

DEN DANSKE BIORESSOURCE

Dokumentationsrapport CONCITO

København, maj 2024

Den danske bioenergiressource
Dokumentationsrapport CONCITO

København, maj 2024

Copyright: Reproduktion af denne publikation helt eller delvist skal inkludere den sædvanlige bibliografiske citation og inkludere forfatter, rapporttitlen, etc.

Forfattere: Alexandra O'Sullivan Freltoft og Ida Græsted Jensen

Publiceret af: Energy Modelling Lab, Refshalevej 163A, 1432København K

Anmod om rapport: <https://energymodellinglab.com/>

Indhold

| | | |
|----------------|---|-----------|
| 1 | INTRODUKTION | 1 |
| 1.1 | KONSEKVENSER OG SYNERGIER MELLEM POLITISKE VIRKEMIDLER | 1 |
| 1.2 | MODELOPBYGNING | 1 |
| 1.3 | MODELLEN INKLUDERER | 2 |
| 1.4 | FRAVALG I MODELLEN | 3 |
| 2 | OPBYGNING AF MODELLEN | 5 |
| 2.1 | OPBYGNING AF SCENARIER..... | 5 |
| 2.2 | HOVEDFILEN (DK-BIORES) | 14 |
| 3 | AVANCEREDE ÆNDRINGER I MODELLEN | 20 |
| 3.1 | TILFØJELSE AF NYE RÅVARER | 20 |
| 3.2 | TILFØJELSE AF NYE PROCESSER | 21 |
| 4 | SAMMENLIGNING MED STATISTIK | 22 |
| 4.1 | IMPORT AF BIOMASSE | 22 |
| 5 | UDVIKLING AF MODELLEN FOR CONCITO 2023 | 23 |
| 5.1 | VIDEREUDVIKLING AF MODELLEN..... | 23 |
| 5.2 | SCENARIER..... | 24 |
| BILAG A | FULDT OVERBLIK OVER MODELLENS PROCESSER OG RÅVARESTRØMME | 26 |
| BILAG B | DOKUMENTATION FOR UDVIDELSE DECEMBER 2021 | 27 |
| | TRÆ: ENHED FRA M ³ TIL TON | 27 |
| | NY TABEL TIL RESUMÉ-ARKET..... | 28 |

1 Introduktion

Formålet med denne rapport er at introducere modellen over Danmarks bioressourcer (DK-BioRes), der er udviklet af Energy Modelling Lab i et projekt for Energistyrelsen og finansieret via Bioenergi Taskforcen.

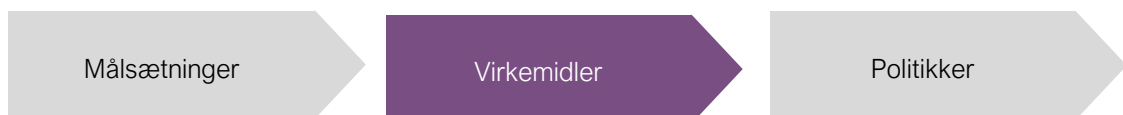
Modellen beskæftiger sig med de helt store spørgsmål inden for jordbrug. Hvordan kan Danmarks jordbrug blive CO₂-neutralt? Hvordan skal det begrænsede danske areal fordeles? Hvordan udnytter vi de tilgængelige danske biomasseressourcer?

1.1 Konsekvenser og synergier mellem politiske virkemidler

Modellen kan bruges til at lave scenarieanalyser og viser konsekvensen af forskellige politiske virkemidler inden for landbrug, havbrug, skovbrug, forbrugeradfærd og biomasse forbrug inden for primært energisektoren.

Inden for politiske beslutninger opererer man på tre niveauer. De overordnede målsætninger, f.eks. at Danmark i 2030 skal opnå en 70% reduktion af drivhusgasudledning ift. 1990, og at Danmark skal være drivhusgasneutral i 2050. Derefter skal man beslutte sig for hvilke virkemidler man vil tage i brug for at opnå de målsætninger, det kunne f.eks. være 25% af Danmarks areal skal være skov, eller at en given andel af al animalsk gylle skal forarbejdes i et biogasanlæg i 2030. For at føre målsætningerne og virkemidlerne ud i samfundet skal der derefter vedtages en række politikker, hvilket eksempelvis kunne være en skovfond til opkøb af jord til skov, investeringer i biogasinfrastuktur eller en afgift på drivhusgasudledninger.

Denne model beskæftiger sig med politiske beslutninger på virkemiddel-niveau. I modellen kan man teste forskellige virkemidler af for at se, hvilken konsekvens de har ift. at nå de nationale målsætninger om drivhusgasreduktioner. Derudover får man også et indblik i sammenspillet mellem forskellige virkemidler og deres konsekvenser for den samlede balance mellem biomasse forbrug og produktion.

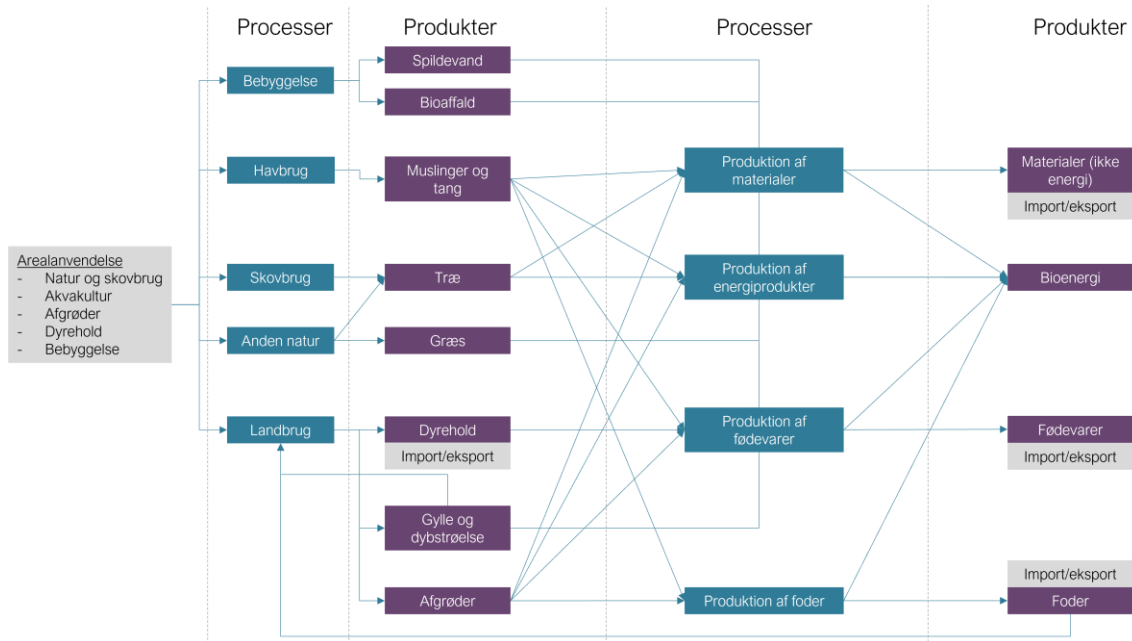


1.2 Modelopbygning

I DK-BioRes-modellen er der implementeret en lang række teknologier og klimatiltag, som kan justeres for at skabe et scenarie. Alle inputparametre kan justeres både for 2030 og 2050, og modellen har 2019 som basisår.

Blandt parametrene er arealfordeling til hhv. landbrug, skovbrug og natur, landbrugsafgrøder, dyrehold og foder (inkl. foderimport og græsprotein), havbrug, skovbrug, danskernes diæt samt biogas- og pyrolyseproduktion.

Alle biomassestrømme og drivhusgasudledninger følges gennem et netværk af processer og resultater i en samlet produktion af biomasse (inkl. dyr) fra det danske areal, en samlet drivhusgasudledning samt en balance af produktion og forbrug. Figur 1 viser et diagram over sammenhængen mellem de overordnede processer og produkter, der er inkluderet i modellen. I Bilag A kan man finde en udvidet udgave af flow-diagrammet, hvor alle processer er repræsenteret.



Figur 1: Oversigt over processer og flow i modellen

1.3 Modellen inkluderer

1.3.1 Kun drivhusgasudledninger fra sektoren

Det er ikke let at være helt konsistent med hvilke reduktioner, der kan tillægges jordbruget, da landbruget f.eks. leverer biobrændsler til transport og energisektoren.

Et godt eksempel på dette er biogasanlæg. Hvis man ser det som et gyllehåndteringsanlæg, der kan nedbringe emissionerne fra gyllen, så giver det mening at give landbruget kredit for de reducerede emissioner. Men et biogasanlæg er samtidig en del af energiforsyningen, da gassen typisk bliver brugt til at producere el- og varme i tilknytning til biogasanlægget. I mange energisystemanalyser tages den reducerede drivhusgasudledning, som følge af forgasning af gyllen med som reduktion i energisektoren. Da biogasanlæggene i høj grad er ejet af landmænd, og gyllen er hovedkilden til energien produceret på anlæggene, har vi valgt, at reduktionerne i udledningen af drivhusgasser ved behandling af gyllen i et biogasanlæg tilskrives landbruget. Derimod tælles den reduktion, der kan komme i energisystemet, ved at biogassen fortrænger fossile kilder, ikke med i landbruget.

Eventuelle reduktioner fra opsætning af solceller og vindmøller tilskrives i vores model ikke landbruget. Elproduktionen i Danmark forventes inden for få år at være fossilfri, og derfor vil el produceret med f.eks. privatejede solceller ikke antages at udkonkurrere fossil energi og dermed opveje udledninger af drivhusgasser i landbruget.

Følgende drivhusgasemissioner og -optag er taget med i modellen:

- Emissioner fra **dyrkning af landbrugsafgrøder**. Her er taget højde for at forskellige jordbundstyper og afgrøder har forskellige udledninger.
- Emissioner fra **animalsk produktion** af kvæg, svin og fjerkræ. Udledninger fra både fra gylle-håndtering og fordøjelse tæller med i opgørelsen.
- CO₂-optag fra **skovproduktion**. Her tages højde for vækstkurverne fra fem forskellige skovtyper.
- CO₂-optag fra **tang og muslingefarme**.
- CO₂-reduktioner fra produktionen af **biogas** fra animalsk gylle.
- CO₂-reduktioner fra produktionen og nedmuldning af **biokul** fra pyrolyseanlæg.

1.3.2 Balancen mellem produktion og forbrug

I modellen kan man løbende følge balancen i overskud og underskud i forskellige biomasse-produkter fratrukket det danske forbrug. Et underskud vil formegentlig føre til import, mens et overskud som oftest resulterer i eksport.

Import og eksport behøver dog ikke være fra udlandet, men kan blot være import fra andre sektorer. F.eks. kan kunstgødning potentielt produceres med PtX fra dansk vindmøllestrøm og juletræer kan sælges i Danmark.

I modellen er der kun medtaget import til de processer, der er repræsenteret, hvilket f.eks. betyder, at import af foder er med, idet foderet er et input til den animalske produktion, mens biomasse til afbrænding til kraftvarmeværker ikke er repræsenteret, idet det går til energisektoren.

1.3.3 Potentiale til energianvendelse

I takt med at større dele af samfundet omlægges væk fra fossile brændsler kommer der mere og mere rift om biomasse til både materialer – så som bioplast og træ til byggeri – og til energiformål – så som biodiesel eller biomasse til el- og varmesektoren.

Som output fra modellen kommer også et biomassepotentiale. Efter al biomasse til fødevarer, foder, materialer mm. er fraregnet, er der et overskud af biomasse til energiforbrug. Der forventes en relativt stor efterspørgsmål på den type produkter i fremtiden.

1.4 Fravalg i modellen

En model vil altid være en tilnærmelse til virkeligheden og aldrig en fuldstændig repræsentation. Derfor er der sektorer og teknologier der ikke er at finde i modellen.

1.4.1 Energiforbrug til maskiner, transport og opvarmning er udeladt af modellen

Både udledninger fra anvendelsen af landbrugsmaskiner til markbearbejdning og transport af afgrøder og dyr samt energi til tørring af korn og opvarmning af stalde og drivhuse er ikke talt med i modellen, da disse hører under energikovertering og derfor er repræsenteret i energisystemmodellerne. Men for en god ordens skyld nævner vi lige energiforbruget i land- og skovbrug samt tilhørende CO₂-udledninger:

Energiforbrug til maskiner og opvarmning fra landbrug, skovbrug og gartneri var i 2019 på 25.269 PJ. Drivhusgasudledningen fra energiforbruget løb op i 1 mio. ton CO₂e, svarende til 6,7% af den sammenlagte drivhusgasudledning.

1.4.2 Partikelforurening fra gødskning er udeladt af modellen

Landbrugets udledning af sundhedsskadelige partikler fra ammoniakken i gødningen står for ca. en tredjedel af alle sundhedsomkostninger i Danmark relateret til luftforurening fra danske kilder. Eftersom forureningen ikke bidrager som en drivhusgas, er denne partikelforurening ikke talt med.

1.4.3 Enkelte klimatiltag er udeladt fra modellen

I modellen er udvalgt de teknologier, der vurderes at have den største klimaeffekt, mens andre tiltag er blevet udeladt, enten fordi effekten blev vurderet til at være lav, eller fordi datagrundlaget for effekten ikke var tilstrækkeligt. Blandt de udeladte landbrugstiltag er:

- Effektivisering af gyllehåndtering
- Pløjefri dyrkning
- Ændret fodersammensætning (brugeren kan vælge fodersammensætning, men der er ikke tilknyttet en klimaeffekt af ændringen)
- Braklægning af marker
- Øget anvendelse af efterafgrøder (hvilket allerede praktiseres i store dele af landbruget)

1.4.4 Miljø, biodiversitet og samfundsøkonomi er udeladt fra modellen

Modellen beskæftiger sig udelukkende med drivhusgasemissioner og biomasse-flow, og der er derfor ikke taget højde for miljø, biodiversitet og samfundsøkonomiske konsekvenser. Scenarierne er altså ikke et udtryk for økonomisk optimerede løsninger, og det er ikke vurderet, hvordan økonomien kan se ud for de forskellige typer land- og skovbrug.

1.4.5 Lækageeffekt fra landbruget

Modellen forholder sig kun til danske udledninger, men eftersom Danmark befinder sig i en globaliseret verden, giver det også mening at tage et kig på potentielle lækageeffekter fra landbruget.

Lækageeffekten beskriver, hvordan en reduktion ét sted kan føre til udledninger andre steder i verden. En lækageeffekt på 100% svarer til, at alle reducerede udledninger, dukker op et andet sted, mens en lækageeffekt på 50% betyder, at halvdelen af reduktionen opstår et andet sted i verden.

De Økonomiske Råd har i 2021 offentliggjort en analyse, hvor landbrugets lækagerate ligger på 35% ved indførelsen af en ensartet afgift på drivhusgasser på 1.200 kr. Det skal dog siges, at der altid er meget store usikkerheder forbundet med lækagevurderinger, eftersom lækageraten afhænger af alle andre landes klimamål. Jo flere lande der får bindende klimamål, des lavere bliver lækagen, idet udledningerne har færre steder at flytte hen.

2 Opbygning af modellen

DK-BioRes-modellen er en model i Excel, der er søgt opbygget således, at den er transparent og nem at redigere for en erfaren Excel-bruger. Transparensen består i, at al data, der er inkluderet, er refereret i arkene, og alle formler er bibeholdt for yderligere at sikre transparensen.

Modellen er placeret i et Github-repository, der kan findes her: <https://github.com/Energy-Modelling-Lab/DK-BioRES>. For at hente modellen ned på computeren vælges "Code" og derefter "Download ZIP". ZIP-filen udpakkes lokalt på brugerens computer, dvs. undgå fællesdrev m.m. Herefter er modellen klar til brug.

Modellen består af en hovedfil "DK-BioRes.xlsm", der inkluderer det data, der bruges generelt for alle scenarier, samt et antal scenariefiler, der alle har den samme struktur, men forskellige data afhængig af det opbyggede scenarie. Scenariefilerne kan sammenlignes i filen "Sammenligning af scenarier.xlsm". En oversigt over opbygningen kan ses i Figur 2. I de følgende sektioner vil hovedarkene og scenariearkene blive introduceret.



Figur 2: Interaktionen mellem Excel-arkene

Når brugeren vil have et overblik over de opsatte scenarier, kan filen "Sammenligning af scenarier" bruges. På arket Scenarier listes de scenarier, som er klar til sammenligning. Herefter trykkes på "Importer data", og arket vil gå i gang med at opdatere. Hver scenariefil vil blive åbnet og lukket undervejs i denne proces. På Resume-arket kan ses de samme figurer og tabeller som i hver scenariefil, men her er de kombineret for alle scenarier. For alle figurer undtagen "Import af biomasse" vises 2019 kun for BAU-scenariet.

2.1 Opbygning af scenarier

Scenariefilen er den vigtigste fil for den "normale" bruger. Her kan man justere på en række parametre for at skabe et scenarie, samt se resultaterne for scenariet. For at opstille et nyt scenarie følges følgende trin:

- 1) Kopier en tidligere scenarie-fil og omdøb den. Bemærk at filen skal ligge i samme mappe som DK-BioRes-filen og at navnet ikke må indeholde mellemrum.
- 2) Åben scenariefilen via hovedfilen. For at sikre at hovedfilen og scenariefilen er linket korrekt op, skal scenariefilen åbnes via hovedfilen. Dette gøres ved at åbne DK-BioRes.xlsm og gå til arket Overblik. Skriv navnet på den nye scenarie-fil og klik "Åben scenarie-fil".
- 3) I scenarie-filen indeholder alle grønne ark parametre, der kan justeres for at ændre scenariet. I hele modellen er alle felter, som er markeret med grønt, parametre som brugeren kan indstille. Når et sæt parametre er justeret opdateres graferne ved at trykke på knappen "Opdater".

Scenariefilen indeholder et overblikark og resumeark, som er markeret med blå, otte grønne ark hvor man kan justere forskellige parametre og en række røde ark, der kun er relevante, hvis man ønsker at tilføje nye processer eller råvarer. I Tabel 1 findes et overblik over de forskellige ark i scenariefilen, og i de efterfølgende afsnit er der en uddybende forklaring til hvert ark.

Tabel 1: Oversigt over arkene i scenariefilen, der benyttes til at indstille scenarier

| Ark | Funktion |
|--------------------|---|
| Overblik | En oversigt over de inkluderede ark og data. Her kan navigeres mellem de forskellige ark. |
| Resume | Arket består af en række grafer, der viser hovedresultaterne fra scenariet, bl.a. den samlede arealfordeling, drivhusgasudledningen fra landbrug og skovbrug, energipotentialer mm. |
| Arealanvendelse | Her kan brugeren angive hvilke arealer der skal benyttes til hhv. bebyggelse og infrastruktur, landbrugsafgrøder, skovbrug eller natur. |
| Landbrug | Her angives ændringer inden for landbrug. Brugeren kan bl.a. skrue på økologiandelen, dyreproduktion, udbytte, og hvilke afgrøder der skal dyrkes på hhv. organogene jorde og traditionelle landbrugsjorde. |
| Fodersammensætning | Her angives husdyrenes fodersammensætning, bl.a. mængden af importeret foder eller græsprotein. |
| Skovbrug | Her vælges hvilken kombination af skovtyper, der skal udplantes på evt. nye skovområder. |
| Havbrug | Her angives hvor stor en andel af det danske tang og muslingepotentiale der udnyttes. |
| Adfærd | Her kan angives hvor stor en andel af befolkningens kødforbrug, der erstattes af hhv. planteprotein, muslinger, tang og kunstigt kød. Derudover angives graden af madspild samt ud-sortering af bioaffald hos forbrugerne. |
| Biogasanlæg | Her angives hvilke produkter der kommer i fremtidens biogasanlæg. Her kan man bl.a. vælge imellem svine-, kvæg og fjerkrægylle, spildevandsslam, industriaffald og forskellige landbrugsafgrøder. |
| Forbrug til andet | Her angives både mængden af halm der kommer i fremtidens pyrolyseanlæg og bliver til hhv. gas og olie. Derudover kan angives hvor stor en andel af de overskydende biomasser der skal bruges til materialer, og som derfor ikke kan indgå i energiproduktion. |

2.1.1 Overblik

Her er et overblik over arkene, der er i modellen. I den grønne boks noteres en kort beskrivelse af scenariet. Hver af de understregede navne indeholder referencer til det relaterede ark i modellen.

2.1.2 Resume

Her er samlet de væsentligste resultater fra modellen i både tabeller og grafer:

Grafen **Arealanvendelse** viser hvor stor en del af det danske areal, der går til hhv. skov, natur, landbrugsafgrøder, bebyggelse og infrastruktur og "ikke klassificeret".

Grafen **"Udledning af drivhusgasser"** viser udviklingen i udledningen af drivhusgasser fra landbrug, husdyrproduktion, havbrug og skovbrug. Udledning fra marker indeholder både LULUCF og emissioner relateret til markerne som rapporteret i "Denmark's national inventory report" fra 2020. Udledninger fra husdyr indeholder både gødningshåndtering og fordøjelse. Bemærk at havbrug, skovbrug og skovmaterialer tæller negativt, idet de har et nettooptag af drivhusgasser. Biogas noteres også til at have negative emissioner, i fald biogassen er lavet på gylle fra husdyr, idet biogasanlægget reducerer udledningerne fra husdyrene. Tilsvarende tæller pyrolyse-processen negativt i emissionsregnskabet, idet processen kan lagre kulstof i markerne.

Den mørkeblå linje med punkter viser den samlede udledning, hvor drivhusgas-optaget er trukket fra udledningerne. Ved siden af grafen med udledning af drivhusgasser findes en tabel, hvor de samlede udledningerne sammenlignes med basisåret 1990.

Grafen **Afgrødefordeling på landbrugsjord** viser hvor stor en del af landbrugsarealet, der benyttes til forskellige afgrøder.



Potentiale til energianvendelse vises både i hhv. PJ og ton tørstof. Energipotentialet kommer fra forskellige biomasseprodukter der ikke anvendes til andre formål, som blandt andet fødevarer, træmaterialer osv.

I PJ-tabellen er opgjort, om potentialet er fra biomasse, der bruges direkte til biogasproduktion (til højre) eller til anden energi.

Udregningen af antal PJ til biogasproduktion kommer fra potentialet ved biogasproduktion.

For biomasse til anden energi er opgjort ved brug af brændværdien af biomassen medmindre denne biomasse kun kan bruges til biogas. I det tilfælde er benyttet potentialet ved biogasproduktion på trods af, at ressourcen ikke er allokeret hertil.

For grafen med ton tørstof er rapsolie og pyrolyseprodukterne udeladt, da disse ikke er opgjort med et tørstofindhold.

De næste to grafer, **Import af biomasse** og **Eksport af biomasse (overproduktion)**, beskæftiger sig begge med de biomassetyper, der ikke indgår i energiproduktionen. Det er blandt andet fødevarer, forskellige foderafgrøder, men også industriaffald, spildevandsslam, rapskager (som er et overskudsprodukt fra produktion af rapsolie), råmælk og juletræer, for at nævne nogen. Import skal forstås bredt og kan blandt andet være import fra udlandet, f.eks. af foder og frugt, men det kan også være en indikation af at der er en mangel på et produkt f.eks. kunstgødning, som potentielt kan produceres med ammoniak fra Power-to-X teknologier fra energisektoren. Eksport viser, hvilke varer der er i overskud ift. de indlagte efterspørgsler i modellen.

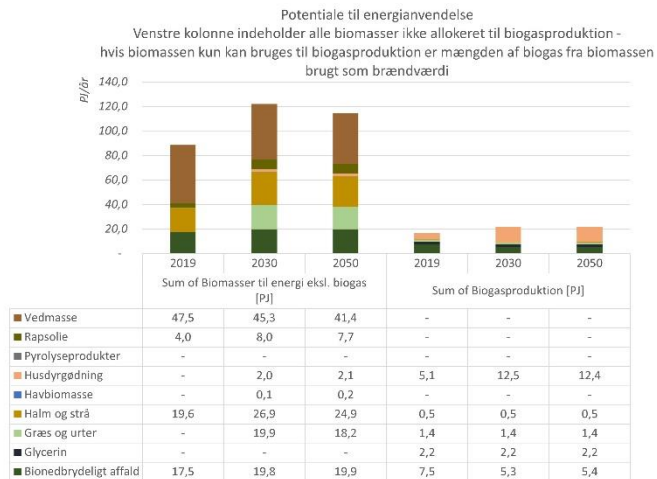
Den sidste graf viser det samlede forbrug af biomasse i modellen inden for hhv. biogas, foder, fødevarer, energimaterialer, gødning og rapskager. Bemærk at det kun er varer, der er relevante for dansk landbrug og skovbrug, der er taget med, hvilket betyder, at f.eks. importeret træ til energi ikke er med i opgørelsen.

Alle tabellerne er PivotCharts og kan ændres efter brugerens ønsker.

2.1.3 Arealanvendelse

I dette ark justeres den overordnede Danske arealfordeling.

Mængden af areal, der skal omlægges til et nyt formål, angives i hhv. kolonne C og D, og opgøres i hektar omlagt i sammenligning med basisår. I kolonne E angives, hvilken jordtype, der flyttes. Her kan man vælge imellem organogene jorde med et kulstofindhold på 6-12% (OC6), organogene jorde med et kulstofindhold på mere end 12% (OC12) eller andre typer fra JB1 til JB10 samlet i én kategori (JB1-10).



I kolonne F og G angives, hvad arealet omlægges fra og til (f.eks. fra landbrugsjord til natur).

| A | B | C | D | E | F | G |
|--|--------------------------------|---------------------------------------|-------------|----------------------|------------|------------------|
| Til Resume | | | | | | |
| Omfordeling af jord sammenlignet med basisår [ha]. Hvis 2030 og 2050 er ens sker der ingen ændring til 2050 | | | | | | |
| | Kilde | 2030 | 2050 | Jordbundstype | Fra | Til |
| | Organogen jord +12% til natur | 15.000 ha lavbundslande vådlægges ude | 7.500 | 7.500 | OC12 | Landbrugsafgrøde |
| | Organogen jord 6-12% til natur | Antaget fordeling hhv. 7000 og 8000 | 7.500 | 7.500 | OC6 | Landbrugsafgrøde |
| | Landbrug til skov | Biomasse-scenariet fra MFVM-projekt | 20.900 | 58.900 | JB1-10 | Landbrugsafgrøde |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

I kolonne A og B kan brugeren kort beskrive hvilken omlægning rækken dækker over og evt. angive en kilde for omfordeling af arealer.

Kolonnerne E, F og G er dropdown menuer, med et begrænset antal valgmuligheder.

I højre side af arket kan man se en tabel med den nuværende arealfordeling i 2019 og konsekvenserne af de valgte omlægnings i 2030 og 2050. Hvis brugeren flytter mere areal end der er af en given type, lyser feltet i tabellen rødt.

2.1.4 Landbrug

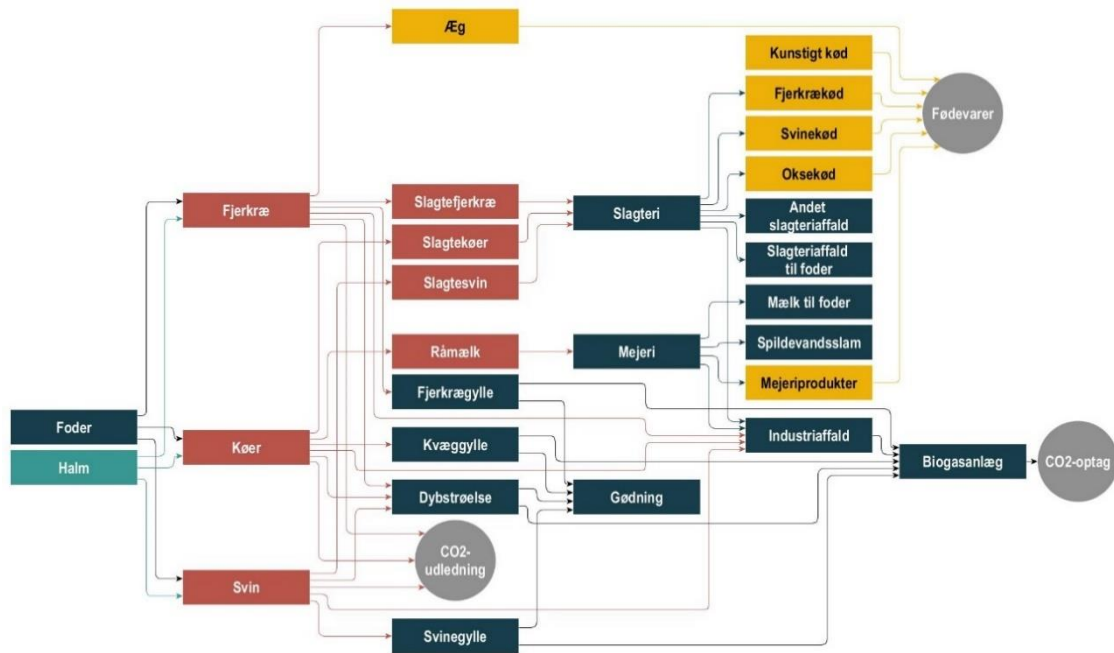
I arket Landbrug styres, hvordan landbrugsarealerne benyttes samt mængden af husdyr.

I tabellen **Økologisk produktion** opgives økologiandelen for hhv. afgrøder, svin køer og fjerkræ.

I tabellen **Produktion af husdyr** angives en evt. stigning eller fald i produktionen af husdyr relativt til basisåret 2019. Bemærk at en ændring i bestanden af køer har en stor effekt på drivhusgasudledningen, mens en ændring i fjerkræ stort set ikke influerer udledningen. Den animalske produktion har et stort input af foder og halm og et væld af forskellige output. I Figur 3 er der et overblik over flowet af materialer omkring den animalske produktion.

I tabellen **Udbytte og halm** angives halmudbytte i forhold til basisår samt halmopsamling af total, som angiver, hvor meget af den producerede halm, der opsamles på marken. I tabellen angives også en forventet udbyttestigning for afgrøder i forhold til basisår – dette tal gælder for samtlige afgrøders hovedprodukt. Bemærk at halmudbyttet har stor betydning for biogas og pyrolyse.

I tabellen **Organogene jorde til permanent græs** angives den andel, som permanent græs skal udgøre af de organogene jorde. Det er ikke muligt derudover at justere på afgrødefordelingen på de organogene jorde. Det betyder, at ændrer man på arealer med permanent græs, så vil de resterende afgrøder blive fordelt på det tilbageværende areal efter afgrødefordelingen i basisåret.



Figur 3: Flowet af materialer omkring den animalske produktion.

I tabellen **Afgrødefordeling** kan der ændres på afgrødesammensætningen på JB1-10-jordene. Bemærk at hele tabellen skal summere til 100%.

Det er værd at vide, at afgrøderne korn, bælgssæd, raps og frøgræs alle har halm som biprodukt. Afgrøderne frugt, juletræer, pil og poppel samt permanent græs har alle et lavere CO₂-aftryk per hektar end de andre afgrødetyper, da afgrøderne er flerårige. Derudover har ”permanent græs” et lavere udbytte per hektar end ”græs”.

| Afgrødefordeling for JB1-10 | 2019 | 2030 | 2050 |
|--------------------------------|-------|--------|--------|
| Korn | 53,8% | 53,8% | 53,8% |
| Bælgssæd | 3,1% | 3,1% | 3,1% |
| Raps | 6,5% | 6,5% | 6,5% |
| Græs | 10,1% | 10,1% | 10,1% |
| Grøntsager | 0,5% | 0,5% | 0,5% |
| Kartofler | 2,2% | 2,2% | 2,2% |
| Roer | 1,3% | 1,3% | 1,3% |
| Majs | 7,3% | 7,3% | 7,3% |
| Frugt | 0,2% | 0,2% | 0,2% |
| Øvrige | 2,8% | 2,8% | 2,8% |
| Frø | 4,0% | 4,0% | 4,0% |
| Juletræer | 0,8% | 0,8% | 0,8% |
| Pil & poppel | 0,3% | 0,3% | 0,3% |
| Permanent græs | 7,1% | 7,1% | 7,1% |
| Total (skal summeres til 0%) | | 100,0% | 100,0% |
| Total hektar omlagt | | 0 | 0 |
| Antal hektar som 1% svarer til | | 23787 | 23407 |

Nederst i arket findes tabellen **Grøntsagsareal i væksthuse**, der bruges til at angive andelen af det samlede grøntsagsareal der er i væksthuse. Grøntsager i væksthuse har et 18 gange så højt udbytte som grøntsager på marker. Derudover har de et højere forbrug af gødning per hektar, men et lavere forbrug af gødning per afgrøde. Sidst men ikke mindst er det værd at bemærke, at LULUCF udledningerne fra drivhusene er lavere per hektar end markernes, men til gengæld har de et højt energiforbrug til opvarmning, hvilket ikke er med i modellen.

Til højre i arket findes graferne Udledninger af drivhusgasser, Import af biomasse samt Eksport af biomasse, så brugeren kan følge med i konsekvenserne af de ændrede parametre.

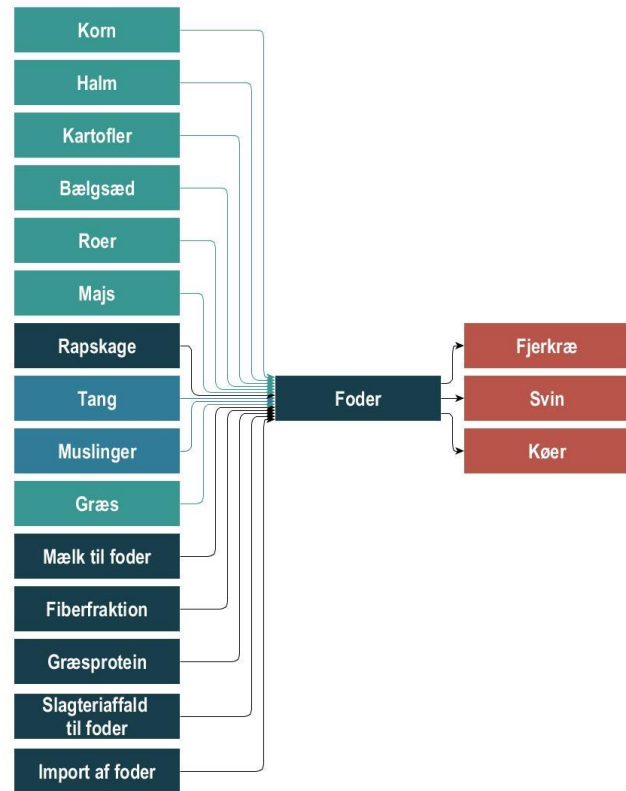
2.1.5 Fodersammensætning

I dette ark justeres husdyrenes fodersammensætning. Fordelingen skal summere til 100%. Det er op til brugeren selv at sikre, at foderet giver mening ernæringsmæssigt.

”Import af foder” er modelleret som en fodertype i sig selv, som ikke kan dyrkes i Danmark. De resterende typer af foder kan alle dyrkes i Danmark, men hvis forbruget af en fodertype overskrider produktionen, vil modellen importere denne afgrøde.

Hvis man vælger ”græsprotein” som foder, kommer der automatisk biprodukterne ”fiberfraktion”, som kan bruges til foder, og ”brun saft”, der kan bruges i biogasanlæg.

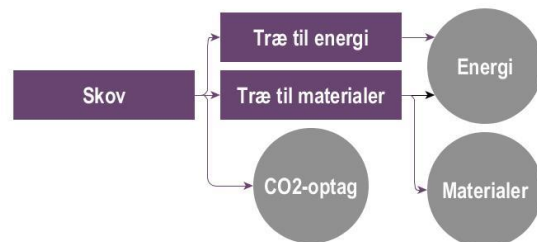
Det er værd at bemærke, at slagteraffald og græsprotein har meget høj foderværdi, muslinger, tang, rapskager, korn og importeret foder har en høj foderværdi, mens de resterende afgrøder har en lav foderværdi. Til gengæld har roer et meget højt udbytte per hektar, mens majs, græs og kartofler har et højt udbytte og de resterende afgrøder har et medium eller lavt udbytte per hektar.



Vær opmærksom på at en lille ændring i fodersammensætningen kan skabe en meget stor efterspørgsel på et produkt, idet der skal bruges meget store mængder foder. Balancen mellem over og underproduktion kan følges i graferne til højre.

2.1.6 Skovbrug

I dette ark angives hvilket miks af skovtyper der skal dyrkes ved opførelse af ny skov eller, når den oprindelige produktionsskov forynges. Foryngelsen af skoven sættes ved parameteren for foryngelse, som er antaget at være 0.5%. Denne parameter antages at være den samme for alle årene i modellen.



I 2019 antages al skov at være basisskov. Der kan vælges mellem fem skovtyper:

- **Type I:** Blandet løv med indblanding af nål (Høj CO2 lagring på den lange bane)
- **Type II:** Hurtigvoksende kultur, ½ douglasgran og ½ rødgran med lærk (Høj CO2 lagring på både kort og lang bane)

- **Type III:** Løv, eg eller bøg (Høj CO2 lagring på den lange bane)
- **Type IV:** Hurtigvoksende kultur, bøg eller eg med poppel (Høj CO2 lagring på den korte og lange bane)
- **Type V:** Naturlig tilgroning (lav CO2 lagring, men højt niveau af biodiversitet)

Det antages, at skoven er produktionsskov, og alt efter hvor hurtigt voksende en skovtype, der er valgt, fældes skoven, når træerne er modne til det.

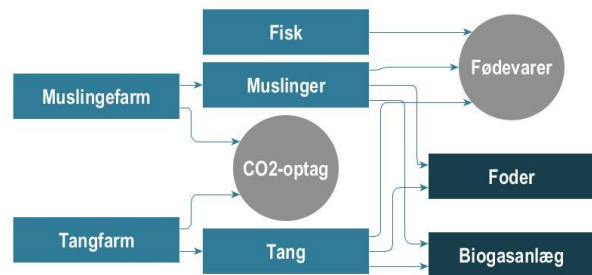
Der er en historisk baseret antagelse om, hvor stor en andel af hugsten for forskellige aldersklasser, der går til hhv. energi, tømmerproduktion og tab. Af de materialer, der går til tømmerproduktion, må det antages, at en del af produkterne er så kortlivede, at de i sidste ende går til energiproduktion, mens en anden andel af dem går til mere varige træmaterialer. I den nederste tabel vælges, hvor stor en andel af tømmerprodukterne, der går til energi, og hvor stor en andel, der går til materialer.

Den øverste graf til højre viser arealet af de forskellige skovtyper for hver af de tre år. Bemærk at basisskoven langsomt bliver mindre i takt med, at skoven forynges. Den nederste graf viser mængden af træ til hhv. træmaterialer og træ til energi.

2.1.7 Havbrug

Her angives den andel af det fulde muslinge- eller tangpotentiale, der udnyttes i hhv. 2030 og 2050.

Muslingerne og tangen kan gå direkte til fødevarer, hvis dette vælges i arket Adfærd. Ellers kan det gå til foder, hvilket kan vælges i arket Fodersammensætning, eller biogas, hvilket kan vælges i arket Biogasanlæg.



Ifølge rapporten *Vidensyntese om blå biomasse, Potentialer for ny og bæredygtig anvendelse af havets biologiske ressourcer* fra 2021 er der et muligt muslinge-potentiale på mellem 275,000 og 400,000 ton i 2050. Heri er også angivet et potentiale for tang på mellem 117,000-1,500,000 ton i 2050. Det øvre potentiale kan opnås, hvis man tæller potentialet ved offshore produktion med. Tallene er omsat til hektar produktion, så det passer med det øvrige input for arealanvendelse.

Bemærk at kapacitetstallene er behæftet med en vis mængde usikkerhed, hvilket også er grunden til at man så bruger kan ændre på potentialet, hvis nye tal dukker op.

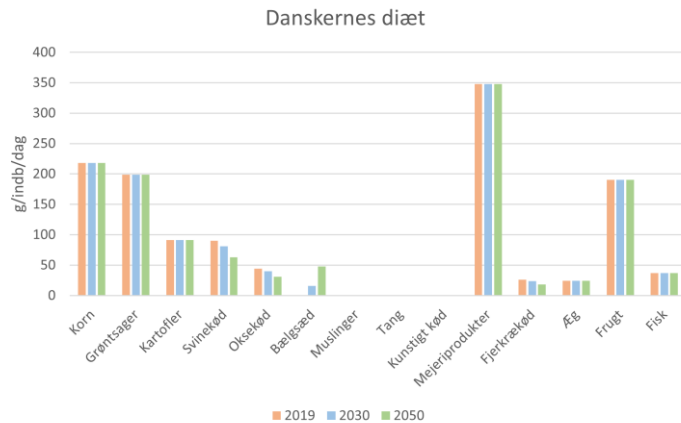
I de to nederste grafer kan man se tang og muslinge-produktionen både i hektar og som ton høstede muslinger og tang.

2.1.8 Adfærd

Her kan angives data om befolkningsdiæt og madspild i de danske hjem. I den første tabel, angiver brugeren hvor stor en procentdel af det danske kødforbrug (oksekød, svinekød og kyllingekød, der skal erstattes af hhv. planteprotein (bælgsæd), muslinger, tang eller kunstigt kød i fremtiden.

I den anden tabel angives det gennemsnitlige madspild hos de danske forbrugere samt andelen af den spildte mad, der bliver udsorteret til bioaffald, og derved kan bruges til biogas.

Grafen "Danskernes diæt" viser det antagne fødevarerforbrug per indbygger i fremtiden. Indholdet i denne tabel udregnes fra beslutningen omkring det erstattede kødforbrug.



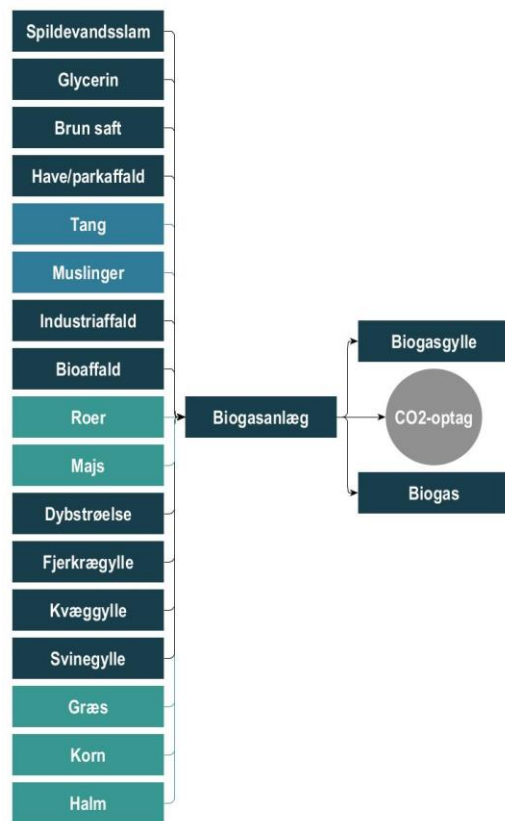
2.1.9 Biogasanlæg

I arket Biogasanlæg skal der vælges, hvilken biomasse, der skal bruges i biogasanlæggene i fremtiden.

I den øverste tabel kan angives hvor stor en andel af hhv. svinegylle, kvæggylle, fjerkrægylle, spildevandsslam, dybstrøelse (fra stalde) og brun saft (fra produktionen af græsprotein), der skal gå direkte til biogasproduktion. Den resterende gylle går direkte til gødning. Modellen regner med et "CO₂-optag" fra den biogas, der kommer fra husdyrgylle, idet processeringen af gyllen til biogas skaber en CO₂-reduktion.

Bemærk at et restprodukt fra biogasanlægget er biogasygyle, som også går til gødning.

For de resterende biomassetyper skal man indskrive manuelt i tabellen nedenfor, hvor meget, der skal bruges til biogasproduktion. Dette angives i ton vådvægt. Til højre i tabellen kan man holde øje med, hvor meget biomasse, der er til rådighed.

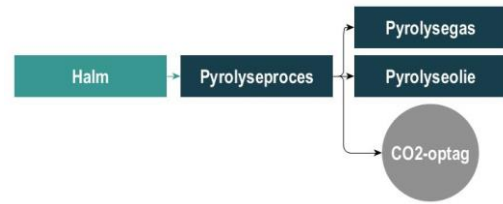


Fra denne tabel vil biomasserne blive fordelt til biogasproduktion i øst og vest baseret på produktionen af biomassen i regionen, men for glycerin gøres dette ikke automatisk, da der ikke er indregnet produktion af glycerin i modellen. Derfor er der en ekstra tabel, hvor brugeren kan anføre, hvor meget af den importerede glycerin, der bruges i øst og vest.

Bemærk at biogasproduktionen ikke kun indregner biomasse fra Danmark, da data fra ENS' biomasseopgørelse også indeholder importerede biomasseressourcer. Dette kan ændres, hvis data er til rådighed.

2.1.10 Forbrug af materialer

I første tabel skal vælges, hvor mange ton halm der skal bruges i pyrolyseanlægget (man kan se det resterende potentiale i tabellen i arket Biogasanlæg).



Det er værd at vide, at afgrøderne korn, bælgssæd, raps og frøgræs alle har halm som biprodukt, så en ændring af arealfordelingen for disse afgrøder vil påvirke mængden, der er til rådighed for pyrolyseanlægget.

I den anden tabel angives den forventede andel af produkterne, der fremover skal bruges til materialer, kemi og eksport. Der angives her en procentdel af mængden af de produkter, der er tilovers efter allokering til biogasproduktion, foderforbrug og fødevarer. Her kan kun vælges råvarer, der ellers ville bruges til energi.

For rapsolie har det været nødvendigt at lægge en stor mængde ind her for basisåret 2019, da den fulde mængde i følge energistatistikken ikke blev brugt til energiproduktion. Det må antages, at produktionen af rapsolie enten er gået til materialer eller eksport.

2.2 Hovedfilen (DK-BioRes)

Hovedfilen består af et antal ark, der vil blive præsenteret i følgende afsnit. I Tabel 2 vises et overblik over, hvad hvert ark bruges til.

Tabel 2: Overblik over arkene i hovedfilen DK-BioRes samt deres funktion.

| Ark | Funktion |
|-----------------------------|---|
| Overblik | Kort introduktion til model og åbning af scenariefil |
| Processer – data | Her er al baggrundsdata til udregning af produktion og forbrug samlet |
| Processer & råvarer | Overblik over processer og råvarer i modellen |
| Procesdata (baggrund) | Data på resterende processer i modellen |
| Arealanvendelse | Udregning af arealanvendelse i øst og vest til brug i scenariearkene |
| Jordbundstypfordeling | Fordeling af organogene jorde i øst og vest samt totale organogene jorde |
| Afgrødefordeling | Afgrødefordeling i øst og vest fra Danmarks statistik overført til modellens afgrødetyper |
| Afgrødefordeling - jordtype | Her overføres afgrødefordelingen fra Afgrødefordeling til jordtype |

| | |
|--------------------------|--|
| Afgrødedata | Al data på afgrøder: udbytte af hovedafgrøde og halm, ændring ved økologisk produktion, ændring ved jordtype, kvælstofnorm og CO ₂ -udledning |
| Foder | Forbrug fra Danmarks Statistik overført til modellens fodertyper samt foderenheder per fodertyper |
| Dyrehold | Al data på dyrene: fordeling af typer i øst og vest; foderenheder; slagtedy, mælk, æg, gylle og dybstrøelse produceret; halmforbrug; CO ₂ -udledning. |
| Hugst | Udregning af hugst fordelt på aldersklasser og skovtype |
| Kulstofoptag, skov | Udregning af kulstofoptag på aldersklasser og skovtype |
| Befolkningstal | Fremskrivning af befolkningstallet til modellens år fordelt på øst og vest |
| Produktion af spildevand | Udregning af produktionen af spildevandsslam |
| Affald | Udregning af bioaffaldsmængder samt have/parkaffald |
| Biogasudbytte | Opgørelse af biogasudbytter og tørstofindhold |
| Energiindhold | Overblik over den anvendte brændværdi |
| Tørstofindhold | Overblik over tørstofindhold for al biomasse i modellen, der kan anvendes til energiproduktion |

2.2.1 Overblik

Overblikarket giver en kort introduktion til modellen. På dette ark skriver man, hvilket scenarie man vil redigere, og scenariefilen kan åbnes ved at trykke på "Åben scenarie-fil". Der er en oversigt over, hvad der kan ændres i scenariearkene.

På arket kan man navngive jordtyperne i modellen, ændre navngivningen af arealerne, samt ændre årene. Ændring af år og arealnavne er ikke afprøvet og anbefales ikke at anvendes af en begynder.

2.2.2 Processer – data

I Figur 4 ses et udsnit af arket. Kolonne A indeholder navnet på processerne og er en "drop down"-menu med elementer fra *Processer & råvarer*-arket. I kolonne B og C angives hhv. om der er tale om en økologisk eller konventionel proces og hvilken jordbundstype eller skovtype, der er tale om. Felterne kan frit udfyldes, men bruges i nogle celler i kolonne H:J til udregning. I kolonne D og F angives hvilke råvarer, der kører ind/ud fra processen. Kolonnen er en "drop down"-menu med elementer fra *Processer & råvarer*-arket. Baseret på angivelsen i disse kolonner, udfyldes kolonne E og G automatisk.

Kolonne H:J indeholder data for alle processerne for hvert år i modellen. De fleste celler refererer til andre ark i denne fil ved hjælp af formler til udtrækning af det rigtige data. I nogle tilfælde er der angivet en kilde i kolonne K – dette er gjort, hvor data ikke kommer fra andre ark. Data i kolonnerne H:J er i enheden fra kolonne G divideret med enheden fra kolonne E.

| 1 | A | B | C | D | E | F | G | H I J | | | |
|----|-----------------------|------------------------|---------------|--------------------|--------|-----------------|--------------------|---------------------------------------|--------|--------|-----------------|
| | | | | | | | | Outputmængde [outputenhed/inputenhed] | | | |
| 2 | Processer | Konventionel/økologisk | Jordbundstype | Input | Enhed | Output | Enhed | 2019 | 2030 | 2050 | Kilde |
| 3 | Spildevandsproduktion | | | Befolkning | Antal | Spildevandsslam | Ton | 1.19 | 1.19 | 1.19 | |
| 4 | Bioaffaldsproduktion | | | Befolkning | Antal | Bioaffald | Ton | 0.12 | 0.11 | 0.11 | |
| 5 | Bioaffaldsproduktion | | | Befolkning | Antal | Have/parkaffald | Ton | 0.17 | 0.16 | 0.16 | |
| 6 | Muslingefarm | | | Muslingeareal | Hektar | Muslinger | Ton | 2.00 | 2.00 | 2.00 | Mængde divide |
| 7 | Muslingefarm | | | Muslingeareal | Hektar | CO2 - atmosfære | t CO2-ækvivalenter | -0.32 | -0.32 | -0.32 | https://pure.au |
| 8 | Tangfarm | | | Tangfarmareal | Hektar | Tang | Ton | 4.5 | 22.5 | 22.5 | 2-7 tons ifølge |
| 9 | Tangfarm | | | Tangfarmareal | Hektar | CO2 - atmosfære | t CO2-ækvivalenter | -0.933 | -0.933 | -0.933 | Blå biomasse |
| 10 | Skovproduktion | Basisskov | | Areal-basisskov | Hektar | Træer | m3 | 3.07 | 3.07 | 3.07 | |
| 11 | Skovproduktion | Basisskov | | Areal-basisskov | Hektar | Træ til energi | m3 | 3.76 | 3.76 | 3.76 | |
| 12 | Skovproduktion | Basisskov | | Areal-basisskov | Hektar | CO2 - atmosfære | t CO2-ækvivalenter | -1 | -1 | -1 | |
| 13 | Skovproduktion | | Skovtype1 | Areal-skovtype1-10 | Hektar | Træer | m3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 14 | Skovproduktion | | Skovtype1 | Areal-skovtype1-10 | Hektar | Træ til energi | m3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 15 | Skovproduktion | | Skovtype1 | Areal-skovtype1-10 | Hektar | CO2 - atmosfære | t CO2-ækvivalenter | -2.5 | -2.5 | -2.5 | |
| 16 | Skovproduktion | | Skovtype1 | Areal-skovtype1-20 | Hektar | Træer | m3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 17 | Skovproduktion | | Skovtype1 | Areal-skovtype1-20 | Hektar | Træ til energi | m3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 18 | Skovproduktion | | Skovtype1 | Areal-skovtype1-20 | Hektar | CO2 - atmosfære | t CO2-ækvivalenter | -5.5 | -5.5 | -5.5 | |
| 19 | Skovproduktion | | Skovtype1 | Areal-skovtype1-30 | Hektar | Træer | m3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 20 | Skovproduktion | | Skovtype1 | Areal-skovtype1-30 | Hektar | Træ til energi | m3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 21 | Skovproduktion | | Skovtype1 | Areal-skovtype1-30 | Hektar | CO2 - atmosfære | t CO2-ækvivalenter | -14.0 | -14.0 | -14.0 | |
| 22 | Skovproduktion | | Skovtype1 | Areal-skovtype1-40 | Hektar | Træer | m3 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | |
| 23 | Skovproduktion | | Skovtype1 | Areal-skovtype1-40 | Hektar | Træ til energi | m3 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | |
| 24 | Skovproduktion | | Skovtype1 | Areal-skovtype1-40 | Hektar | CO2 - atmosfære | t CO2-ækvivalenter | -14.5 | -14.5 | -14.5 | |
| 25 | Skovproduktion | | Skovtype2 | Areal-skovtype2-10 | Hektar | Træer | m3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 26 | Skovproduktion | | Skovtype2 | Areal-skovtype2-10 | Hektar | Træ til energi | m3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 27 | Skovproduktion | | Skovtype2 | Areal-skovtype2-10 | Hektar | CO2 - atmosfære | t CO2-ækvivalenter | -12.5 | -12.5 | -12.5 | |

Figur 4 Udsnit af *Processer – data*

2.2.3 Processer & råvarer (avanceret bruger)

Arket indeholder en tabel med processerne i modellen samt en tabel med råvarer. Arket skal kun bruges, hvis man ønsker at tilføje nye processer eller nye råvarer. Se Sektion 4 om avancerede ændringer.

I tabellen med processerne er angivet en kolonne kaldet "Inputtype". Her er angivet, hvordan input til processen er udregnet. Feltet kan udfyldes frit, men typerne "Direkte input" og "Resultat" bruges i formlerne i scenariefilerne.

2.2.4 Procesdata (baggrund)

Her ligger baggrundsdata for de processer, hvor et separat ark ikke var nødvendigt, men hvor noget af inputdata var nemmest at repræsentere i separate tabeller. Her ligger der data på produktion af græsprotein, returmælk fra mejerierne, og pyrolyseprocessen. De processer, der ikke er tilføjet her og ikke har et separat ark, er slagterier, muslinge- og tangfarme, blanding af gødning og tømmerproduktion.

2.2.5 Arealanvendelse

Dette ark indeholder arealanvendelsen i Danmark med opsplitning i øst og vest. Arket oversætter Danmarks Statistiks arealanvendelse til navnene, der bruges i modellen, og udregner fordelingen i øst og vest. Data heri er fra 2018, som er seneste år, hvor Danmarks Statistik har udgivet data for denne tabel (AREALDK). Hvis nyere data kan fremskaffes, kan det indsættes i samme format som cellerne C27:S52.

Kategorien skov dækker over produktionsskov som opgjort i Danmarks Statistiks Grønne Nationalregnskab, og dækker derfor ikke følgende: skovbevoksede moser (natur), juletræsproduktion (landbrug), permanente græsarealer (landbrug), midlertidigt ubevoksede arealer i skove (natur), skovveje og hjælpearealer i skov (byer og veje).

2.2.6 Jordbundstypfordeling

I dette ark udregnes fordelingen af organogene jorde i øst og vest. Her kan data opdateres, hvis man har adgang til bedre data. Det er en sammensætning af tre forskellige datasæt, der lige nu bruges for at opnå det nødvendige format.

2.2.7 Afgrødefordeling

I arket oversættes Danmarks Statistiks data på afgrødefordelingen til afgrøderne i modellen. I tabellen fra Danmarks Statistik indskrives i kolonne D ud for hver afgrødetype navnet i modellen. I tabellen fra Danmarks Statistik er afgrøderne underopdelt i mange flere typer, end vi har i modellen. Her skrives modelnavnet ind ud for den laveste aggregering, f.eks. skrives "Korn" ud fra "Korn i alt" og ikke "Vinterhvede" el.lign.

2.2.8 Afgrødefordeling – jordtype

Baseret på *Afgrødefordeling* samt data fra AU, laves her afgrødefordelingen på jordtype. Det endelige output er procentvis fordeling af afgrødetyper af hele jordtypens areal hhv. øst og vest samt total for hele Danmark. Data fra AU er fra GLR-registeret, og kan derfor relativt nemt opdateres.

2.2.9 Afgrødedata

Dette er det centrale ark for processerne for markerne. For hver afgrødetype er angivet:

- Udbytte af hovedafgrøde
- Halmudbytte
- Ændring i udbytter og kvælstofnormer ved økologisk produktion
- Kvælstofnorm fordelt på jordtype
- Årlig udledning af CO₂-emissioner fordelt på jordtype

Alle tal kan opdateres, hvis mere retvisende tal haves eller findes på et senere tidspunkt. Emissionerne inkluderer mindre CO₂ fra nedbrydning, øget metan, mindre lattergas, sparet N-gødning, sparet ammoniakfordampning, og reduceret N-udvaskning og tallene stammer alle fra "Virkemidler til reduktion af klimagasser i landbruget". Hvis der kommer en opdatering af denne rapport, kan disse lægges ind her. Derudover er der inkluderet data fra Denmark's emission inventory report 2020, hvor den samlede udledning fra Danmarks landbrug er opgjort. Det resulterende tal per hektar er tilføjet de mere detaljerede tal per jordtype, så landbruget når op på ca. 15,5 mio. ton CO₂-ækvivalenter i 2019.

2.2.10 Foder

Her udregnes foderenheder per ton input ud fra data fra Danmarks Statistik og for de resterende input data er data samlet ind fra andre kilder. Herfra udregnes også det procentvise forbrug af fodertypen i Danmark. Data fra Danmarks Statistik er for 2018:2019, men kan relativt nemt opdateres ved

blot at hente nyt data ind i samme format. Kolonnerne D, G, H og K er alle udregnet i arket, og de skal derfor ikke overskrives af nyt data.

2.2.11 Dyrehold

Her udregnes al input data på dyrehold (svin, kvæg og fjerkræ) i modellen. Data bliver herefter overført til Processer & data. Af arket fremgår følgende data:

- Fordeling af dyrehold i øst og vest, herunder økologisk og konventionel
- Foderenheder per dyr per år
- Slagtedyr produceret per dyr per år
- Mælk produceret per dyr per år
- Æg produceret per dyr per år
- Gylle produceret per dyr per år
- Dybstrøelse produceret per dyr per år
- Halmforbrug per dyr per år
- CO₂-udledning per dyr per år

Al data på nær først punkt skal opgøres per dyr per år. "Dyr" her refererer til antal dyr på et år, så f.eks. er mælk ikke opgjort per malkeko men på et gennemsnitsdyr i kvægstalden. Det data, der var svært at finde i det rigtige format er – i det omfang det var muligt – blevet kalibreret, så resultatet matcher Danmarks Statistik eller andre kilder for basisåret 2019.

2.2.12 Hugst

Her opgøres hugsten per skovtype og aldersklasse. Inputdata er fra Danmarks skovstatistik og hugsten per hektar er her blevet skaleret, så total hugst fra skoven i modellen vil matche skovstatistikken, når Danmarks Statistiks arealfordeling bruges. Derudover er der brugt data fra sagsnotatet "Kulstofbinding ved skovrejsning 2020" for fordelingen af hugsten per diameterklasse.

Hugsten er fordelt til energi, tab og træ til tømmerproduktion ved at antage, hvordan diameterklasserne passer til aldersklasserne. Derudover er der tilføjet en tabel, der giver hvor stor en procentdel af hver skovtype og aldersklasse, der bliver forynget hvert år. Tabellen bruger input fra scenariefilen om foryngelse af skoven og fordeler den på aldersklasse for hver skovtype.

2.2.13 Kulstofoptag, skov

Her angives kulstofoptag per skovtype og aldersklasse. Kilden er også her sagsnotatet "Kulstofbinding ved skovrejsning 2020". I forhold til baggrundsdata er der her lavet en aggregering, så antallet af skovtyper er reduceret til seks skovtyper:

- Referenceskov – det danske skovareal. Kulstof i høsten er her nedjusteret, så resultatet for 2019 passer med de 600 kt CO₂ in-flow, der rapporteres i sagsnotatet.
- Blandet løv med indblanding af nål
- Hurtigvoksende kultur, ½ douglasgran og ½ rødgran med lærk
- Løv, eg eller bøg
- Hurtigvoksende kultur, bøg eller eg med poppel
- Naturlig tilgroning

2.2.14 Befolkningstal

Her angives befolkningstallet for modelårene. Danmarks Statistik er brugt som reference, men da deres fremskrivning kun går til 2045, er samme stigning som mellem 2044 og 2045 antaget for de følgende år.

2.2.15 Produktion af spildevand

Her udregnes spildevandsslamproduktion fra produktionen af spildevand. Data fra spildevandproduktion er fra Danmarks Statistik. For at finde mængden af spildevandsslam fra spildevandet, er der fundet data fra Ejby Mølle Renseanlæg, der producerer biogas fra spildevandsslam. Tallene herfra er brugt til at finde biogasudbyttet per m³ spildevand, og fra biogasudbyttet fra spildevandsslam kan man derved finde mængden af spildevandsslam fra spildevand. Her må formodes at være en del usikkerhed omkring resultatet, så data bør opdateres, hvis det er muligt at fremskaffe data på mængden af spildevandsslam andetsteds.

2.2.16 Affald

Her udregnes bioaffaldsmængden, have/parkaffaldet og mængden af industriaffald, der ikke er inkluderet i modellens processer. Danmarks Statistik er brugt til dette, men da brugeren kan vælge ændret udsorteringsgrad og spildmængde, og forbruget samtidig øges med befolkningstilvæksten, udnyttes det i arket. Mængden af bioaffald opgjort i Danmarks Statistik er fratrukket organisk affald fra slagterier, mejerier og landbrug, da dette er inkluderet i modellen. Madaffaldet fra forbrugeren for fremtidige år udregnes ud fra forbrug og spild fra forbrugeren samt udsorteringsgraden. Have/parkaffaldet samt industriaffald antages konstant over alle år.

2.2.17 Biogasudbytte

Her er angivet gasproduktion per ton input samt tørstofindholdet af ressourcen. Dette data kan nemt ændres, hvis man har andet data herpå. Data bygger på input fra Søren Tafdrup samt EA's "Anvendelse af biogas til el- og varmeproduktion". Biogasindholdet i brun saft er udregnet i *Diverse processer*.

2.2.18 Energiindhold

Her er angivet den nedre brændværdi for alle biomasserne, der ikke udnyttes til biogas, men kan bruges til anden energiproduktion. For at få data på mængderne til energi fra Danmarks Statistik til at passe med Energistatistikens opgørelse over TJ produceret, har det her været nødvendigt at skalere brændværdierne for halm, træ til energi, have/parkaffald og bioaffald.

2.2.19 Tørstofindhold

Her er angivet tørstofindhold af relevant biomasse. Arket bruges til at konvertere ton VV til ton TS i resultaterne. Bemærk at rapsolie og pyrolyseprodukterne ikke har et tørstofindhold og derfor ikke vil dukke op i resultaterne, når man ser på tørstofindhold.

3 Avancerede ændringer i modellen

For den avancerede bruger er der også en mulighed for at tilføje nye processer eller råvarer i modellen. Dette kræver en del mere arbejde, men det kan lade sig gøre. I de følgende afsnit er det beskrevet, hvordan man gør. Når man skal ændre i processer eller råvarer vil man være nødsaget til også at bevæge sig ind i de avancerede ark i scenariefilen. De relevante ark er beskrevet kort i Tabel 3.

Tabel 3: Oversigt over de avancerede ark i scenariefilen

| Ark | Funktion |
|-------------------------------|--|
| Direkte input | Her opgøres input til de processer, der ligger i begyndelsen af kæden |
| Forbrug af biomasse | Her holdes styr på forbruget af biomasse til forskellige processer |
| Restprodukter | Her udregnes restprodukter, der er tilgængelige til anden energi eller materialer |
| Resultater – Vestdanmark | Samme opbygning som Processer – data, men med resultatet af at gange biomasseinput med konverteringsfaktoren fra Processer - data |
| Resultater – Østdanmark | |
| Resultater – Danmark | |
| Resultat-Produktion & forbrug | Her er det samlede overblik over produktion og forbrug af biomasse i modellen. Dette ark ligger til grund for de fleste af resultaterne i Resume |

3.1 Tilføjelse af nye råvarer

For at tilføje en ny råvare skal man indsætte råvaren i DK-BioRes-filen på arket Processer & råvarer. Her angives råvarenavnet, enheden og om den er givet direkte fra Direkte input i scenariefilen. Kolonnen med TRUE/FALSE angiver om råvaren endnu er blevet brugt i en proces i Processer – data. Når råvaren er navngivet korrekt, kan man tilføje den til en eksisterende proces ved at indføre en linje ved processen i Processer – data. Data for råvaren kan så tilføjes manuelt enten på dette ark, et eksisterende ark, eller der kan oprettes et nyt ark i DK-BioRes som der så henvises til fra arket.

Derefter flyttes til scenariefilerne, der skal redigeres på samme måde alle sammen. I Resultater – Vestdanmark, Resultater – Østdanmark og Resultater – Danmark tilføjes en linje på samme sted i arkene som i Processer – data. Derefter trækkes ligningen ovenfor ned i arket.

Afhængig af, hvilken råvare der tilføjes, vil brugeren manuelt skulle ændre i arkene fra Tabel 3. Her anbefales det at udnytte, at processen allerede eksisterer, så man følger en råvare fra samme proces

og opdaterer på samme måde. Typisk vil man også skulle inkludere råvaren på Biogasanlæg-arket eller lignende. Her må man igen lade sig inspirere af de andre råvarer.

3.2 Tilføjelse af nye processer

For at tilføje en ny proces skal man starte i DK-BioRes-filen på arket Processer & råvarer. Her skal man tilføje en ny proces i procestabellen og tage stilling til, om input til processen er "Direkte input" (input kan findes i Direkte input fra scenariefilen), "Resultat" (input kommer direkte fra et output fra en anden proces) eller noget andet (der betyder, at man skal lave udregningen manuelt i resultatar-kene Resultater – Vestdanmark og Resultater – Østdanmark i scenariefilerne). Dette felt er kun til brugerens egen orientering og bruges ikke direkte i modellen. Hvis processen skal bruge nye råvarer, tilføjes disse som beskrevet i sektion 4.1.1.

Herefter kan modellen tilføjes i Processer – data ved at tilføje det nødvendige ekstra antal linjer på arket. Data hertil kan indføres direkte eller der kan tilføjes et ark med det nødvendige data for processen. Som for tilføjelse af råvarer skal der nu indføres nye linjer i Resultater – Vestdanmark, Resultater – Østdanmark og Resultater – Danmark i scenariefilerne.

4 Sammenligning med statistik

4.1 Import af biomasse

I de nuværende scenarier er der import af følgende biomasse i 2019 (dækker ikke den reelle import til energisektoren – bortset fra biogas – i 2019):

- Foder: 5.4 mio ton. Passer med Danmarks statistiks rapporterede foderimport på 5.35 mio ton
- Frugt: 420.000 ton. Udtræk fra DST på udenrigshandel med varer (<https://www.statistikbanken.dk/10029>) viser 448.000 ton frugt importeret ved at vælge SITC-hovedgrupperne, der starter med 057.
- Glycerin: svarer til brugen i biogasanlæggene
- Kunstgødning: 1,1 mio. ton. Import fra DST angives til 234 mio kg N - vi har et forbrug på ca. 179 mio. kg N i 2019 – det må antages at noget lægges i gødningslagre af den importerede mængde eller at aggregering af gødningsnormerne på tværs af jordtyper i modellen giver nogen usikkerhed.
- Industriaffald: 282.000 ton. Dækker kun over det der bruges til biogasproduktion - I 2019 var der i følge affaldsstatistikken 94,000 ton importeret organisk affald, 13,000 ton madaffald. Fra biomasseopgørelsen er der brugt ca. 500000 ton slam under industriaffald - i følge DST er der kun rapporteret ca. 240000 ton slam i 2019. Der er altså en difference her, der ikke helt kan forklares.
- Grøntsager: 203.000 ton. Udtræk fra DST på udenrigshandel med varer viser 265.000 ton grøntsager importeret ved at vælge SITC-hovedgrupperne, der starter med 054, og derefter kun udvælge undergrupperne:
 - 05440 Tomater, friske el. kølede
 - 05451 Skalotteløg og andre spiseløg, friske el. kølede
 - 05452 Hvidløg, porrer og andre allium-arter, friske el. kølede
 - 05453 Kål, frisk el. kølet
 - 05454 Salat og cikorie, (inkl. endivie), frisk el. kølet
 - 05455 Gulerødder, turnips, rødbeder, skorzoner, knoldselleri o.l., friske el. kølede
 - 05456 Agurker og asier, friske el. kølede
 - 05457 Bælgfrugter, også udbælgede, friske el. kølede
 - 05458 Svampe og trøfler, friske el. kølede
 - 05459 Grøntsager, friske el. kølede, i.a.n.
 - 05469 Grøntsager, undt. sukkermajs, og blandinger af grøntsager, også kogt i vand el. dampkogt, frosne
 - 05483 Arrowroot, saleprod, jordskokker, søde kartofler o.l. rødder og rodknolde, spiselige, friske el. tørrede, hele el. snittede; marv af sagopalmer

5 Udvikling af modellen for CONCITO 2023

5.1 Videreudvikling af modellen

For at kunne håndtere CONCITO's ønsker om brug af modellen, har det været nødvendigt med en opdatering i forhold til den tidligere model. Opdateringerne inkluderer:

- Biomasseoutput i kalorier: For at tilføje output i kalorier er der inkluderet et kcal-ark i hovedarket med kalorieindhold per ton biomasse. Kalorieindholdet er baseret på Fødevaredata, version 5.0, 2023 publiceret af Fødevarainstitutet på Danmarks Tekniske Universitet (<http://frida.fooddata.dk>). For hver biomasse i modellen er der taget et gennemsnit af sammenlignelige biomassetyper fra Frida-modellen.
- Ændring i landbrugsproduktivitet: For at håndtere muligheden for at ændre i sammensætning af dyrehold, output fra produktionen og udledningsreduktioner fra f.eks. brug af nitrifikationshæmmere eller fedtfodring. Landbrugsproduktivitet er tilføjet på et ark i scenariefilen.
- Flere detaljer om græsproteins produktion og brug: Der er tilføjet muligheden for at kunne sætte ekstra græsudbytte fra græsmarkerne (antaget at komme fra en øget gødning), et højere proteinindhold i det høstede græs, en højere effektivitet af ekstraheringen af græsproteinet. Selve brugen af græs til græsproteinekstrahering og brugen af græsprotein til fødevarer og foder kan også styres af brugeren. Mens græsudbytte er inkluderet i Landbrugsproduktivitet-arket er resten tilføjet på et separat ark kaldet Græsprotein. Udviklingen af græsudbytte, proteinindhold af græsset og effektivitet af processen er baseret på et notat fra Aarhus Universitet som et bidrag til MOF spg. 8 i forbindelse med beslutningsforslag 15¹.
- Produktion & Forbrug-ark: En simplere version af arket Resultat-Produktion & Forbrug er tilføjet. Arket viser output for hele Danmark og ingen opsplittning på øst og vest. Heri er der tilføjet kolonner, der bruges til at udregne output specifikt til CONCITO, f.eks. er udregningen fra ton output til kalorier inkluderet her.
- Resultat-ark med opsummerede resultater: I CONCITO-arket findes de overordnede resultater, der er relevante for CONCITO. Her er tabeller for:
 - Total biomasse produceret: Her medtaget hele produktionen af biomassen uden at trække brug til foder og lignende fra.
 - Biomassen til madforbrug: Her udregnes biomasse til madforbrug (fødevarer og foder) i ton VV og kalorier. Derudover er udregnet hektaroptaget af produktionen, så der kan udregnes en effektivitet af produktionen som kalorier per hektar. For den importerede foder er der tilføjet antagelser om udbytte og foderkageeffektiviteten.
 - Den resterende biomasse, der kan bruges til materialer eller bioenergi: Her medtages den biomasse, der ikke antages anvendt til foder eller fødevarer. Mængden er angivet i både vådvægt og tørstof. Der er medtaget en antagelse om at roetoppen bliver høstet i fremtiden og kan bruges til anden anvendelse.
 - Den nødvendige import af gødning: Baseret på arealanvendelsen i landbruget og omlægning af dyrehold er udregnet mængden af gødning, der er nødvendig at importere for at sikre nok gødning til landbruget.

¹ https://pure.au.dk/ws/portalfiles/portal/187801345/Notat_MOF_sp_rgsm_l_om_arealbehov_v_gr_sprotein_1405_2020.PDF

5.2 Scenarier

Til CONCITO er der udviklet to scenarier, Fremtidsbillede 1 og Fremtidsbillede 2. Disse fremtidsbilleder er væsentligt forskellige på flere parametre, og nedenfor er opgivet, hvordan de er lagt ind i modellen.

| Inputparameter | Fremtidsbillede 1 | Fremtidsbillede 2 |
|--|---|--|
| Omlægning af organogene jorde til natur | 75% i 2050 (svarende til ca. 134.000 ha) | 90% i 2050 (svarende til ca. 160.000 ha) |
| Omlægning fra landbrug til skov | 125.000 ha i 2030 250.000 ha i 2050 | 190.000 ha i 2030 500.000 ha i 2050 |
| Omlægning fra landbrug til natur | - | 100.000 ha i 2030 400.000 ha i 2050 |
| Økologi – procentdel der er økologiske | 25% i 2050 | Afgrøder: 50% i 2050 Dyrehold: 100% i 2050 |
| Produktion af dyr i forhold til basisår | Svin: 80% i 2050 Kvæg: 64% i 2050 Fjerkræ: 100% i 2050 | Svin: 10% i 2050 Kvæg: 7% i 2050 Fjerkræ: 40% i 2050 |
| Halmopsamling | 59% (som 2019) | 74% |
| Udbyttetigning for afgrøder og halm | 0,65% om året | 0,65% om året |
| Forbrug af organogene jorde til permanent græs | Fuldt omlagt i 2050 | Fuldt omlagt i 2050 |
| Afgrødefordeling ² | Bælgsæd: 15.4% Græs til bioraffinering: 33.4% Permanent græs: 10.6% I alt omlagt: 762.599 ha | Bælgsæd: 17% Raps: 15% Græs til bioraffinering: 25% Materialegræs: 10% Grøntsager: 1,3% Kartofler: 5,4% Roer: 3,3% Frukt: 8,9% Juletræer: 0,8% Pil & poppel: 5,3% I alt omlagt: 1.004.101 ha |
| Væksthuse | 0,8% i 2050 | 0,8% i 2050 |

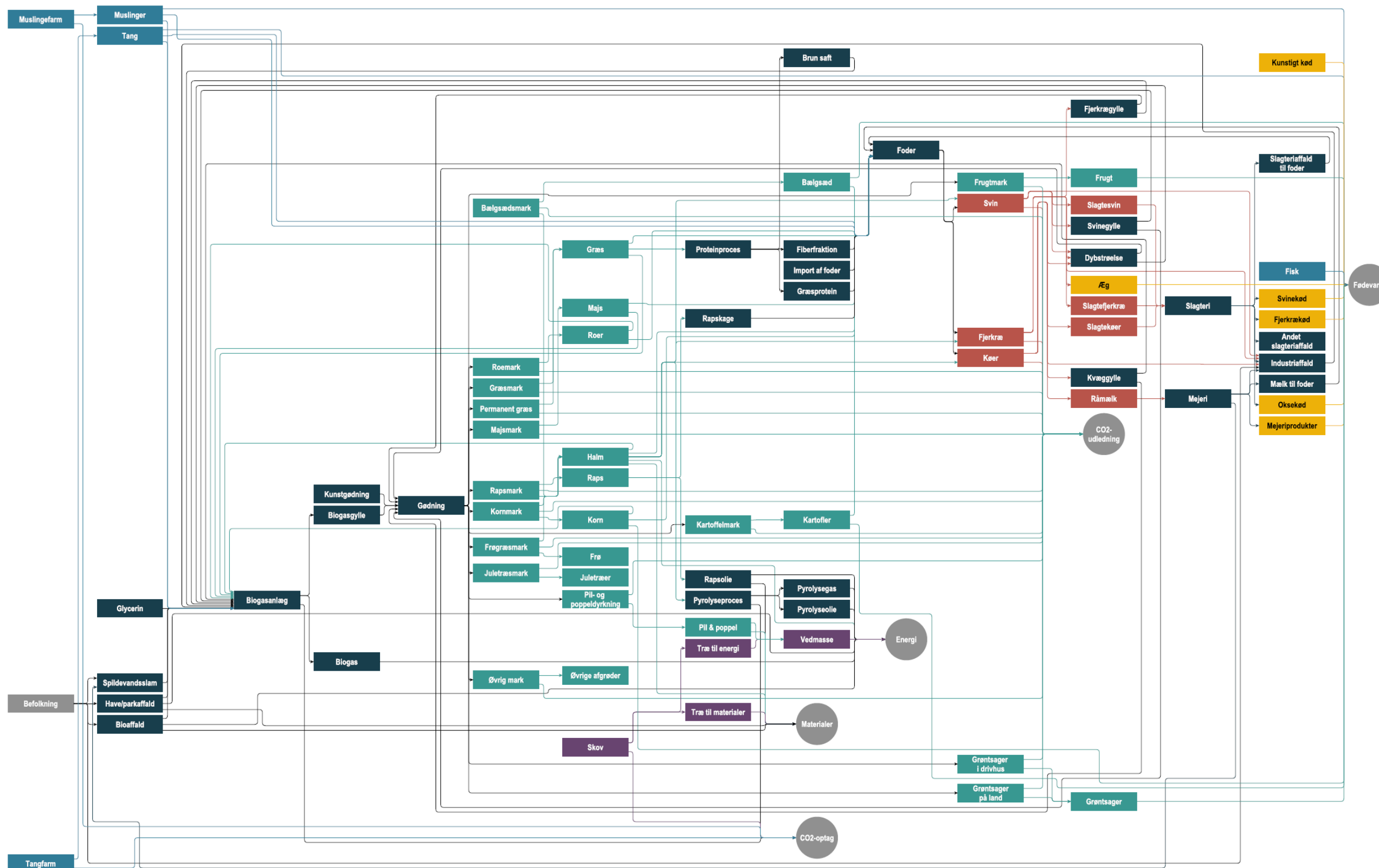
² Resten af afgrøderne er fordelt på det resterende areal med samme procentfordeling som i dag.

| | | |
|--|---|--|
| Fodersammensætning ³ | Korn: 25,2% (40%) Majs: 7,8% (11,3%) Rapskage: 1,0% (1,6%) Græsprotein: 6,7% (0%) Fiberfraktion: 21,5% (0%) Slagteriaffald til foder: 2,8% (0,8%) Importeret foder: 15,8% (27,1%) | Korn: 10% (40%) Roer: 25% (1%) Mælk til foder: 0% (1,1%) Græsprotein: 6,7% (0%) Fiberfraktion: 21,5% (0%) Slagteriaffald til foder: 1,1% (0,8%) Importeret foder: 0% (27,1%) |
| Foryngelse af skov | 0,5% | 0,5% |
| Valg af skovtype | Hurtigvoksende kultur: 40% Naturskov: 60% | Hurtigvoksende kultur: 40% Naturskov: 60% |
| Split mellem træmaterialer og træ til energi | Træmaterialer: 48% Træ til energi: 52% (Som 2019) | Træmaterialer: 48% Træ til energi: 52% (Som 2019) |
| Effektivitet af gennemsnits-svin | Slagtesvin: 110% i 2050 Foder og gylle: 105% i 2050 | Slagtesvin: 100% i 2050 Foder og gylle: 100% i 2050 |
| Effektivitet af gennemsnits-kvæg | Slagtekvæg: 94% i 2050 Mælk: 165% i 2050 Foder og gylle: 132% i 2050 | Slagtekvæg: 161% i 2050 Mælk: 0% i 2050 Foder og gylle: 13% i 2050 ⁴ |
| Effektivitet af gennemsnits-fjerkræ | Slagtefjerkræ: 120% i 2050 Foder og gylle: 110% i 2050 | Slagtefjerkræ: 100% i 2050 Foder og gylle: 100% i 2050 |
| Reduktion af emissioner | Lattergas på mark: 70% Gødningshåndtering: 90% Fordøjelse: 75% | Lattergas på mark: 70% Gødningshåndtering: 0% Fordøjelse: 0% |
| Græsudbytte på græsmark | 140% i 2050 | 140% i 2050 |
| Proteinindhold i høstet græs | 20% i 2050 | 20% i 2050 |
| Effektivitet af ekstrahering | 75% i 2050 | 75% i 2050 |
| Græs til ekstrahering | 100% i 2050 | 71% i 2050 |
| Fordeling fødevarer og foder | Fødevarer: 50% Foder: 50% | Fødevarer: 50% Foder: 50% |

³ Input, der ikke er ændret på, er ikke nævnt her. Procentdel i 2019 er nævnt i parentes.

⁴ Indeholder antagelse om at kvæg i fremtidsbillede 2 går ude 90% af året. Gyllen vil derfor kun være til rådighed 10% af tiden til videre brug, og dyrene vil kun have brug for foder i 10% af tiden.

Bilag A Fuldt overblik over modellens processer og råvarestrømme



Bilag B Dokumentation for udvidelse december 2021

Træ: enhed fra m³ til ton

Her har vi lavet enheden til ton baseret på data fra Skovstatistikken (type af nuværende skov), sagsnotat: "Kulstofbinding ved skovrejsning 2020" (anvendelse af deres antagelser om fordeling af trætype indenfor hver skovtype), samt Bolius <https://www.bolius.dk/braende-til-braendeovne-og-pejse-17493> (rumtæthed):

| Træart | Rumtæthed (kg tørstof/m ³) | Rumtæthed (kg/m ³ ved vandindhold på ca. 18%) |
|-----------------------|--|--|
| Bøg | 580 | 710 |
| Eg | 570 | 700 |
| Ask | 570 | 700 |
| Elm | 565 | 690 |
| Birk | 540 | 620 |
| Ahorn | 500 | 660 |
| Bjergfyr | 490 | 600 |
| Pil | 460 | 560 |
| Ei | 440 | 540 |
| Skovfyr | 430 | 520 |
| Lind | 420 | 510 |
| Gran og poppel | 370 | 450 |

Udregningen af rumtæthed er baseret på, hvilken type skov der er tale om. Dette udregnes på arket "Hugst" i DK-BioRES filen og kan ses i cellerne J4:J15.

For træ direkte til energiformål fra skoven, antages en rumtæthed på 85% af den rumtæthed, der er anvendt for træerne, for at reflektere, at det ikke er helt så tungt som det træ, der ryger til tømmerproduktion. Dette kan nemt opdateres i arket "Hugst" i DK-BioRES filen – celle N4.

Tørstofindholdet angives til 0.82, da rumtætheden er med 18% vandindhold.

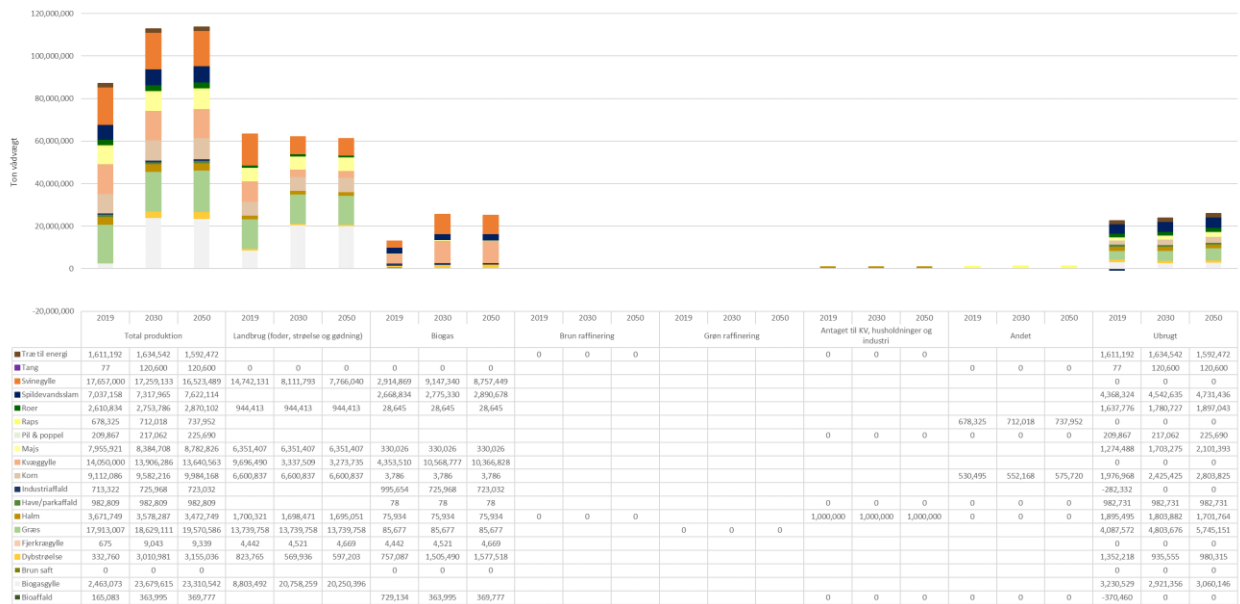
Energiindholdet er udregnet ved at tage produktion af træ fra energistatistikken for 2019, fratække pil&poppel til energi fra modellen i 2019, og til sidst dividere dette tal med mængden af træ til energi fra modellen i 2019. Herved kommer vi til en brændværdi på ca. 26.7 GJ/ton \approx 14.5 GJ/m³.

Hvis rumtætheden opdateres, så bør brændværdien opdateres, så man kommer tættere på tallene for 2019. Dette gøres ved at opdatere celle D19 med den nye mængde træ til energiformål i 2019 (det kan tages fra Scenarie_BAU efter opdatering og findes på Resultater – Danmark).

Ny tabel til resumé-arket

Vi har tilføjet den ønskede tabel med figur i bunden af resumé-arket. For at benytte sig af antagelser omkring brug af biomasse til energiformål, er tabellen "Biomasser antaget anvendt til energi*" i scenariefilerne på ark "Forbrug til andet" tilføjet. Her kan man indskrive den antagne mængde biomasse anvendt til energi i ton. Derudover har vi tilføjet tabellen på samme ark i højre side, så man kan holde styr på hvor meget biomasse, der er til rådighed.

Den endelige figur på resuméarket ser ud som nedenstående. Vi har beholdt enheden i ton (og ikke millioner ton) for at gøre det mere klart hvor meget, der er tilbage.



I kolonnen Ubrugt er der angivet, hvad der potentielt kunne bruges til energiproduktion. Vi har kun medtaget biomasse, der kan bruges til energiproduktion i denne figur.

For at lave figuren har vi yderligere tilføjet et ark "Forbrug af biomasse (2)", der, udover hvad der står i "Forbrug af biomasse" også indeholder rækker med antaget til KV, total produktion og ubrugt. Det nye ark refererer til "Forbrug af biomasse", og skal opdateres, hvis "Forbrug af biomasse" opdateres.