af andre energier, hvis det samme niveau af aktivitet skal opretholdes. Der er altså stadig et stykke vej, før man kan betragte Samsø som bæredygtig.

## 2. Bæredygtighed af samfund

Det vil være fordelagtigt at udvikle en metode for opgørelse af bæredygtighed på et klart afgrænset system og i den henseende er øer ideelle, idet det er relativt nemt at overskue den importerede mængde af energi, der er nødvendig for at opretholde samfundets funktion, de strukturer, der forefindes, og som i sidste ende forbruger energien.

Imidlertid indebærer det faktum, at man i første omgang arbejder med et enkelt og overskueligt samfund samtidig den risiko, at man i analysen kommer til at mangle generalitet. Man er med andre ord for specifik, hvilket medfører, at man ved tilpasning til systemer på større skala nødvendigvis må tilpasse metoden til de udvidede forhold.

### 2.1 Hvordan defineres bæredygtighed?

Det er klart, at Brundtland-rapportens udsagn om at sikre fremtidige generationer samme muligheder for livsudfoldelse, som vi har haft, ikke bringer os langt på vej mod en definition. Er det eksempelvis meningen, at vi vil overbringe dem en verden

baseret på nøjagtig de samme teknologier som vi selv har anvendt? Ville det ikke være bedre at gå nye veje, nu hvor vi allerede aner, at de gamle ressourcer er ved at være opbrugt?.

Noget andet er, at streng bæredygtighed kun opnås i et samfund, der i sit eksistensgrundlag har frigjort sig helt fra afhængighed af endelige ressourcer, altså enten ikke anvender dem, eller er i stand til at forny dem tilstrækkeligt, dvs. recirkulere dem til perfektion, med anvendelse af energi fra ikke-udtømmelige kilder.

Heri ligger to problemstillinger, der må afklares, for at identificere en vej mod bæredygtighed. Først at afgøre om en ressource er vedvarende, og dernæst at afklare forholdet mellem ressourcen og den energi, der skal anvendes for at recirkulere den. For hvordan kan man sammenligne energi og stof og vægte dem overfor hinanden?

## 2.2 Arbejdsenergi

Det kan lade sig gøre at bringe alle ressourcer, dvs. både stof og energi, på den samme enhed ved at opgøre dem som arbejdsenergi. Energi kan inddeles i energi, der kan levere arbejde – arbejdsenergi – og energi, der ikke kan udføre arbejde, som for eksempel den varme, der tabes til omgivelserne, og kun er til glæde for gråspurvne. Energi kan hverken skabes eller destrueres, men bevares ifølge en af fysikkens og naturens mest fundamentale love. Imidlertid, bestemmer en anden naturlov:

- 1) at al aktivitet kræver arbejdsenergi, og
- 2) at aktivitet ubønhørligt medfører, at en del af arbejdsenergien går tabt som varme, der ikke kan udføre arbejde. Det gælder også, når vi laver en energi-form om til en anden, f.eks. kullet kemiske energi til elektrisk energi i vore kraftværker.

Arbejdsenergi er altså den del af en given mængde energi, der er bundet i stof og energi, og som er i stand til at udføre arbejde. Det er dette arbejde, vi er interesserede i at udnytte for at kunne drive vort samfund. Vi bruger ikke kun vindens energi til vindmøller, solens energi til solcelleanlæg, men også den kemiske energi, der er bundet i kul og olie til at drive maskiner til at lave elektricitet og varme.

Samfundet er interesseret i arbejdsenergi, fordi det er det, der er behov for til vore biler, køleskabe, vaskemaskiner, motorer og alle industrielle arbejdsprocesser. Det er derfor langt mere interessant at opstille et arbejdsenergieregnskab end et energiregnskab, fordi det sidste ikke tager hensyn til, om vi taber meget eller lidt arbejdsenergi, når vi veksler mellem forskellige energiformer for at udnytte arbejdsenergi til forskellige aktiviteter. Sagt på en anden måde: det er vigtigt at sørge for at vi får mest muligt arbejdsenergi ud af den energi vi tager i anvendelse, at vi taber mindst muligt som varme til omgivelserne.

## 2.3 Skitse til metode

I en bæredygtighedsanalyse opdeler vi alle de energi- og stofstrømme, der tilføres vort samfund, der cirkulerer i det og sluttelig forlader det. Ved at opgøre dem som arbejdsenergi kan samme enhed anvendes for de to typer strømme, nemlig energi-

enheder som for eksempel Joule eller kWh. Vi kan også opdele strømmene i overensstemmelse med, om hvorvidt vi anser dem for vedvarende eller ej.

Har man på denne måde opgjort sine energi- og stofstrømme vil man kunne se områder, hvor store mængder af arbejdsenergi forbruges, og hvor den anvendes med meget lille effektivitet. Det er naturligvis her man skal sætte ind med henblik på at udnytte arbejdsenergien bedre. Derfor er opgørelsen af arbejdsenergi så vigtig.

# 3. Standardisering af metode

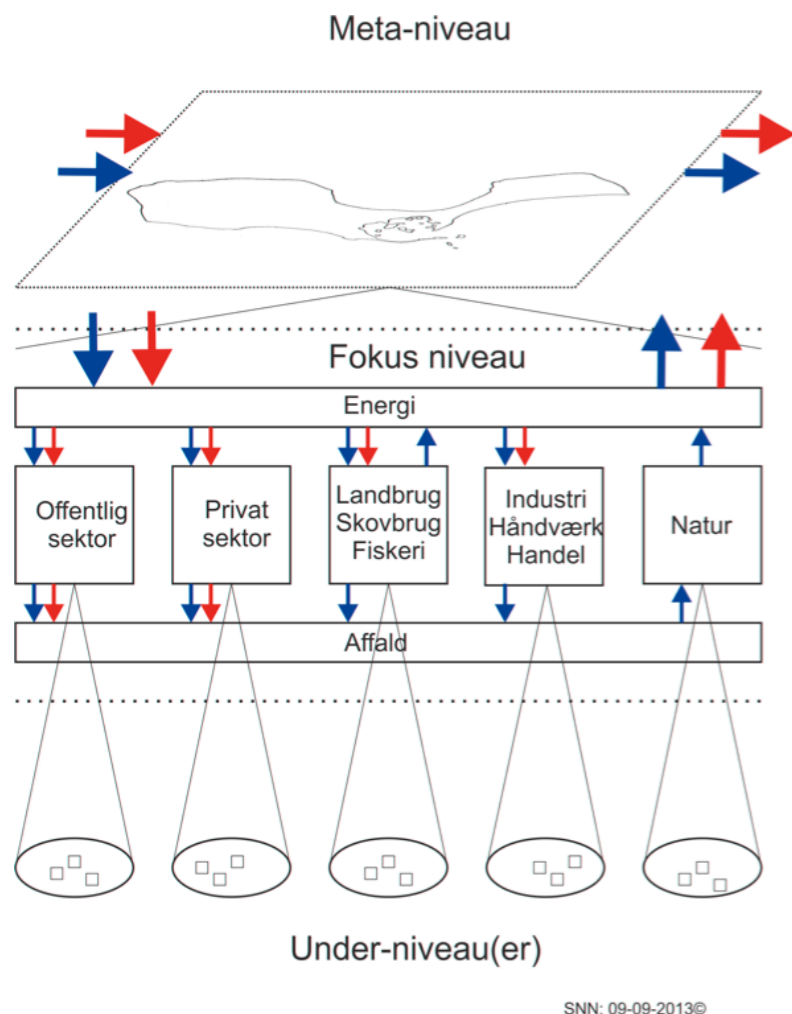
Måden at gøre et samfunds bæredygtighed op på er udarbejdet sådan, at den burde være universel. Med universel menes der, at den dels repræsenterer en opdeling af samfundet, som er genkendelig i de fleste samfund, dels at de data, der skal anvendes, også skal være tilgængelige eller nemme at udlede fra eksisterende data-kilder. Der er i den henseende taget hensyn til den måde, hvorpå der i dag indsamles data for det danske samfund, der også gør det rimelig let at udvide metoden til europæiske lande. Et grundlæggende synspunkt er, at alle aktiviteter i samfundet optager en hvis mængde plads og altså kan relateres til rumlige, geografiske data.

## A) STANDARDISERING AF SAMFUNDSOPDELING

En standardisering af samfundsmæssige aktiviteter tager udgangspunkt i de sektorer som vi normalt genkender og opdeler vort samfund i.

- En energisektor der sørger for de typer af energier der er nødvendige for driften af vort samfund.
- En offentlig sektor, der sørger for implementering af lovgivning og varetager borgernes interesser ved at tilbyde en vifte af ydelser.
- Denne sektor står overfor borgerens eksistens som enkeltperson og/eller familie, hvis aktiviteter ligger i den private sektor.
- Derudover har de fleste samfund en landbrugssektor, der fortolkes bredt, som produktions-aktiviteter, der på en eller anden måde involverer en udnyttelse af naturressourcer, dvs. landbrug, skovbrug og fiskeri.
- En industriel sektor der rummer al anden produktion, samt en række håndværk og serviceydelser (aktiviteter, der ikke tilhører landbruget eller den offentlige sektor).
- Naturen ses her som en sektor for sig, der dækker samfundets "naturlige kapital" og i vid udstrækning bidrager til samfundets opretholdelse med en række ydelser såkaldte "eco-system services", som det er helt afgørende for samfundet at bevare.

Figur 1



Figuren viser Samsø opdelt i sektorer, der tilsammen udgør samfundets aktiviteter. Overordnet laves der siden 1997 et energiregnskab, som der delvis er taget udgangspunkt i. Herudover er sektorerne med et antal underaktiviteter mht. til strømme af både energi og stof gjort op til brug for bæredygtighedsanalysen.

#### B) STANDARDISERING AF DATAINDSAMLING

Der tages ved udregningen af bæredygtighed i form af et arbejdsenergieregnskab udgangspunkt i en række eksisterende systemer og databaser. Desuden er der fremskaffet data fra en del rapporter samt speciallitteratur på området.

De fleste europæiske lande følger i dag en inddeling af landskabet, der er indeholdt i den europæiske lovgivning/direktiver og beskrevet ved en række koder, der beskriver de samfundsmæssige funktioner, der er tillagt de enkelte dele af et givet landskab (CLC, Corine Landscape codes). Den rumlige opløsning er dog ikke tilstrækkelig for en forholdsvis sikker opgørelse for mindre kommuner, men der er i vid udstrækning i dag data tilgængelige der lægger sig tæt op ad denne inddeling

i de fleste kommuner, som regel i form af kort fra Geografiske Informations Systemer (enten ArcGIS eller MapInfo).

På denne måde kan den geografisk rumlige udstrækning opgøres.

Herudover findes en del data over mængde og størrelse af bygninger og disses anvendelse i det danske Bygge- og Boligregisteret, BBR samt Ejendomsstamregistret, ESR.

Samtidig indrapporteres en del data fra både landbrug og industrisektor til diverse tilsynsmyndigheder, og det er muligt at hente de fleste informationer vedr. afgrøder og husdyrhold fra NaturErhvervsstyrelsen og Ministeriet for fødevarer, landbrug og fiskeri.

Mange af informationerne er omend væsentlige også utilstrækkelige, idet en del andre informationer er nødvendige for at kunne give en samlet vurdering baseret på arbejdsenergi. Dette gælder eksempelvis beskrivelse af praksis i forbindelse med dyrkning af afgrøder, anvendelse af eksterne og interne materialer anvendt til husdyrhold, etc.

Hertil kommer, at fremskaffelse af viden om vort samfunds infrastruktur, de mængder af materialer, der indgår heri, og disse materialers indhold af arbejdsenergi, er en meget tidskrævende proces.

Dette område kan dog optimeres, og der foreslås derfor i konklusionsafsnittet en del tiltag, der kan forbedre og lette fremtidige bæredygtighedsanalyser.

## 4. Arbejdsenergien i sektorerne

For at kunne fastsætte hvilke faktorer, der anvender og nedbryder den største mængde arbejdsenergi, må der udarbejdes et mere detaljeret regnskab for de enkelte sektorer.

Deres størrelse udgøres af den nødvendige infrastruktur, der må fastholdes for at sektoren kan udføre sin funktion. Dette er den kapital af arbejdsenergi, som samfundet har opbygget.

Dernæst er det nødvendigt at have et input for at drive sektoren og dens funktioner. Et detaljeregnskab gør det muligt at vurdere de enkelte forbrug overfor hinanden. Opmærksomheden rettes naturligvis mod de store forbrug. Dernæst bør det bedømmes om størrelsen kan nedbringes således, at samme struktur og funktion kan opretholdes med mindre arbejdsenergi.

Samme betragtning bør anvendes på alle arbejdsenergier, der forlader en sektor. Ofte anses disse for at være tabte; men en vurdering af deres potentiale i form af resterende indhold af arbejdsenergi (for eksempel temperaturen af spildvarme, der kan afgøre, om den kan anvendes) vil gøre det muligt at vurdere, hvorvidt en indsats for at anvende den resterende del er mulig.

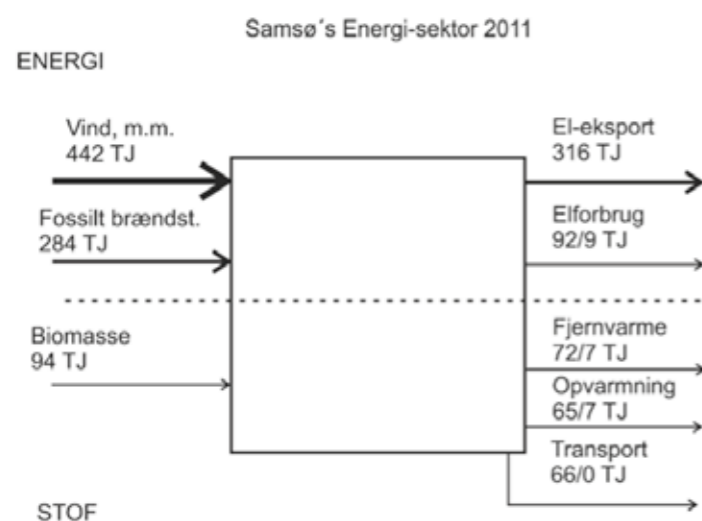


#### 4.1 Energisektoren

Et arbejdsenergibudget for energisektoren afslører umiddelbart, at denne sektor er relativt bæredygtig, idet hovedparten af elektriciteten i sektoren i 2011 leveres fra bæredygtig strømproduktion fra de 21 vindmøller opstillet på og ved øen. Elproduktionen har et nettooverskud, og overskydende elektricitet eksporteres fra øen til det nationale net. Øen har dog stadig en stor import af fossile brændsler, olie, diesel og benzin som dels går til opvarmning i de resterende oliefyr, dels til transporten på, samt til og fra øen.

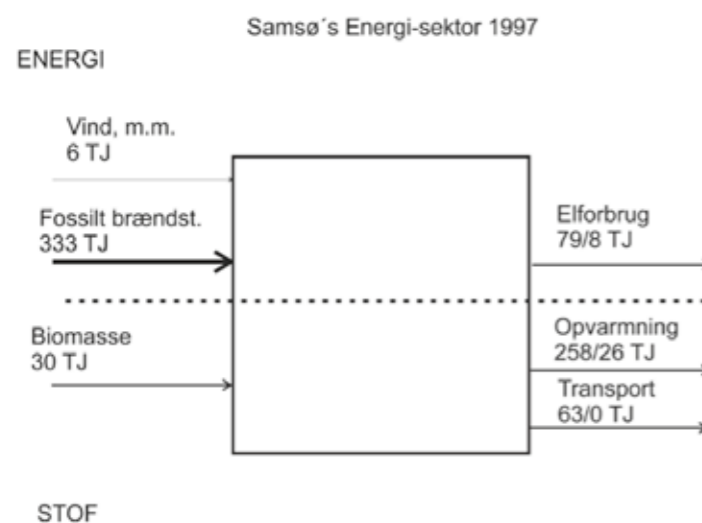
Figur 2

Samsø's energiproduktion, import, forbrug og eksport i 2011.



Figur 3

Samsø's energiproduktion, import, forbrug og eksport i 1997 for vedvarende energi-Ø projektet blev iværksat.



Den totale arbejdsenergi der skulle til for at drive øens energiforsyning kan for 2011 gøres op til 820 TJ ud af hvilke de 284 stadig kom fra fossilt brændsel, dvs. at 65% af øens energi stammer fra vedvarende kilder. I figurer adskiller en skråstreg energi/ arbejdsenergi.

Set over årene fra 1997 til 2011 har samsø forbedret sin energieffektivitet fra 60 til 81% baseret på output/input beregning, mens effektiviteten udtrykt i arbejdsenergi er vokset fra 5 til 40%.

Hertil kommer, at et energibudget som sådan ikke tager højde for den mængde arbejdsenergi, der er bundet i materialestrømme, og det er det, der rådes bod på ved den udvidede analyse i det følgende.

#### 4.2 Den offentlige sektor

Arbejdsenergien i den nødvendige infrastruktur er til gengæld forholdsvis lille (368 TJ). Dette tal er baseret på mere permanente strukturer, dvs. bygninger, idet det ikke har været muligt indenfor projektets rammer at opgøre de tilhørende nødvendige, men knap så permanente dele, eks. køretøjer.

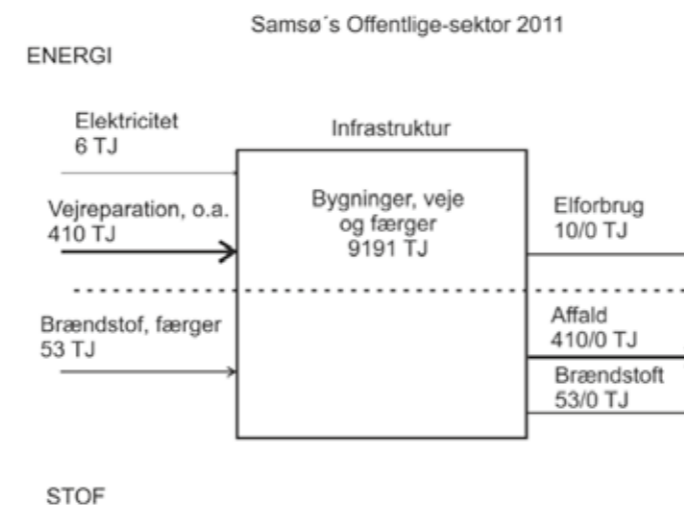
Tager man imidlertid transportfaciliteter, færge (710 TJ) og veje (8113 TJ) med i regnskabet, danner der sig et noget andet billede.

Driften af hele strukturen opretholdes af et årligt input på 473 TJ altså godt 5% af den samlede struktur. I dette tal er der ikke taget højde for fornyelse af veje og færger.

Den offentlige sektor kommer under alle omstændigheder til at fremstå som ineffektiv, idet dens produkter ikke umiddelbart har nogen stor arbejdsenergi. Sektoren har dermed kun et stort forbrug til vedligeholdelse og et output, der må vurderes som uden værdi.

Figur 4

Arbejdsenergi i Samsø's offentlige sektor 2011.



### 4.3 Den private sektor

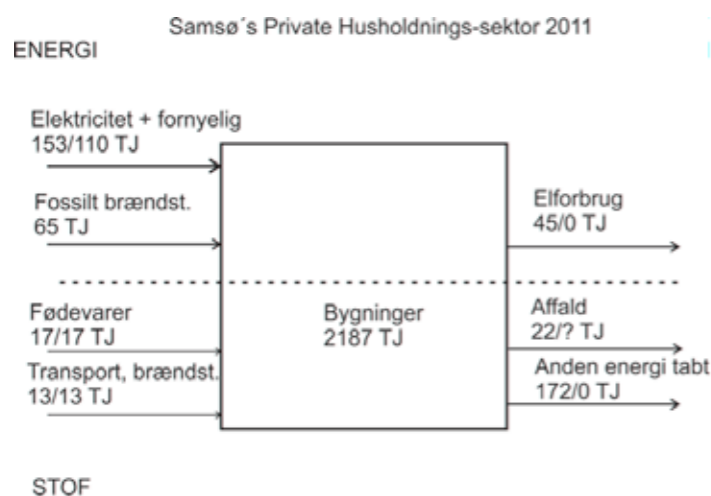
Denne sektor rummer en anseelig mængde af infrastruktur i huse, der er beboede og tilhørende bygninger. Denne del er opgjort til 2187 TJ. På Samsø må her medregnes en del bygninger, som imidlertid kun bebos en del af året. Antages en udskiftningsrate på 1% om året opnås en relativt stort input til denne sektor, som nødvendigvis bør sikres frem over.

Sektoren drives på den energimæssige side af elektricitet (45 TJ) og varme der i tilfældet Samsø i hovedsagen stammer fra selskaber drevet i offentligt regi eller af fællesskaber (65 TJ). Herudover indgår en række nødvendige input af møbler og andre brugsgoder, der er vanskelige at opgøre.

Den private sektor er samtidig forbruger af en relativ stor andel af de fossile brændsler, der forbruges på øen svarende til ca. 78 TJ, hvoraf de 13 TJ går til transport.

Figur 5

Arbejdsenergi i Samsø's private husholdninger 2011.



Energi tilført denne sektor og som stammer fra vedvarende kilder udgør 128 TJ ud af en total på 202 TJ svarende til at sektoren baseres på 63% vedvarende ressourcer.

Det giver heller ikke her megen mening at udregne en output/input effektivitet, idet hovedparten af den tilførte arbejdsenergi må anses for at være tabt, da den nedbrydes til termisk energi på niveau med omgivelserne.

Den eneste arbejdsenergi, som potentiel synes at være noget værd, er indeholdt i diverse puljer af fast affald, der i vid udstrækning stammer fra denne sektor. Den mængde organisk materiale, der står til rådighed for en evt. biogasproduktion, er estimeret til ca. 22 TJ per år.

### 4.4 Landbrug, Skovbrug og Fiskeri

Landbruget udgør arealmæssigt den største andel af de aktiviteter, der foregår på øen, idet ca. 75% er registreret som landbrug i Fødevareministeriets databaser.

Skovbruget anses for at være af så ekstensiv karakter, at det her er medtaget i beregningerne for naturen.

Det har af praktiske grunde været skønnet nødvendigt at adskille de to hovedaktiviteter - afgrødeproduktion og husdyrhold - idet de metodemæssigt ikke ligner hinanden i hverken den del af arbejdet der vedrører dataudredning eller den del der vedrører beregninger.

Der har også i vid udstrækning været anvendt teoretiske og ikke aktuelle værdier. Således er udsæd, udbytter, brændstofforbrug til jordbehandling, forbrug af kunstgødning (N,P,K) beregnet ud fra standardtal, i det omfang disse har kunnet findes. Pesticidforbruget er skønnet ud fra bekæmpelsesmiddelstatistikken for 2011. Det samme gælder også for husdyrhold, hvor eksempelvis diverse håndbøger fra Landbrugsforlaget har vist sig at være værdifulde kilder.

Anvendelse af aktuelle værdier har ikke været mulig af tidsmæssige årsager, og vil kræve at diverse databaser bliver tilrettelagt i forhold til dette formål. Dette kræver formodentlig også en afklaring af diverse forhold med hensyn til lovgivning.

De ovenstående data forefindes i øjeblikket som diverse tabeller, der med stor fordel vil kunne etableres i en database, hvorfra disse standardværdier kan hentes. Dette vil ikke mindst være en fordel mht. overskuelighed for evt. brugere.

#### 4.4.1 Produktion af afgrøder

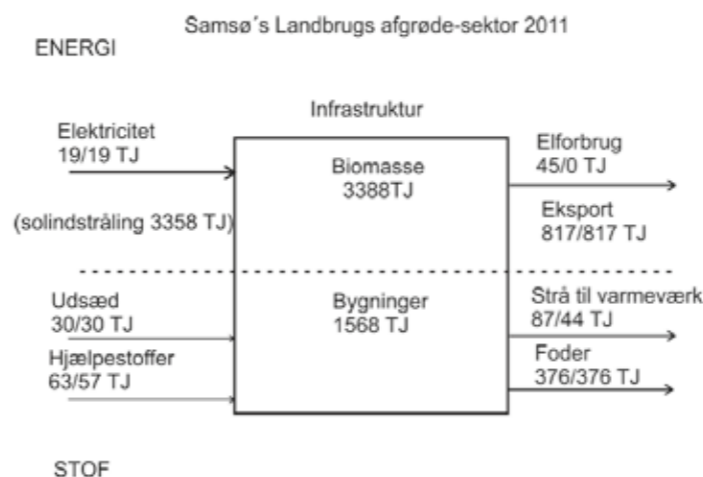
Samsø producerede i 2011 80-90 af de afgrøder eller afgrødetyper, ud af de ca. 250, der beskrives på Fødevarestyrelsens hjemmesider.

Produktion af diverse afgrøder kræver en del input som for Samsø i 2011 er beregnet at beløbe sig til: udsæd (30 TJ), elektricitet (19 TJ) og fossilt brændsel (31 TJ). Af kunstgødning (kun N,P,K medregnet) og pesticider estimeres der at være brugt 52 og 5 TJ respektive. Landbrugets samlede forbrug af arbejdsenergi er dermed 137 TJ.

For denne investering kan det teoretiske udbytte beregnes til en overjordisk biomasse svarende til 3388 TJ, der, som det altså ses, i al væsentlighed må udgøres af et input fra solen af noget nær samme størrelsesorden, - minimum 3357 TJ - beregnet som udbytte minus udsæd.

Figur 6

Arbejdsenergi i Samsø's afgrødeproduktion 2011.



Den producerede biomasse repræsenterer en værdi i produceret arbejdsenergi pr. år der er mere en dobbelt så stor som den arbejdsenergi, der er bundet op i produktionsbygninger, lader, stalde, m.m., der beløber sig til 1568 TJ.

Af dette er det beregnet at en biomasse på 817 TJ forlader øen som mere eller mindre forarbejdede produkter. (Dette inkluderer ikke råvarer, der formodentlig udgør en endnu større del). Det antages ud fra behovet for foder at 375 TJ anvendes til øens dyrehold.

I og med at en så stor del af det totale input til sektoren 3494 TJ udgøres af vedvarende energi, - ikke vedvarende energi udgør faktisk ud af dette kun 87,6 TJ - fremstår sektoren som endog meget effektiv. Dette er dog ikke en uvæsentlig post for øen, idet det er af samme størrelsesorden, som mange af de andre forbrug.

#### 4.4.2 Husdyrhold

Husdyrholdet på øen udgøres af svine- og kvæghold der udgør tæt på 100% af øens besætninger.

Arbejdsenergien indeholdt i disse besætninger beløber sig til godt 40 TJ. Antager man at denne mængde produceres ved hjælp af den mængde input af arbejdsenergi, der opgives iflg. diverse håndbøger fra Landbrugsforlaget, kræves der altså, de ovenfor nævnte 375 TJ foder og 9 TJ energi. Antages det at kun en mindre del svarende til ca. 10% af bestanden bevares til videre avl og produktion, svarer den del, der forlader øen til slagtning altså ca. 10% af den tilførte arbejdsenergi. Mælkeproduktionen udgør ca. 2,4 TJ.

#### 4.4.3 Skovbrug og fiskeri

Skovbruget på øen synes i al væsentlighed at være af lav intensitet og henregnes som tidligere angivet til natursektoren. Samtidig har den del af øens areal, der er indrapporteret som skovdrift udgjort så lille en andel af landbruget, at den er forsvindende lille i forhold til beregningerne her. Fiskeri synes ikke længere at være en væsentlig faktor på øen. En metode på området må udvikles ved undersøgelser i områder, hvor dette udgør en væsentlig undersektor.

#### 4.5 Industri håndværk og handel

Den del af øens infrastruktur, der tillægges industri, håndværk og handel, er opgjort til 753,6 TJ og svarer til ca. 15% af arbejdsenergien i bygninger, og er dermed dobbelt så stor som det offentlige, en tredjedel af den private husholdning og det halve af landbrugets infrastruktur.

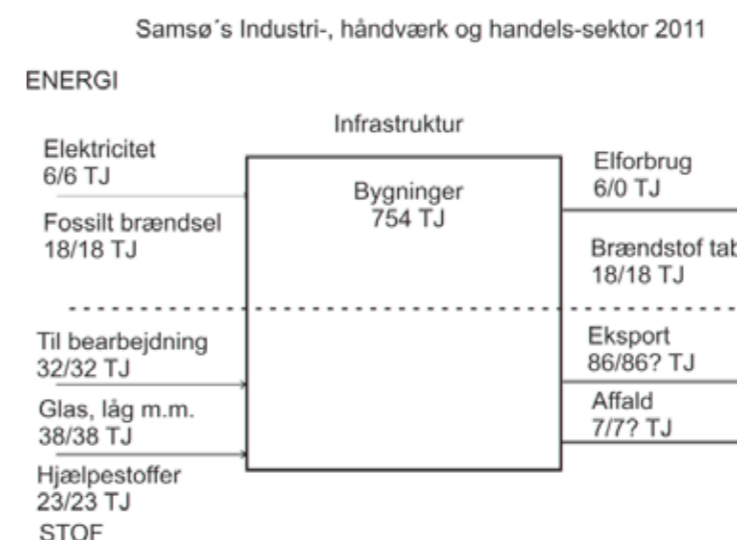
Da en stor del af det materielle forbrug af arbejdsenergi er knyttet til produktionen af konserves på Trolleborg, kommer aktiviteterne på denne fabrik til at dominere opgørelsen og således påvirke analysen. Sektoren har samlet set et forbrug af materialer og råprodukter svarende til 118 TJ, ud af hvilke 41 TJ (35%) må anses for at være afledt af ikke vedvarende ressourcer.

I kraft af at en stor del af de tilførte arbejdsenergier også fraføres systemet med en bevaret (evt. øget) indhold af arbejdsenergi, fremtræder produktionen som effektiv i output/input henseende.

Affald, der kan anvendes til biogas på øen opgøres til et sted mellem 7-48 TJ, og er altså i størrelsesorden med husholdningsaffaldet. En pulje på 7 TJ tilbageføres i dag til omkringliggende marker.

**Figur 7**

Arbejdsenergier i Samsø's frie erhverv 2011.



#### 4.6 Naturen

Samsø har betydelige naturarealer, der er af stor betydning for beboerne men som også formodes at danne grundlag for en stor del af øens turisme. Naturarealerne omfatter vigtige økosystemer og flere små biotoper, som det er vigtigt at bevare, fordi de er vigtige som buffer-zoner mellem landbrug og bebyggelse. Naturen giver endvidere en række ydelser, der sammenfattes under betegnelsen Ecosystem Services. En del af naturen er beskyttet og indgår i et større Natura 2000 område, Besser Rev, Stavns Fjord og den tilstødende del af Kattegat.

Den samlede arbejdsenergi indbygget i naturen, "den naturlige kapital", er opgjort til ca. 6562 TJ. Denne opstår og vedligeholdes på baggrund af et bidrag fra fotosyntesen svarende til 416 TJ og svarer altså til en S/I effektivitetsfaktor på ca. 16. Dvs. en temmelig stor biomasse, der understøttes at en relativ lille produktion. Dette skyldes den meget store andel af skov på øen.

#### 4.7 Affald

Omend det ikke var en del af det oprindelige projekt at vurdere værdien af affald på øen, er der imidlertid gjort et spinkelt forsøg på at vurdere de eventuelle værdier af arbejdsenergi bundet heri. Affaldet er ikke umiddelbart interessant, idet det i 2011 fortrinsvis blev eksporteret til afbrænding på fastlandet; men med de påbegyndte diskussioner om Samsø som "fossilfri" Ø, omlægning af færgernes forbrug fra diesel og planerne om evt. at bygge et biogasanlæg, er det klart, at dette affald kan få en central placering i en omstilling til "fossilfrit" samfund.

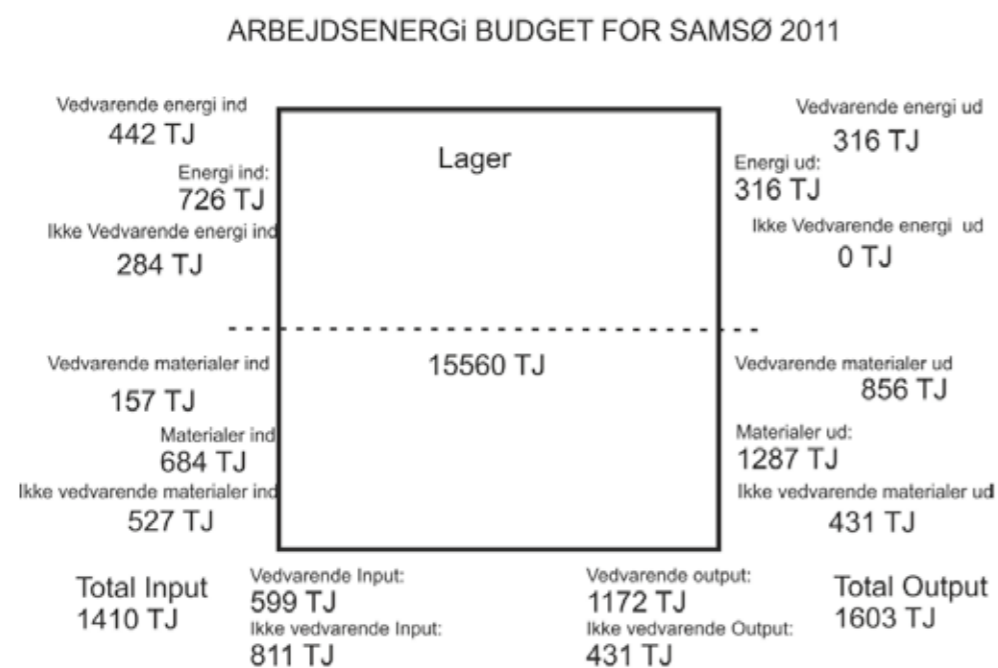
Affaldet vurderes til at repræsentere omtrent 187 TJ. En mindre del af affaldet formodes at kunne bidrage til en biogasproduktion (ca. 32 TJ) sammen med ca. 8 TJ haveaffald. Dette estimat er i samme størrelsesorden, omend næsten dobbelt så stort som vurderet under de private husholdninger.

#### 4.8 Arbejdsenergi - balance for 2011

De tilførte energier der er nødvendige for at drive samfundet Samsø i 2011 og de deraf afledte eksporter af energi og varer kan samles i et diagram (se figur). Heri er al energi og stofstrømme vist - arbejdsenergi i energier i øverste halvdel og arbejdsenergi i materialer i nederste. Begge er opdelt i vedvarende og ikke vedvarende bidrag. Inputs er vist på venstre side - outputs på højre.

Det ses at samfundets infrastruktur (lager), i dette tilfælde udgøres det for det meste af bygninger og veje, er beregnet til at være relativt højt 15560 TJ. Denne infrastruktur skal vedligeholdes. I denne opgørelse er der kun medtaget bidraget fra veje der har den hurtigste udskiftning.

Figur 8



Arbejdsenergi tilført (venstre del) og fraført (højre del) Samsø i 2011. Øverste del af figuren viser arbejdsenergi i rene energier, mens den nederste del vedrører arbejdsenergi i materialer. Begge er opdelt i forhold til, hvorvidt arbejdsenergien må betragtes som stammende fra vedvarende henholdsvis ikke vedvarende ressourcer. Alle strømme er angivet på årsbasis, dvs. egentlig TJ per år.

Figuren viser at energi dominerer i driften af samfundet idet der heri er indeholdt 726 TJ i forhold til 684 TJ der tilføres i materialer. Af det hele stammer imidlertid 599 TJ fra vedvarende og 811 fra ikke vedvarende ressourcer. På outputsiden dominerer materialer, der hovedsagelig udgøres af varer fra landbruget og affald, der eksporteres fra øen. Sammen med den relativt store eksport af elektricitet fra vindmøller betyder det, at det er vedvarende arbejdsenergi, der dominerer.

For at et samfund kan siges at være bæredygtigt bør den simple arbejdsenergibalanc være større end eller lig nul, dvs. at der ikke fraføres mere, end

der tilføres. I dette tilfælde er balancen negativ hvilket skyldes to ting. Dels er den store import af arbejdsenergi fra solen, og som bidrager til den store produktion af landbrugsafgrøder, ikke medregnet, dels er det i vid udstrækning denne produktion der eksporteres. Samtidig er den store eksport af strøm fra den vedvarende energiproduktion med til at bidrage til bæredygtighed andetsteds. Arbejdsenergi balancen er beregnet til 1603-1410 TJ = 193 TJ per år.

De 193 TJ per år eksporteres til fordel for resten af Danmark, der vinder de 193 TJ pr år, ovenikøbet som vedvarende energi. Samsø mister dog samtidig denne mængde at gøre godt med i sit interne regnskab.

Fire indikatorer kan tjene til at fastlægge bæredygtighed:

- 1) En struktur-indikator, der siger noget om hvor stor en struktur der skal oprettholdes og hvilke omkostninger dette måtte have i form af arbejdsenergi. Denne bestemmes som struktur divideret med import af arbejdsenergi, i dette tilfælde  $15560/1410$ , hvilket svarer til en faktor 11. Dette betyder at der opretholdes en struktur der er 11 gange større end importen, og at den nødvendige import for at drive samfundet udgør 9% af strukturen.
- 2) Forholdet mellem vedvarende til ikke vedvarende arbejdsenergi, som i dette tilfælde er opgjort til 599 og 811 respektive. Dette giver altså et forhold på  $599/811 = 0,73$  svarende til at vedvarende energier er 73% i forhold til de ikke vedvarende energier, der driver samfundet.
- 3) Andelen af vedvarende energi af den samlede energi tilført øen - der i dette tilfælde kan beregnes til  $599/1410 = 0,43$  - og betyder at 43% af de arbejdsenergi, der tilføres øen, udgøres af vedvarende energi- og stof-strømme.
- 4) En udbytte/import indikator, der jvf. ovenstående bemærkninger bør holde sig på 1 eller derunder. I dette tilfælde er indikatoren  $1603/1410$  og altså 1,14.

Beregnes den mængde arbejdsenergi som indgår i energiregnskabet, må der medregnes ekstra 94 TJ per år. Denne mængde stammer fra afbrænding af biomasse, men som i denne opgørelse er medregnet i den del, der vedrører materialer. Herved bliver arbejdsenergien samlet 820 TJ per år og den andel der stammer fra vedvarende arbejdsenergi 536 TJ per år, hvilket betyder at 65% af energikredsløbets arbejdsenergi er baseret på arbejdsenergi, der stammer fra vedvarende ressourcer.

#### 4.9 Videre mod bæredygtighed

Som det fremgår af ovenstående præsterer Samsø i 2011 et pænt overskud af produktion af el hidrørende fra de etablerede vindmøller. Man har på øen planer om at gøre sig fri af fossile brændsler (i 2030), og det er klart, at der ligger en del potentialer i selv at benytte dette overskud. Samtidig er man ved at overgå til en mere energieffektiv og miljøvenlig færgedrift på ruten Koldby Kås - Kalundborg.

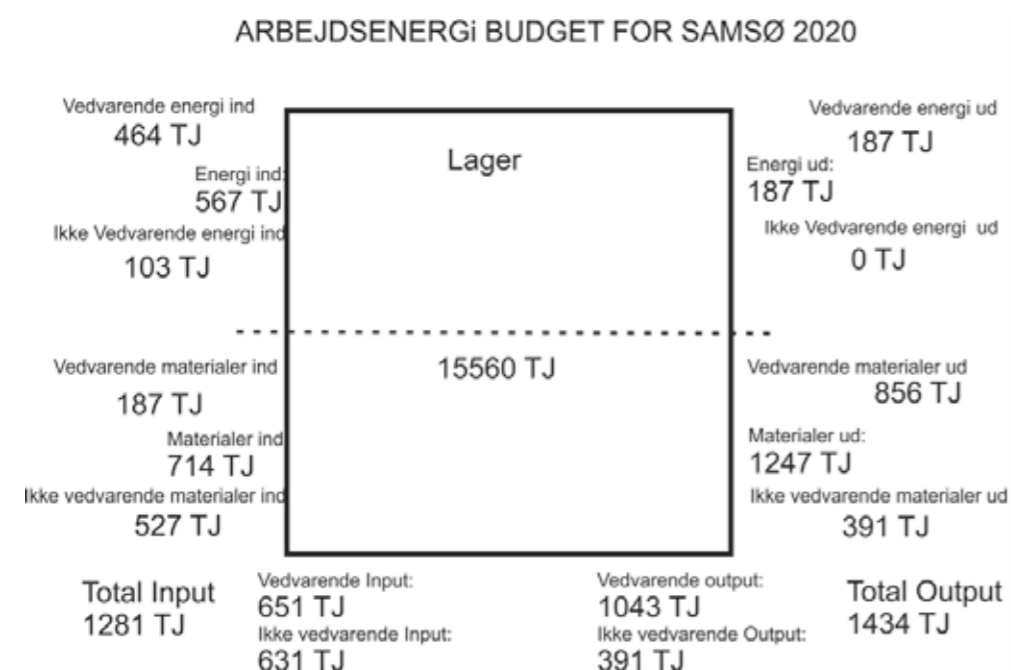
På basis af ovenstående er det muligt at opstille et scenarie, som det burde være muligt at forestille sig situationen i år 2020. Dette forudsætter følgende:

- 1) En 5% stigning i produktion af bæredygtig elektrisk energi, fra nye møller og solcelleanlæg
- 2) En omstilling, der går på at al fossilt brændsel anvendt til biler, oliefyr (opvarmning) og industri erstattes med energi fra elektricitet og



3) At ca. 1/3 af den energi, der i dag anvendes til færgedrift erstattes af elektricitet og bio-brændsel, baseret på affald og andre organiske produkter fra øen. Denne situation er fremstillet i følgende figur.

Figur 9



Arbejdsenergibalancen for Samsø under det hypotetiske scenarie, der består af 5% øget vedvarende energi produktion, omlægning af biltransport, varme og industrielt forbrug af diesel til el, og med en omstillet færgedrift.

Med fastholdelse af den samme størrelse af infrastruktur (lager), ses det at man i 2020 er i stand til at opretholde samme struktur for mindre input. Samtidig stiger andelen af vedvarende inputs fra 43% til 51% samtidig med, at en relativ mindre mængde af arbejdsenergi forlader øen. Alt i alt betyder dette at de ovenstående aktiviteter, hvis de iværksættes, vil bringe øen tættere på at være bæredygtig.

Den totale arbejdsenergibalancen er stadig negativ -153 TJ per år, hvilket dog er bedre end situationen i 2011. Dette skyldes bidraget fra organisk brændstof i forbindelse med omlægning af færgedriften. Derudover gælder samme betingelser som ovenfor også for dette scenarie. Samme forhold gælder som i det ovenstående for situationen i 2011. De 153 TJ er til gavn for Danmark, men mangler på Samsø.

Det fire indikatorer udvikler under antagelse af scenariet til:

1) Struktur indikator, udvikler sig til en faktor 12, dvs. at samme mængde infrastruktur opretholdes for en mindre import, hvilket må fortolkes som en øget samfundsmæssig bæredygtighed. Den nødvendige import for at drive samfundet udgør nu kun 8,2 % af strukturen. Det er altså blevet billigere at bevare bæredygtigheden, da den kræver mindre tilførsel af ressourcer.

- 2) Forholdet mellem vedvarende til ikke vedvarende arbejdsenergi, vil udvikle sig til  $651/630 = 1,03$ , hvilket må fortolkes som en stor forbedring i forbindelse med bæredygtighed idet vedvarende ressourcer nu dominerer over ikke vedvarende.
- 3) Andelen af vedvarende energi af den samlede energi tilført øen - der i dette tilfælde kan beregnes til  $651/1281 = 0,51$  - hvilket betyder at 51% af de arbejdsenergier, der tilføres øen, udgøres af vedvarende energi- og stofstrømme. Ligeledes et klart fremskridt i en bæredygtig retning.
- 4) Udbytte/import-indikatoren har ændret sig en anelse til 1,12. Udviklingen repræsenterer også en udvikling i bæredygtig retning omend, der stadig eksporteres mere, end der importeres.

En øget import af vedvarende arbejdsenergi, eksempelvis ved yderligere dyrkning af efterafgrøder i en mængde svarende til 5000 tons kulstof per år, ville tilføre Samsø's arbejdsenergi-regnskab yderligere 180-190 TJ. Dette skulle være tilstrækkeligt til at gøre Samsø's regnskab bæredygtigt hvad angår udbytte/import indikatoren.

Den samlede arbejdsenergi fra vedvarende energi- og stofstrømme beløber sig i dette scenarie til 598 TJ per år ud af samlet 701 TJ per år, hvilket betyder at godt 85% af øens energikredsløb på dette tidspunkt vil komme fra vedvarende arbejdsenergi. Tilbage resterer for energiregnskabets vedkommende at erstatte de 103 TJ per år, med vedvarende bidrag inden den endelige målsætning om at være uafhængige af fossile brændsler i 2030 kan opfyldes.

Samtidig står det også klart, at det dermed bliver den til stadighed nødvendig tilførsel af materialer, der i vidt omfang stammer fra ikke vedvarende ressourcer, der kommer til at udgøre de største udfordringer for øen fremover.

## 5. Hovedkonklusioner og anbefalinger

Det er lykkedes at udarbejde en masterplan for udarbejdelsen af arbejdsenergi-regnskaber, der i vid udstrækning kan anvendes på mindre samfund. Det er muligt med metoden at kortlægge puljer, energi- og stofstrømme i form af arbejdsenergi. En sådan opgørelse er meget anvendelig i forbindelse med omstilling af et samfund i en bæredygtig retning, idet det direkte peger på de områder i vort samfund, der er dominerende mht. forbrug af arbejdsenergi, og dermed bør være oplagte mål for en øget opmærksomhed og indsats for at forbedre regnskabet for arbejdsenergi.

Nogle nøgletal for Samsø 2011 kan findes i følgende tabel, der viser:

- 1) de importerede mængder af arbejdsenergi til hver sektor,
- 2) arbejdsenergi tilført hidrørende fra ikke bæredygtige ressourcer,
- 3) sektorens størrelse og
- 4) den resulterende arbejdsenergi, der potentielt kan udnyttes.

# Kulstofkredsløbet for Samsø år 2011 – CO<sub>2</sub>-model og kulstofbalance

Tabel 1

Sektor	Arbejdsenergi tilført	Tilført - ikke vedvarende	Arbejdsenergi i infrastruktur	Arbejdsenergi Produceret/-eksporteret	Bemærkninger
Energi	820	284	io	316	infrastruktur ikke opgjort
Offentlig	472	450*	9191	0	*estimeret
Privat	205	78	2187	22	kun bygninger i infrastruktur
Afgrødeproduktion	137	88	1568	817	tilførsel uden solens bidrag
Husdyrhold	376	ej bestemt	40	200	heraf 162 som naturgødning
Industri m.m.	65	41	754	94	kun 7 TJ som slam
Natur	-	0	6562	0	terrestriske økosystemer

Tabellen giver en oversigt over tilført og fraført arbejdsenergi for hver sektor samt dennes størrelse for de seks standardsektorer anvendt i analysen (alle tal i TJ).

Det skønnes, at metoden umiddelbart – på grund af det grundlæggende generelle perspektiv, der er anlagt – kan opskaleres til at belyse bæredygtighedssituationen i større kommuner, regioner og under nationale forhold.

Samtidig er der under udvikling af metoden i vid udstrækning taget hensyn til tilgængeligt datamateriale og diverse forordninger og direktiver udstedt af EU, og en bæredygtighedsanalyse af ovenfor nævnte karakter vil altså kunne udføres på de fleste europæiske nationer, der har implementeret gældende lovgivning.

Vort samfund er i dag imidlertid så komplekst og under stadig forandring, at den konstante trang til ændringer nemt kommer til at blokere for en umiddelbar anvendelse af data, og i mange tilfælde er det sådan, at data er tilrettelagt med andre formål for øje end vurdering af bæredygtighed. Et eventuelt fremtidigt arbejde med denne type af bæredygtighedsvurdering er imidlertid blevet gjort lettere med fremskaffelsen af den mængde data, der er blevet tilvejebragt i forbindelse med projektet. Mængden af data har imidlertid været så stor, at det ikke umiddelbart skønnes muligt at fremstille et ægte brugervenligt værktøj på den nuværende platform, der hovedsageligt består af regneark, som det kræver et stort overblik at anvende.

En mere enkel konstruktion for fremtiden vil være at organisere data i en eller flere databaser.

En simpel brugerflade anvendes til at forenkle antal af nødvendige oplysninger, som det er nødvendigt at indtaste, data ekstraheres fra database, der beregnes, og bæredygtighedsanalyse vises på skærm eller udskrives til fil.

## 1. Indledning

Næsten al forbrug af energi på Samsø i dag er vedvarende energi. Forbruget af fossilt brændsel er i dag cirka 20% af forbruget i 1997 – det år da Samsø vandt konkurrencen om at blive Danmarks vedvarende energi ø. Forbruget i 1997 medtager det fossile brændsel som ville være nødvendigt til fremstilling af den elektricitet, som i dag genereres som vindenergi på Samsø. I løbet af det første tiår af dette århundrede er cirka 80% af forbruget af fossilt brændsel blevet erstattet af vedvarende energi på Samsø og samtidig er 28 millioner kWh per år blevet eksporteret som elektricitet produceret af vinden. Et nøglespørgsmål i den forbindelse er: Hvad betyder denne udvikling for reduktionen i emissionen af kuldioxid og andre drivhusgasser fra Samsø? Vi vil også gerne vide, hvilke muligheder vi eventuelt har for at reducere kuldioxid (CO<sub>2</sub>) emissionen yderligere, hvilket er et andet nøglespørgsmål.

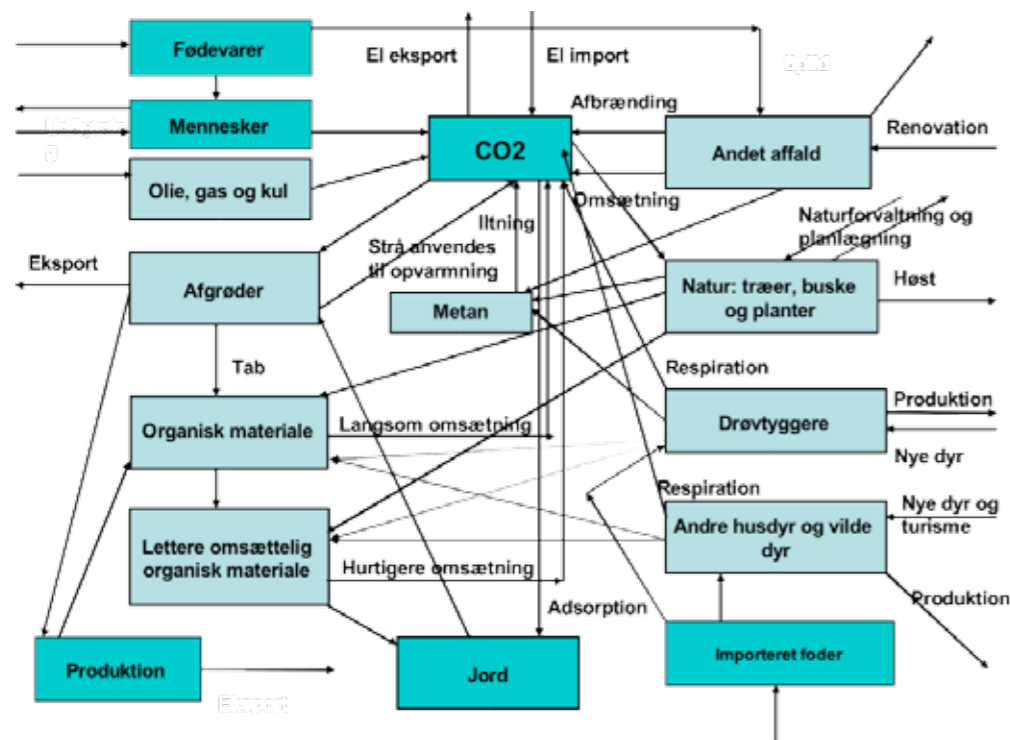
Når vedvarende energi erstatter fossilt brændsel (kul, olie, gas) forventes det, at kuldioxid-emissionen reduceres; men det er ikke nødvendigvis altid tilfældet, fordi der er en række andre processer, som kan emitte eller optage kuldioxid. Kulstofforbindelser i jord kan nedbrydes og producere kuldioxid, og planter, træer og buske optager kuldioxid fra atmosfæren, når de vokser ved en række processer, som vi tilsammen benævner fotosyntese.

## 2. Kulstofmodel

Vi bliver derfor nødt til at fastlægge alle de væsentlige processer på Samsø, som kulstof deltager i og sætte dem sammen i en model (billede) af hvordan kulstof indgår i et samlet kredsløb på Samsø. Kun ved at udvikle en samlet kulstofmodel for Samsø, omfattende alle de væsentlige processer i hvilke kulstof indgår, kan vi give svar på de to opstillede nøglespørgsmål. Kulstof indgår i en række levende og ikkelevende komponenter på Samsø og i alt 26 kulstofpuljer er anvendt i en model, som er opstillet for kulstof kredsløbet på Samsø:

- landbrugsafgrøderne (korn, majs, kartofler, løg, grøntsager og bær),
- husdyr (hovedsageligt køer, grise, lam og fjerkræ)
- naturområder (skov, vådområder, hede og græsarealer)
- produktion af grøntsagskonserves
- mennesker, fastboende og turister
- forskellige kulstoffraktioner i jord (både langsom og hurtigt omsætteligt kulstofforbindelser)
- fossilt brændsel og strå og træflis opsamlet for at blive anvendt til opvarmning

Figur 1



Kulstofmodellen med 15 kulstofpuljer. Modellen indeholder 26 kulstofpuljer men for at forenkle figuren er nogle puljer slået sammen, for eksempel alle landbrugsafgrøderne.

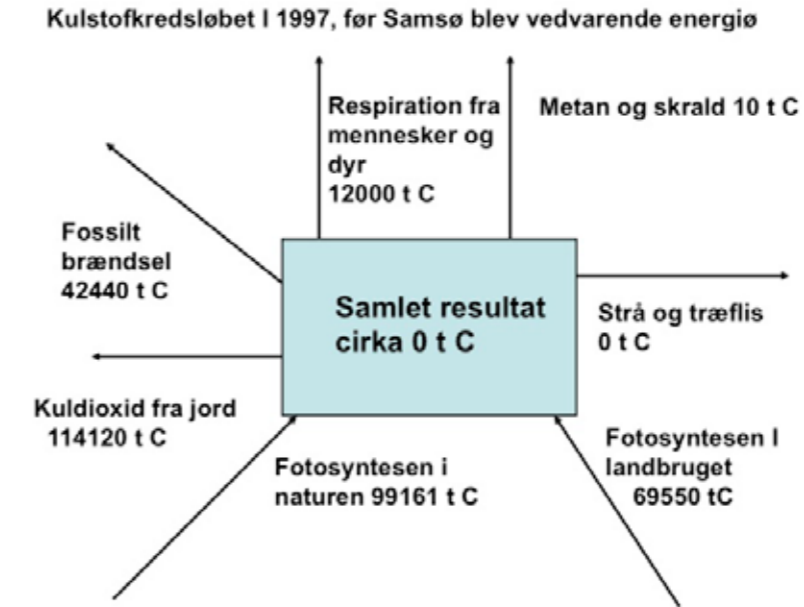
Der overføres kulstof til og fra de forskellige kulstofpuljer, processer, der naturligvis må indgå i kulstofmodellen. Figur 1 viser hvorledes kulstof modellen er opbygget; men for ikke at gøre figuren for kompleks er nogle af kulstofpuljerne for eksempel de forskellige landbrugsafgrøder slået sammen.

### 3. Anvendelse af modellen

Modellen har været anvendt til at besvare det første nøglespørgsmål. Figur 2 viser kulstofkredsløbet før 1997 under forudsætning af, at den elektricitet som fremstilles på Samsø i dag som vindenergi var blevet fremstillet på et kulfyret kraftværk. Den hertil svarende mængde af fossilt brændsel er adderet til den mængde, der anvendes i dag. Det er endvidere antaget, at strå efter høst dengang blev nedpløjet, hvilket reducerede mængden af kuldioxid emission i forhold til i dag.

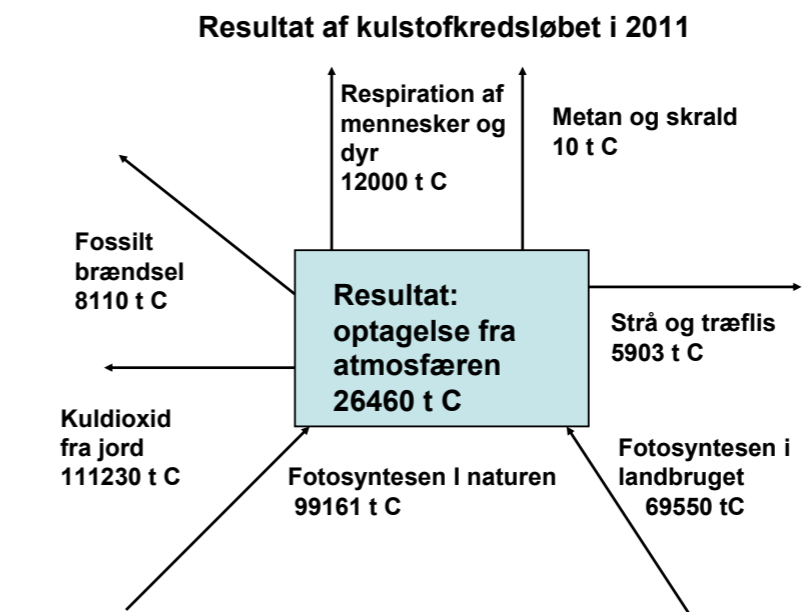
Figur 3 viser kulstofkredsløbet i dag (år 2011). En sammenligning mellem figur 2 og 3 muliggør en besvarelse af det først stillede spørgsmål. I dag dækkes elforbruget af vindenergi, der oven i købet er i overskud og eksporteres, medens en væsentlig del opvarmningen klares med vedvarende energi i form af biomasse og solvarme. Resultatet er, at Samsø nu fjerner 26.460 t kulstof i form af kuldioxid fra atmosfæren – det vil sige, at der fjernes dermed 97 000 t kuldioxid per år. Det kan konkluderes, at Samsø takket været introduktionen af vedvarende energi hvert år fjerner cirka 97.000 t af drivhusgassen kuldioxid fra atmosfæren.

Figur 2



Kulstofkredsløbet for Samsø i 1997, før introduktion af vedvarende energi. Resultatet af modelanvendelsen viser at optagelsen af kuldioxid ved fotosyntese i landbruget og naturen er i balance med emissionen af kuldioxid fra anvendelsen af fossilt brændsel + respiration af mennesker, dyr og jord, emission af metan og nedbrydning af skrald.

Figur 3

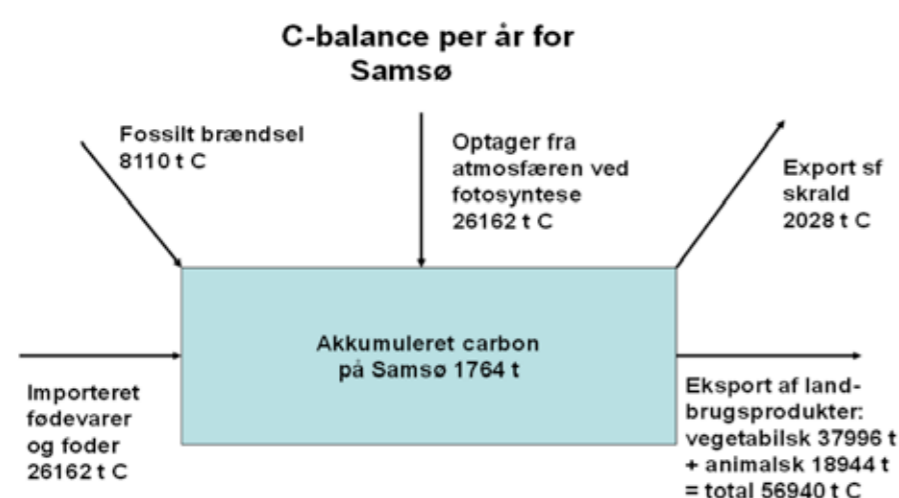


Kulstofkredsløbet for Samsø i 2011. Det samlede resultat af fotosyntesen er at Samsø fjerner 26.460 t kulstof som kuldioxid efter fradrag af emissionerne af kuldioxid fra fossilt brændsel, strå, respiration af mennesker og dyr, træflis, metan og skrald

#### 4. Kulstofbalance for Samsø

Kulstofmodellen har også gjort det muligt at opstille en kulstofbalance for Samsø. Figur 4 viser, hvorledes kulstofbalancen ser ud i dag. 1.764 t kulstof ophobes per år på Samsø; men det er kun en lille del af alt det kulstof, som naturen og landbruget optager ved fotosyntesen. 56.940 t kulstof eksporteres fra øen som landbrugsprodukter. En tilsvarende mængde kuldioxid vil blive fremstillet i de byer, som køber og spiser Samsøs landbrugsprodukter.

Figur 4



Figuren viser kulstofbalancen for Samsø i dag. Resultatet er en akkumulering af kulstof på øen svarende til 1764 t C, hvilket er mindre end 2% af den samlede optagelse af kulstof ved fotosyntesen i naturen og i landbruget. Det ville være en fordel for jordkvaliteten i landbruget på Samsø, hvis dette tal kunne øges.

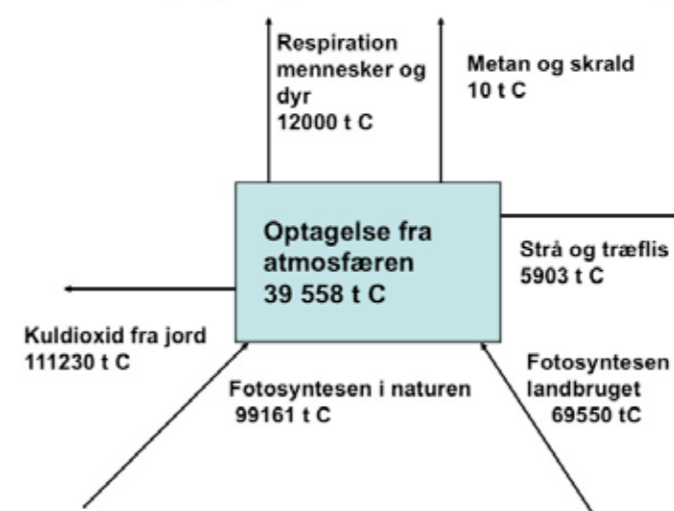
Figur 5 viser kulstofmodellens anvendelse til at besvare det andet nøglespørgsmål. Beregningerne antager, at Samsø er fuldstændig fri for anvendelse af fossilt brændsel, som det er planlagt fra år 2020 og at der anvendes efter-afgrøder (fortrinsvis græs) i vintermånederne svarende til 5.000 t kulstof. Figur 5 viser, at hvis disse to tiltag indføres, vil Samsø fjerne næsten 40.000 t kulstof som kuldioxid fra atmosfæren. Der er altså gode muligheder for at forøge optagelsen af kulstof yderligere på Samsø

Figur 6 viser kulstof balancen for Samsø, når øen er fri for fossilt brændsel og anvender 5.000 t C som efter afgrøder. Bemærk, at Samsø nu optager mere kulstof fra atmosfæren end svarende til forskellen mellem eksport og import, som er cirka 30.000 t C / år. Det betyder, at Samsø mere end kompenserer for den mængden kuldioxid som deres landbrugsprodukter fremstiller, når de anvendes som fødemidler andre steder – hovedsageligt i Danmarks større byer.

Modellen vil i den kommende tid blive anvendt som et stærkt management redskab. Det diskuteres for eksempel at anvende en del af øens organiske affald

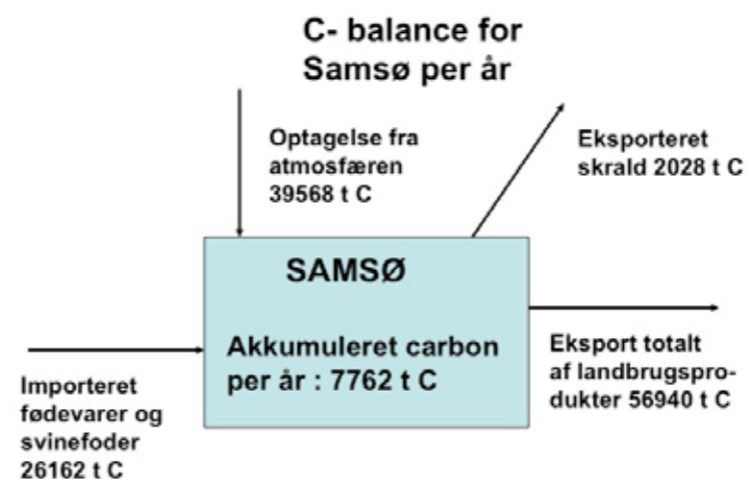
Figur 5

#### Kuldioxid optagelse per år ved fossil fri ø + efterafgrøder



Fossil fri ø og anvendelse af efter-afgrøder svarende til 5.000 t kulstof, vil give en samlet kulstofoptagelse fra atmosfæren på næsten 40.000 t kulstof som kuldioxid.

Figur 6



Figuren viser den årlige kulstofbalance for Samsø, når øen bliver fossil fri + indfører anvendelse af efter afgrøder svarende til 5.000 t C/år. Bemærk, at Samsø nu optager mere kulstof fra atmosfæren end svarende til forskellen mellem eksport og import, som er cirka 30.000 t C / år. Det betyder, at Samsø mere end kompenserer for den mængden kuldioxid som deres landbrugsprodukter fremstiller, når de anvendes som fødemidler andre steder – hovedsageligt i Danmarks større byer.



til fremstilling af biogas. Modellen kan i den forbindelse anvendes til at finde, hvor meget kuldioxid-optagelsen fra atmosfæren ændres ved brug af forskellige kombinationer af organisk affald – gylle, kokasser, konservesfabrikkens affald, energiafgrøder, strå og så videre – til fremstilling af biogas. Modellen anvendes i den forbindelse på linje med økonomiske beregninger til at tage beslutning om hvilken løsning af flere mulige, der kan reducere kuldioxid-emissionen mest.

**Samsø Energiakademi**

Strandengen 1

DK - 8305 Samsø

Tlf. 8792 1011

E-mail: [info@energiakademiet.dk](mailto:info@energiakademiet.dk)

Web: [www.energiakademiet.dk](http://www.energiakademiet.dk)