

# Miljøvurdering af konventionel og økologisk avl af grøntsager

Livscyklusvurdering af produktion i væksthuse og på  
friland: Tomater, agurker, løg, gulerødder

Niels Halberg  
Danmarks JordbrugsForskning

Randi Dalgaard  
Forskningscenter Foulum

Morten Dalgas Rasmussen  
Dansk Erhvervsgartnerforening

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

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

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

# Indhold

INDHOLD	3
FORORD	4
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	9
1 DATAINDSAMLING OG MILJØVURDERING AF VÆKSTHUSGRØNTSAGER	11
1.1 VALG AF PRODUKTIONSSYSTEM OG TEKNOLOGISK AFGRÆNSNING	11
1.2 DATAINDSAMLING OG MODELLERING	12
<b>1.2.1 Model for produktion af kraftvarme samt udledninger efter katalysator</b>	<b>12</b>
<b>1.2.2 Konventionelle væksthusegartnerier</b>	<b>13</b>
<b>1.2.3 Økologiske væksthusegartnerier</b>	<b>15</b>
1.3 MILJØPÅVIRKNING PR. KG TOMATER OG AGURKER	16
2 DATAINDSAMLING OG MILJØVURDERING AF GULERØDDER OG LØG PÅ FRILAND	22
2.1 VALG AF PRODUKTIONSSYSTEM OG TEKNOLOGISK AFGRÆNSNING	22
2.2 DATAINDSAMLING OG MODELLERING	23
<b>2.2.1 Økologiske og konventionelle gulerødder</b>	<b>23</b>
<b>2.2.2 Model for dyrkning og opbevaring af løg</b>	<b>27</b>
2.3 MILJØPÅVIRKNING PR. KG GULERØDDER OG LØG	28
3 FRILANDS- OG VÆKSTHUSGRØNTSAGER SAMMENLIGNET MED ANDRE MADVARER	31
4 KONVERTERING AF SIMAPRO-DATA TIL GABI-FORMAT	34
4.1 INDLEDNING	34
4.2 KONVERTERINGEN FRA SIMAPRO TIL GABI	36
4.3 RESULTATER AF KONVERTERINGEN	36
5 REFERENCER	37
BILAG A. MODEL FOR ENERGI-FORBRUG OG PRODUKTION TIL VÆKSTHUSE BASERET PÅ KRAFTVARME	37
BILAG B. OVERSIGT OVER GARTNERIER, SOM ER BESØGT GENNEM PROJEKTET	38
BILAG C. EKSPORT AF SIMAPRO DATASÆT	42

# Forord

Der er stigende international fokus på produkters miljøbelastning set i et livscyklusperspektiv og såvel UNEP som EU har taget initiativer til at styrke den produktorienterede miljøindsats i tråd med den danske politik, såkaldt Integreret produktpolitik (IPP). Miljøbelastningen ved frembringelse og forbrug af fødevarer udgør en af de største poster i en families daglige forbrug og miljøbelastning. Derfor efterspørges information om miljøbelastningen pr. produceret enhed af forskellige fødevarer til brug indenfor produktkæden (primærproducenter og forarbejdningsled) som redskab til miljøforbedringer og til dokumentation. Produktorienteret miljøinformation kan også bruges af myndigheder og forbrugergrupper til at vurdere forskellige produktionsmetoder.

Samtidigt sker der i disse år en udvikling af nye og forbedrede metoder til at sikre forbrugernes tillid til fødevarerne gennem øget sporbarhed (Traceability) og kvalitetssikringsystemer (Quality Assurance, QA) i kæden fra jord til bord. Fokus er her indtil videre på fødevarerens sikkerhed i sundhedsmæssig forstand men der er tegn på at spørgsmål såsom brugen af GMO-sorter bliver af betydning og vil indgå i produktinformationen. Miljøpåvirkninger ved fødevarerproduktionen indgår indtil videre mest i form af garantier for Godt landmandskab (GAP). Informationen anvendes indenfor kæden (business-to-business) og deklarerer af og til med mærker såsom dansk IP og den lille røde traktor i England. Disse mærker baserer sig ikke på faktiske miljøopgørelser igennem kæden, men på om landbrugeren overholder krav om god planlægning, sprøjtning efter behov osv. Dette gælder ikke mindst grøntsager, hvor dansk IP har en høj tilslutningsgrad på en del kulturer. På europæisk plan stiller store dele af detailhandelen krav om den slags dokumentation i regi af organisationen EurepGAP, som beskrevet i rapporten "Produktorienteret miljøindsats i landbrugssektoren - forudsætninger og fremsyn" udarbejdet til Miljøstyrelsens Produktpanel for Landbrug (<http://www.produktpanel-landbrug.dk/view.asp?ID=2712>).

Danske grøntsager sælges overvejende på hjemmemarkedet men konkurrerer her med tilsvarende importerede varer. Derfor er udviklingen på det Europæiske marked ikke irrelevant for danske forhold. Det kan antages, at markedet med tiden også vil efterspørge specifik og veldokumenteret information om produktionsmetodernes faktiske miljøforhold indenfor business-to-business relationerne, hvilket bl.a. blev synligt ved en international konference om QA (se summary og refs. i Halberg, 2003, tilgængelig på nettet: [http://www.lcafood.dk/lca\\_conf/](http://www.lcafood.dk/lca_conf/)).

Der kan på baggrund af ovenstående være et behov for at udvikle brugen af livscyklustankegangen indenfor grønsagssektoren og fremskaffe validerede data. I projektet "LCA af basislevnedsmidler" ([www.LCAfood.dk](http://www.LCAfood.dk)) (Nielsen, 2003) er etableret en offentlig tilgængelig database indeholdende repræsentative data for livscyklusvurderinger af landbrugsprodukter. Databasen indeholder, ud over data vedr. selve afgrødedyrkningen, også data vedr. forarbejdning, transport, fremstilling af kunstgødning og elektricitet mm. I løbet af projektperioden er mange metodemæssige problemstillinger løst, hvilket bl.a. har bevirket at data, i modsætning til de fleste andre LCA-data, er

repræsentative. I forbindelse med projektet blev der i oktober 2003 afholdt "4th International Conference on Life Cycle Assessment in the Agri-food sector" hvor udvalgte metoder og resultater udarbejdet i projektet blev præsenteret i et internationalt forum.

Den etablerede database dækker traditionelle landbrugsafgrøder men ikke grøntsager pt. Der er behov for at udvide databasen med information vedr. dansk avlede grøntsager i væksthuse og på friland. I den sammenhæng er der nogle metodemæssige spørgsmål af international relevans som skal løses, herunder hvordan man indregner energiforbruget til opvarmning, når producenterne producerer kraft-varme og CO<sub>2</sub>-gødske i væksthuse med udstødningsgasserne.

På denne baggrund er formålet med projektet:

- at udarbejde og offentliggøre kvalitetssikrede LCA-data for udvalgte frilandsgroensager (gulerødder, kartofler og løg) og væksthusegroensager (tomater og agurker) til brug såvel internt i branchen som i forbindelse med livscyklusvurderinger af sammensatte levnedsmidler via etablerede LCA databaser,
- at løse metodemæssige problemstillinger forbundet med udarbejdelsen af livscyklusvurderinger for grøntsager og formidle disse internationalt bl.a. gennem den etablerede LCAfood database,
- at bidrage til at branchen kan anvende produktorienterede miljøinformationer (LCA baserede data og metoder) til intern sammenligning mellem producenter med henblik på forbedrede miljøpræstationer (såkaldt benchmarking),
- at bidrage til at branchen vil kunne redegøre for og dokumentere ressourceforbrug og miljøpåvirkning pr. produceret enhed for væsentlige grøntsager såfremt det bliver efterspurgt i markedet i fremtiden.
- At konvertere den eksisterende database "LCA-food.dk" fra Simapro format til GaBi format, for at gøre det tilgængeligt for brugere af de kommende versioner af UMIP-databasen.

Målgruppen er grøntsagsproducenter, branchefolk og konsulenter, som ønsker at få indblik i hvilke dele af produktionskæden, der er de mest miljøbelastende og ressourceforbrugende, hvordan dette ville kunne forbedres samt hvilke af de danske produktionsformer, som har den bedste miljøpræstation.



# Sammenfatning og konklusioner

Information om produkters miljøbelastning efterspørges i stigende grad både som information mellem producenter, mellemhandlere og aftagere i kæden og blandt myndigheder og forbrugergrupper. Fødevarer udgør en vigtig del af en families samlede miljøbelastning og tidligere studier har vist at der er store forskelle imellem forskellige madvarers miljøbelastning pr. kg produkt (se f.eks. [www.lcafood.dk](http://www.lcafood.dk)). Dette skyldes både (uomgængelige) forskelle imellem produktionsprocesserne for forskellige produkter (f.eks. mælk vs. kartofler) og forskelle i ressourceforbrug og udledninger ved forskellige produktionsmetoder for det samme produkt. Det kan forventes at produktbaseret miljødokumentation i fremtiden vil blive en blandt flere konkurrenceparametre i afsætningsleddet.

Det er derfor relevant at opgøre miljøbelastningen af danske grøntsager ved brug af Livscyklusvurdering (LCA). Denne metode er egnet til at opgøre det samlede ressourceforbrug i en produkt-kæde og de dertil hørende udledninger i et overskueligt antal miljøpåvirknings kategorier pr. kg produkt leveret.

I denne rapport præsenteres LCA af væksthushgrøntsager (tomater og agurker) og frilandsgrøntsager (gulerødder og løg) baseret på information fra udvalgte gartnerier i kombination med oplysninger fra DEG's konsulenter samt kommentarer fra eksperter i branchen. Der er således opstillet modeller for konventionelt avlede tomater og agurker i moderne væksthuse med eget kraftvarmeanlæg, dyrkning i stenuldsmåtter samt med og uden recirkulering af gødningsvandet. Desuden er opstillet en model for økologisk tomat i væksthush med samme varmforsyning men dyrket i jord tilført kompost.

Kraftvarmeproduktionen i større væksthush-anlæg er relativt effektiv og har den fordel, at man i kombination med katalysatoranlæg kan anvende CO<sub>2</sub> i røggassen til CO<sub>2</sub>-gødsning i væksthushene, hvilket angiveligt øger planteproduktionen. Imidlertid sker der et væsentligt forbrug af fossil energi til at opretholde varmen i væksthushene fra begyndelsen af sæsonen hvilket medfører en udledning af drivhusgasser på over 3 kg CO<sub>2</sub>-ækvivalenter pr. kg konventionelle tomater og knap 5 kg CO<sub>2</sub>-ækvivalenter pr. kg økologiske tomater. Dette er på niveau med udledningen af drivhusgasser pr. kg svinekød og væsentligt højere end andre fødevarer.

Ved produktion af konventionelle tomater og agurker udledes over halvdelen af kvælstof og fosfor tildelt efter gødningsnormerne med vandingsvandet, såfremt der ikke anvendes recirkulering. Der mangler tilstrækkelig dokumentation af hvor meget næringsstoffetab vil reduceres under praktiske forhold med brug af recirkuleringsanlæg. Imidlertid tyder resultater fra enkelte gartnerier og modelberegninger på at andelen af det tilførte N og P, som høstes med tomaterne, kan øges fra ca. 40% til op mod 66% ved anvendelse af recirkulering. Tabet af næringsstoffer fra det økologiske tomat gartneri var lavere end i det konventionelle men på niveau med anlæg med recirkulering. Som følge af det lavere udbytte og det relativt højere energiforbrug pr. tomat (som udleder kvælstof-forbindelser) er næringssaltbelastningen pr. kg økologisk tomat højere eller på niveau med konventionelle (afhængigt af om

mer-udvaskningen fra anvendt husdyrgødning tillægges tomaterne eller den husdyrproduktion, hvor komposten kommer fra).

Modeller for konventionel og økologisk dyrkede gulerødder til sen optagning og lagring i hhv. kølehus og under halmdække i marken blev sammenlignet. Dieselforbruget til dyrkning af gulerødder er højere end for de fleste øvrige landbrugsafgrøder. Dette skyldes primært den forholdsvis lange transportafstand fra mark til pakkeri, som er en konsekvens af at gulerodsavlerne undgår at anvende jorde hvor der har været dyrket gulerødder inden for de sidste 5 år. Sammenligning af gulerødder som opbevares under halm og i kølerum frem til 15. januar viste at drivhusgasudledningen er lavest fra gulerødder opbevaret under halm, på trods af det forholdsvis høje dieselforbrug til presning, transport og udspreddning af halm. Nærings saltbelastningen var den samme for de to typer gulerødder, mens de halmdækkede gulerødder gav det største bidrag til forurening og fotokemisk smog.

Konventionelle gulerødder havde generelt en lavere udledning af miljøskadelige stoffer end økologiske gulerødder. Dog skal det bemærkes at pesticider ikke er inddraget i modellerne, hvilket skyldes metodemæssige problemer. Dette bør især tages i betragtning ved fortolkning af resultaterne, idet økologisk produktion har en potentiel miljøfordel, især i frilandskulturer. I økologisk gulerodsdyrkning anvendes to strategier, som er forsøgt modelleret. Én strategi hvor der tilføres meget husdyrgødning (50 tons pr. ha) og opnås udbytter på 53 tons pr. ha og en strategi hvor der tilføres mindre husdyrgødning (25 tons pr. ha) og opnås udbytter på 40 tons pr. ha. Sammenligningen viste at strategien med lave udbytter havde den laveste nærings saltbelastning pr. kg gulerod, men det højeste bidrag til drivhuseffekt og fotokemisk smog.

Konventionelle løg bidrog mere til drivhuseffekt, forurening og nærings saltbelastning end gulerødder, hvilket blandt andet skyldes et højt energiforbrug til tørring og pakning. Miljøpåvirkningen af frilandsgroentesager er generelt lav sammenlignet med andre fødevarer, især animalske. Væksthusgroentesager er årsagen til en udledning af CO<sub>2</sub> pr. kg, som er på niveau med udledningen af drivhusgasser pr. kg svinekød. Sammenligning af en række typiske middagsmåltider til en familie viser at man kan reducere miljøomkostningen med 25-30% ved at reducere kødforbruget fra knap 200 g per person til 100 g per person og øge andelen af grøntsager.



# Summary and conclusions

Information about the environmental impact of consumer goods is being increasingly demanded both by public authorities and consumers and among producers, distributors and retailers in the production chain. Food is an important component of the overall environmental impact on a family, and earlier assessments have demonstrated large differences in the environmental impact generated per kg product of different foods (see, for example, [www.lcafood.dk](http://www.lcafood.dk)). This is both because different products, such as milk and potatoes, obviously require different production processes, and because a particular product can be produced and processed in several different ways. Documentation of a product's environmental impact is expected to become one of the competitive parameters in the marketing of a product in the future.

The use of life cycle assessments (LCA) to document the environmental impact of Danish vegetables is therefore an important contribution to this end. LCAs are used to calculate the overall resource use in a production flow and the associated emissions to the environment per kg product retailed for a manageable number of environmental impact categories.

This report presents the LCA of greenhouse-grown tomatoes and cucumbers and field-grown carrots and onions, based on information from a selection of growers in combination with information from the Danish Association of Horticultural Producers and expert statements. Models have thus been produced for the conventional production of tomatoes and cucumbers in a) modern greenhouses with combined heat and power facilities, b) on mineral wool mats, and c) with and without recycling of the nutrient solution. A model has also been produced for organic tomato greenhouse production with a similar heat input, but with compost added to the soil.

The combined heat and power production in a greenhouse plant is relatively efficient, and also benefits from the fact that with the assistance of a catalyser the CO<sub>2</sub> from the flue gas can be used for CO<sub>2</sub> fertilisation, which apparently increases plant production. Considerable fossil fuel consumption is, however, required to maintain the temperature in the greenhouse at the start of the season, which results in greenhouse gas emissions of more than 3 kg CO<sub>2</sub> equivalents per kilo conventional tomatoes and nearly 5 kg CO<sub>2</sub> equivalents per kg organic tomatoes.

In a conventional tomato and cucumber production more than 50 per cent of the standard Nitrogen and Phosphorus fed to plants is lost if the drainage water is not recycled. Information on how much this loss could be reduced if recycling facilities were installed, is very limited. A few results from growers and model calculations show an increase from 40 to 66 per cent of the N and P use efficiency by tomatoes when feeding water was recycled. The nutrient loss from organic tomatoes was lower from conventional production, but probably at the level of conventional systems with recycling of water. The lower yield and relatively higher energy consumption per tomato results in a nutrient load per kilo organic tomato that is higher or on par with the conventional production, depending on whether the leaching from the animal

manure-based compost is attributed to the tomatoes or to the livestock production on which the compost is based.

Model comparisons were made for conventional and organic carrots for late harvesting and storage in either cold store or under straw matting in the field. The consumption of diesel in carrot production is far larger than for most other agricultural crops. This is mainly due to the distances involved between production sites and packing house – a consequence of growers having to rotate their carrot sites to ensure a cropping interval of at least five years. A comparison of carrots kept under straw and in cold store until 15 January revealed that greenhouse gas emissions are lower when carrots are covered by straw, despite the relatively large fossil fuel consumption involved in the pressing, transporting and spreading of straw. The nutrient load was similar for the two storage methods, but straw covering made the largest contribution to acidification and photochemical smog.

Generally, conventional carrot production resulted in smaller emissions of environmentally harmful substances than organic production, although the models do not include the use of pesticides. This was due to methodological problems. The lack of pesticides in the environmental assessment should be considered if comparing the two systems, because of the potential environmental advantage offered in the organic system in this aspect, especially for carrots and onions. Two strategies were used in the modelling of organic carrot production. One strategy included a large application of animal manure (50 t/ha) and yields of 53 t/ha, and a second strategy included a smaller application of animal manure (25 t/ha) and yields of 40 t/ha. The comparison shows that the low-yield strategy had the smallest nutrient load per kg carrot, but the largest contribution to the greenhouse effect and photochemical smog.

Conventionally produced onions contributed more to the greenhouse effect, acidification and nutrient load than carrots compared per kg product, which is due partly to the large consumption of energy during the drying and packing stages. The environmental impact of field-grown vegetables is generally lower than other – particularly livestock – products. Greenhouse productions of vegetables produce as much CO<sub>2</sub> per kg product as the production of one kg pork. Comparisons of a number of different typical dinner meals for a Danish family demonstrate that reducing meat consumption from around 200 gram per person to 100, and increasing vegetable consumption, could reduce the total environmental load from the meal by 25-30 per cent.

# 1 Dataindsamling og miljøvurdering af væksthushgrøntsager

Projektet fokuserer på Danske grøntsager i væksthush og på friland. Inden for væksthushgrøntsager er tomater og agurker de to største og dominerende kulturer. Der produceres ca. 20.000 tons tomater og ca. 40 mio. stk. agurker om året i Danmark og stort set hele produktionen afsættes på hjemmemarkedet. Som det fremgår af tabel 1.1 (andel af den samlede produktion) er størstedelen af produktionen centreret på ganske få, meget store gartnerier hvoraf de 10 største væksthushgrøntsagsgartnerier har arealer på mellem 25.000 og 100.000 m<sup>2</sup> under glas. Dataindsamlingen er sket i et samarbejde mellem DEG og DJF og baseret på besøg i udvalgte gartnerier. (Se bilag). Det blev konstateret at der er forskel imellem gartnerierne mht. varme-kilden, CO<sub>2</sub>-gødsning, brug af jord vs. dyrkningsmætter med stenuld, recirkulering af vand og næringssalte samt typen af tomater, som dyrkes. I det følgende redegøres for de vigtigste valg vedr. valg af produktionssystem, dataindsamling og modellering af tomat- og agurkeproduktion og resultaterne i form af miljøvurdering følger derefter.

Tabel 1.1 De største væksthushgartneriers andel af den samlede tomat- og agurkeproduktion i Danmark (DEG, 2004).

Bedrift	Tomat Agurk	
	%	
De tre største	57	47
De seks største	80	67
De ni største	87	79
De tolv største	93	84
Bedrifter		
Antal i alt	20	26

## 1.1 Valg af produktionssystem og teknologisk afgrænsning

På baggrund af statistik over produktionens fordeling på forskellige producenter og de hyppigst anvendte driftsmetoder er det valgt at fokusere på produktion af almindelige tomater (dvs. fravalg af cherrytomater, blommetomater og andre special-produkter) samt agurker i konventionel og økologisk drift. Traditionelt har en del af væksthushproduktionen været lokaliseret i områder med adgang til fjernvarme fra kraftvarmeværker i tilknytning til bysamfund. I stigende grad bygger gartnerierne egne kraftvarmeværker baseret på naturgas, hvorved de både kan sælge el samt udnytte CO<sub>2</sub>-udledningen til at fremme plantevæksten ved at rense røggassen med brug af katalysator. Det er derfor valgt at fokusere på denne type varmeforsyning i alle modellerne. Stort set alle gartnerier, som ikke leverer certificerede økologiske produkter, dyrker planterne i stenulds-mætter og tilfører gødning opløst i vandingsvandet. Dette er ikke tilladt for økologisk produktion, hvorfor det er valgt at lade dette være en systematisk forskel på disse to produktionsmetoder, som det fremgår af tabel 1.2.

Tabel 1.2. Oversigt over modellerede systemer.

Konventionel tomat		Økologisk tomat	Konventionel agurk	
Kraftvarme 85%	Kraftvarme 85%	Kraftvarme 85%	Kraftvarme 85%	Kraftvarme 85%
Stenuldsmåtter	Stenuldsmåtter	Jord	Stenuldsmåtter	Stenuldsmåtter
Flydende gødning	Flydende gødning	Kompost	Flydende gødning	Flydende gødning
Afledning af overskudsvand	Recirkulering	Naturlig afdræning	Afledning af overskudsvand	Recirkulering

Vanding styres i mange væksthuse med avanceret computer-teknologi i kombination med fugtighedsmålere i måtterne og anden klimatisk information. Gartnerne forsøger at ramme en balance mellem tilstrækkelig saftspændthed i planterne til optimal vækst og risikoen for angreb af plantesygdomme mm. ved overvanding og gødsning. Derfor vandes og afdrænes på en måde, som medfører at ikke alle næringsstoffer i vandet optages af planterne. En del af næringsstofferne udledes til det omgivende miljø og der er pt. ikke så mange gartnerier, som recirkulerer gødningsvandet. Dette er dog en teknologi som findes i praksis og som kunne udbredes mere. Derfor er der opstillet modeller for tomater og agurker med og uden recirkulering af gødningsvand, for at vise forskellen i miljøeffekt pr. kg grøntsager.

**Den funktionelle enhed er:** '1 kg alm. tomater leveret af væksthuse' hhv. '1 kg agurk leveret af væksthuse'.

## 1.2 Dataindsamling og modellering

Data er indsamlet fra en række gartnerier ved personlige besøg samt efterfølgende kontakt til konsulenter mm. Da gartnerierne er ret forskellige som følge af deres individuelle historie og lokalitet mm. og desuden ofte består af både ældre og nyere væksthuse, energiforsyninger, CO<sub>2</sub>-anlæg mm. har det ikke været hensigtsmæssigt at opstille miljøvurderingen alene på baggrund af et gennemsnit af gartnerierne eller ved at vælge ét bestemt gartneri som eksempel. I stedet er der opstillet en række modeller, som repræsenterer typiske, moderne tomat- og agurkegartnerier med eget gasfyret kraft-varme anlæg med katalysator. Det er antaget, at det økologiske gartneri har samme varmebehov pr. m<sup>2</sup> og samme relative energiforbrug via kraftvarme som de større konventionelle gartnerier.

For hver af de modellerede væksthuseproduktioner med tilhørende forbrug af ressourcer er opstillet en proces i LCA-værktøjet Simapro. Disse processer er koblet til relevante processer for energiproduktion (kraftvarme og CO<sub>2</sub>-rensning), gødning, produktion af stenuldsmåtter osv.

I de følgende gives flere detaljer om de forskellige modeller for tomat- og agurkegartnerierne.

### 1.2.1 Model for produktion af kraftvarme samt udledninger efter katalysator

Der er opstillet en simpel model for kraftvarme-produktion med efterfølgende rensning af røggassen med katalysator med henblik på at kunne anvende CO<sub>2</sub> til gødsning af kulturerne, tabel 1.3. Modellen tager udgangspunkt i en normberegning af varmebehovet i et standardvæksthuse igennem sæsonen på 702 Mwh pr. m<sup>2</sup>. Af det samlede varmebehov på 42.000 Mwh for hele væksthuset er 85% antaget dækket af et kraftvarmeanlæg og resten af et kedelanlæg, begge dele fyret med naturgas. Der er regnet med en

totalvirkningsgrad på 85% og en el-virkningsgrad på 39% i kraftvarmeanlægget, hvilket giver et samlet gasforbrug på 7.546.000 m<sup>3</sup> og en el-produktion på knap 30.000 MWh (tabel 1.3). På baggrund af oplysninger fra konkrete kraftvarme anlæg etableret i gartnerier er der i modellen anvendt et anlæg med en indfyret effekt på 12.000 Kw med tilhørende røggasudvikling på 26.000 Nm<sup>3</sup> pr. time i 6.300 timer pr. år. I beregningerne af miljøbelastningen er indholdet af NO<sub>x</sub>, UHC og CO i den urensede røggas antaget at være på niveau med grænseværdierne. Det er desuden antaget, at der er anvendt katalysator med Urea på halvdelen af kraftvarmeanlæggene og at katalysatorerne kan reducere No<sub>x</sub>-, UHC- og CO-udledningerne med hhv. 95, 50 og 99% ift. urensede røggas. Den resulterende model for energiforbrug er vist i tabel 1.3, som indeholder de samlede udledninger fra både kedelanlæg og kraftvarmeanlæg.

Tabel 1.3. Varmeforsyningsproces, kraftvarme inkl. katalysator.

	Tomater væksthuse	Standard model	Allokering, %
<b>Output</b>			
Varme, MWh	42.105	1.000	59
El, naturgas, MWh	29.684	705	41
<b>Input</b>			
Naturgas, m <sup>3</sup>	7.546.563	179.232	
Urea, kg	29.262	695	
Lubricant oil, liter	6.905	164	
<b>Emissioner</b>			
NO <sub>x</sub> , kg	47.663	1.132	
UHC, kg	185.683	4.410	
CO, kg	41.684	990	
Formaldehyd, kg	4.126	98	
CO <sub>2</sub> , kg	17.133.071	406.913	

I tabellen er anført de samlede udledninger (emissioner) samt den producerede el. Ved beregning af miljøbelastningen pr. kg grøntsager er inkluderet emissioner svarende til forholdet mellem den producerede el og varme, såkaldt allokering. Dvs. at 59% af emissionerne tillægges grøntsagsproduktionen mens resten tillægges den samproducerede elektricitet. Der er desuden anvendt følgende energiværdier: 41,5 MJ/m<sup>3</sup> gas og 11 MJ energi pr. kWh el.

## 1.2.2 Konventionelle væksthusegartnerier

Der er taget udgangspunkt i et væksthuse på 60.000 m<sup>2</sup> med samme kultur (dvs. enten tomater eller agurker), brug af Grodan stenuldsmåtter, 3 planter pr. måtte med 2,1 planter pr. m<sup>2</sup> og et udbytte på 57 kg tomater, hhv. 140 stk. agurker pr. m<sup>2</sup>, hvilket svarer til ca. 47 kg. pr. m<sup>2</sup>. Der regnes med omplantning af agurker en gang i løbet af sæsonen hvorfor planteforbrug for agurker udgør ca. 4,2 planter pr. m<sup>2</sup>. Vandforbrug svarer til oplysninger fra gartnerne (bilag på byvand samt oplysninger om opsamlet regnvand) og gødningsforbrug er antaget at være på niveau med Plantedirektoratets normer for N og P til tomater og agurker. Tabel 1.4 giver et overblik over ressourceforbrug og produktion i modelgartnerierne. De væsentligste ressource inputs er varme, gødning, dyrkningsmåtter og plastik til bunddække. Halvdelen af vandforbruget antages dækket af opsamlet regnvand. I nogle gartnerier udgør indkøb af CO<sub>2</sub> i flydende form en væsentlig post, men i stigende grad dækkes behovet for CO<sub>2</sub> af egen produktion via rensede røggas. Det er denne forsyningsmåde, som er antaget brugt i modellerne her.

Tabel 1.4. Årlig produktion og ressourceforbrug i tomat- og agurkevæksthus.

	Tomater std.	Tomater recirkulering	Økologisk tomat	Agurker std.	Agurker, recirkulering
<b>Output</b>					
Tomater, kg <sup>1)</sup>	3.420.000	3.420.000	195.000		
Agurker, kg <sup>1)</sup>				2.800.000	2.800.000
<b>Input</b>					
Kunstgødning, kg N <sup>1)</sup>	14.100	10.857		12.600	9.702
Husdyrgødning, kg N af lager <sup>2)</sup>			1.173		
Gødning, kg P <sup>1)</sup>	2.805	2.160	0	2.507	1.930
Traction, MJ <sup>2)</sup>	36.730	36.730	9.502		
Varme, mWh <sup>1)</sup>	42.105	42.105	3.509	42.105	42.105
Vand, oppumpet, m <sup>3</sup> 2)	36.000	21.600	500	36.000	21.600
Regnvand <sup>2) 3)</sup>	36.000	21.600	2.000	36.000	26.000
Planter <sup>2) 4)</sup>	126.000	126.000	15.337	360.000	252.000
Plastik, kg <sup>2)</sup>	9.936	9.936		9.936	9.936
Grodan måtter, kg <sup>2)</sup>	48.258	48.258	0	137.880	137.880
Snor, kg <sup>2) 5)</sup>	1.386	1.386	169	3.960	3.960
CO <sub>2</sub> <sup>2)</sup>	-	-	-	-	Via røggas - skøn
Elektricitet, MWh <sup>2)</sup>	1.044	1.148	87	1.044	1.148
<b>Emissioner <sup>7)</sup></b>					
NH <sub>3</sub>			45		
Lattergas	341	222	15	351	255
Nitrat	37.511	23.867	1.623	39.122	26.930
Fosfat	174	111	8	163	107

1) Normalt

2) Oplyst fra gartnerier

3) Opsamlet fra drivhustag

4) Fra formeringsgartneri

5) Uforgængelig type

6) Produceres ved rensning af røggas med katalysator (se denne proces)

7) Egen beregning

Tabel 1.5 og 1.6 viser forbrug af kvælstof (N) og fosfor (P) pr. ha væksthus for tomater hhv. agurker med og uden recirkulering af vand tilført stenuldsblokkene samt det høstede N og P i tomater. Som det fremgår nyttiggøres 38 og 40% af henholdsvis N og P tilført under standardbetingelser mens denne andel øges til ca. 50% ved recirkulering. Resten er enten tabt ved denitrifikation (antaget 5%), ved henfald af planterester samt udledning med vandingsvand. Det sidste er den største post og antages udvasket (næringsstofberigelse). Det er muligt at en større del af N-overskuddet tabes som denitrifikation, hvilket ville reducere næringsstofberigelsen pr. kg tomater men muligvis samtidigt øge drivhusgasudledningen (i form af lattergas). Det har ikke været muligt at finde gode estimater for denitrifikation i stenuldsmåtter og det kan anbefales at undersøge dette nærmere.

Tabel 1.5. Næringsstofbalancer for tomater i væksthhus.

	Standard tomat model <sup>1)</sup>		Recirkulering af vand <sup>2)</sup>		Økologisk produktion <sup>3)</sup>	
	Kg pr. ha		Kg pr. ha		Kg pr. ha	
	N	P	N	P	N	P
Gødning	2.350	468	1.810	360	1.471	276
Salg af tomater	821	171	821	171	562	117
Overskud	1.529	297	989	189	909	159
Fraført med planter	67	17	67	17	46	11
Jordpuljændring						
Denitrifikation	118		91		74	
Jordpuljændring					29	
Ammoniaktab <sup>4)</sup>	-		-		74	
Til næringsstofberigelse	1.412	297	898	189	732	159
Tabt med vandet	1.345	297	831	189	686	159
% N og P udledt med vand	57	60	46	48	45	45
% N og P fraført i tomater og planter	38	40	49	52	41	47

1) Standard tomat model uden recirkulering, gødning efter norm fra Plantedirektoratet

2) Recirkulering af vand antages at spare 35% af vand og 25% af gødningsmængde

3) Økologisk produktion, der antages et vandtab på linie med anlæg med recirkulering

4) Efter udbringning af kompost

Tabel 1.6. Næringsstofbalancer for agurker i væksthuis.

	Standard agurk model <sup>1)</sup>		Recirkulering af vand <sup>2)</sup>	
	Kg pr. ha		Kg pr. ha	
	N	P	N	P
Gødning	2.100	418	1.617	322
Salg af agurker	523	140	523	140
Overskud	1.577	278	1.094	182
Fraført med planter	34		134	
Denitrifikation	105		81	
Til næringsstofberigelse	1.472	278	1.013	182
Tabt med vandet	1.439	278	879	182
% udledt med vand	67	66	55	56
% N og P fraført i tomaterne og planter	27	38	41	49

1) Standard agurk model uden recirkulering, gødning efter norm

2) Recirkulering af vand antages at spare 35% af vand og 23% gødningsmængde ift. norm.

Ved at recirkulere vand efter afdræning af dyrknings-blokkene kan der spares gødning og ved den antagne besparelse på 23% af gødningen bliver næringsstofoverskuddet reduceret med ca. 1/3 svarende til 500 kg N pr. ha. Den anvendte reduktion bygger på oplysninger om gødningsforbrug hos en agurkeavler, som har været pioner indenfor recirkuleringsanlæg. Den relativt beskedne besparelse skyldes formentligt, at det har været nødvendigt at skifte vand flere gange igennem sæsonen og der derved er tabt gødning (bl.a. fordi gødningens relative sammensætning på næringsstofniveau ikke forbliver konstant igennem flere recirkuleringscykler, mens tilførsel af ny gødning sker som en færdigblanding ift. ledningstallet, der angiver en sum af forskellige næringsstoffer). Det forventes at denne teknik vil kunne forbedres i fremtiden (Thorup-Kristensen, pers. komm.). Derfor har vi testet effekten af en endnu større besparelse på gødningsforbruget, nemlig op til 40% af N og P tilført. Herved øges andelen af optagede næringsstoffer til op mod 66% og derved reduceres overskuddet og dermed tabet væsentligt.

### 1.2.3 Økologiske væksthusegartnerier

Data stammer overvejende fra ét økologisk tomatgartneri på i alt 16.000 m<sup>2</sup>, heraf 5.000 m<sup>2</sup> med alm. tomater dyrket i jord. Gartneriet har eget kraftvarmeværk men bruger desuden fuel olie i en kedel som supplement og indkøber en del CO<sub>2</sub>. Imidlertid er varmemeforbruget pr. m<sup>2</sup> samt produktion af energi og CO<sub>2</sub> antaget at være af samme type og effektivitet som i den

konventionelle model for at sikre en systematisk sammenligning mellem økologisk og konventionel produktionsmåde (der er som nævnt også forskellige energisystemer indenfor konventionelle huse).

Gødningsforsyningen er beregnet ud fra oplysninger fra gartneriet samt antagelser om ammoniaktab og fremgår af tabellen med næringsstofbalancerne. Gartneriets gødningsforsyning er baseret på en hjemmeblandet kompost bestående af dybstrøelse fra et kvægbrug iblandet Binadan og Vinasse (tabel 1.7).

Tabel 1.7. Kvælstofforsyning til økologisk gartneri.

Tons dybstrøelse:	kg N pr. tons
300	8,5
	Kg N i alt
Total N i dybstrøelse	2.550
NH <sub>3</sub> -tab fra markstak	638
Kompost til væksthuse	1.913
Binander	300
Vinasse	185
Total N	2.398
N pr. ha total	<b>1.471</b>

Gartneriet modtager næsten frisk dybstrøelse, som komposteres før udspreddning i væksthuse. Udover det medregnede ammoniaktab på 5% af det udbragte N i komposten er der fradraget et standard ammoniaktab under komposteringsprocessen. Da dette ville ske under alle omstændigheder, uanset hvor dybstrøelsen blev lagret, er dette ikke medregnet som en udledning fra gartneriet.

Det er vanskeligt at udnytte total N-indholdet i kompost og der vil være et vist tab uanset hvilken afgrøde komposten anvendes på. Samtidig vil en del N i komposten blive indbygget i jordens organiske pulje. Nitrattabet i forbindelse med dyrkning af økologiske tomater er modelleret efter to principper. I modelleringerne er der for 'øko tomat' regnet med en N-opbygning i den organiske pulje svarende til 29 kg N pr. hektar pr. år. For 'øko tomat, korrektion for husdyrgødning' er mer-udvaskningen som følge af anvendelsen af dybstrøelse til økologiske tomater tillagt husdyrproduktionen efter en metode anvendt generelt for livscyklusvurdering af fødevarer i databasen LCAfood.dk . Den anvendte proces ligestiller anvendelsen af husdyrgødning og handelsgødning til planteavlsskifter med hensyn til udvaskning, såfremt husdyrgødningen anvendes efter normer, dvs. min. 60% udnyttelse af total N.

Der er beregnet et dieselforbrug på i alt 880 liter pr. år til jordbehandling i væksthuse samt transport og håndtering af gødningen i det økologiske system idet dette anses for at være en konsekvens af dyrkningsmetoden. Det økologiske gartneri anvender nu nylonstrømpe til opbinding i lighed med de konventionelle, hvilket bevirker at planterne ikke kan bruges som kompost på marker. Derfor anses kvælstofindholdet i planterne for tabt.

### 1.3 Miljøpåvirkning pr. kg tomater og agurker

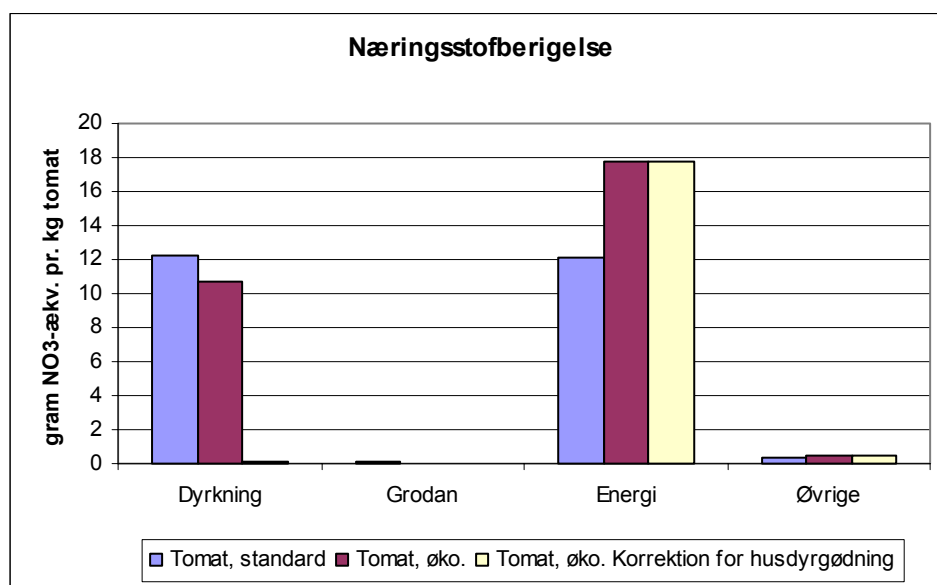
Tabel 1.4 viser produktion, ressourceforbrug og emissioner for modellerne af tomat og agurkeproduktion i væksthuse til brug for beregning af miljøbelastningen pr. kg produkt. Data vedr. produktion i væksthuse er koblet til processer for gødningsproduktion, varme, stenulds måtter mm. i Simapro og de samlede emissioner er sat i forhold til tomaterne (som dermed



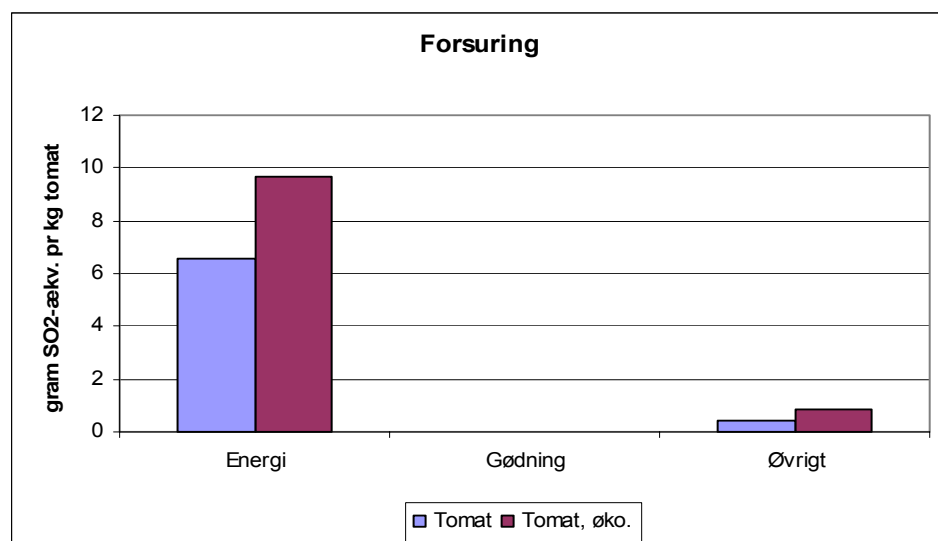
er eneste produkt). Emissionerne fra selve væksthuse er beregnet ud fra næringsstofbalancer og anslået tab ved denitrifikation.

Figur 1.1 viser at de væsentligste bidrag til næringsstofberigelse pr. kg tomater stammer fra tab af gødning ved dyrkning (overskuddet i tabel 1.5 og 1.6) samt energi fra kraftvarmeproduktion (afbrænding af naturgas giver emission af kvælstofforbindelser som afsættes i miljøet siden hen). En væsentlig forskel på dyrkningen af økologiske og konventionelle tomater er brugen af hhv. kunstgødning og husdyrgødning. Nærings saltbelastning pr. kg. økologisk tomat fra dyrkning er lidt lavere da en væsentlig del (29 kg N pr. ha pr. år) af N i husdyrgødning indbygges i jordpuljen og dermed ikke tabes til miljøet. Hvis der korrigeres for husdyrgødningen således at tabet fra husdyrgødning tilskrives husdyrproduktionen og ikke de økologiske tomater bliver tabt fra dyrkningen næsten 0. Dette skyldes at N-udnyttelsen i den økologiske tomatproduktion er ganske høj (tabel 1.5), sammenlignet med de nøgletal, der er anvendt til korrektion, som bygger på almindelig landbrugsafgrøder.

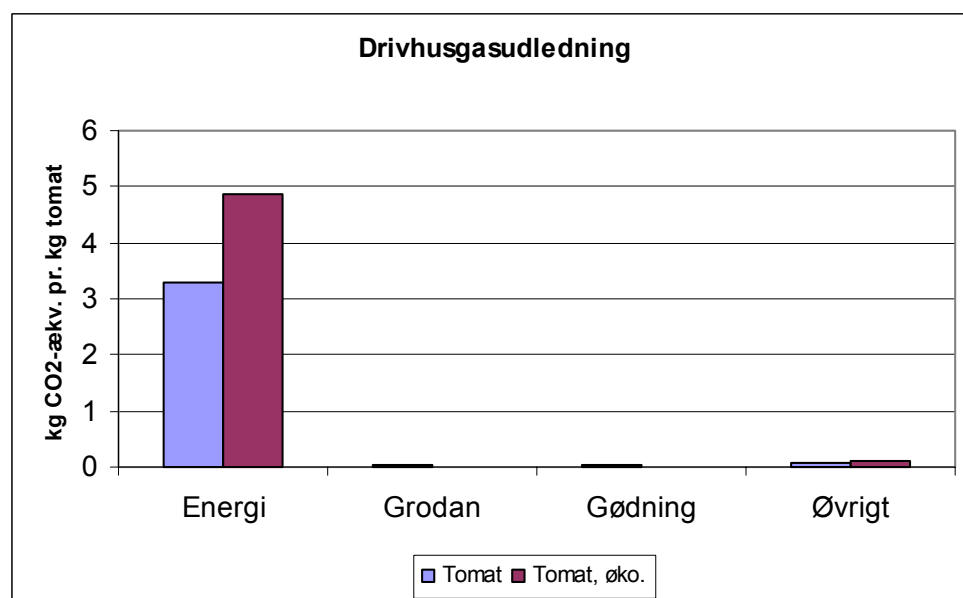
Varmeproduktionen er også den væsentligste årsag til forsurening (stort set den eneste årsag hertil i konventionelle væksthuse, idet der antages ikke at ske en ammoniakfordampning), se figur 1.2. I det økologiske system sker der en ammoniakfordampning, som også bidrager til forsurening, dog med en væsentlig mindre andel end bidraget fra varmeproduktionen.



Figur 1.1. Næringsstofberigelse ved produktion af konventionelle og økologiske tomater.



Figur 1.2. Forsuring ved produktion af konventionelle og økologiske tomater.



Figur 1.3. Drivhusgasudledning ved produktion af konventionelle og økologiske tomater.

Figur 1.3 viser tilsvarende de forskellige bidrag til drivhusgasemissionen pr. kg tomat fra de mest betydelige processer. Ikke overraskende udgør varmeproduktionen (efter proportional fordeling af emissionerne fra kraftvarme-processen mellem varme og el) den største del af bidraget til emissionen af drivhusgasser (næsten 90%). Produktion af gødning bidrager med under 2%.

Den ekstra planteproduktion som følge af CO<sub>2</sub>-gødsning antages nedbrudt med en kort tidshorisont, hvorfor det ikke anses for relevant at fradrage denne mængde CO<sub>2</sub> fra emissionen af drivhusgasser.

Tabel 1.8 og 1.9 viser resultaterne i form af fire miljøbelastningskategorier, drivhuseffekt, forsurening, næringsstofberigelse og fotokemisk smog for de forskellige produktionsmetoder af tomater og agurker. Energiforbruget til opvarmning af drivhuse i Danmark er årsagen til en relativt høj udledning af drivhusgasser pr. kg tomater og agurker (f.eks. sammenlignet med markgrøntsager, se næste kapitel). Der sker en relativt højere udledning af drivhusgasser pr. kg økologiske tomater og en større forurening sammenlignet med konventionelle, idet varmemeforbruget pr. m<sup>2</sup> væksthuse er det samme i modellerne mens udbyttet er lavere. Den højere næringsstofberigelse for økologiske tomater skyldes udelukkende det højere energiforbrug pr. kg. tomat, da næringsstofberigelsen ved selve dyrkningen er lavere end for de konventionelle tomater (jf. figur 1.1).

Tabel 1.8. Miljøpåvirkning ved produktion af ét kg tomater.

		Tomat	Tomat, recirk.	Tomat, øko.	Tomat, øko. korr. for husdyrgødning
Drivhuseffekt,	g CO <sub>2</sub> -ækv.	3,450	3,450	4,960	4,920
Forsuring,	g SO <sub>2</sub> -ækv	7,2	7,2	10,5	9,6
Næringsstofberigelse	g NO <sub>3</sub> -ækv	24,7	20,4	28,0	17,2
Fotokemisk smog,	g ethen-ækv.	0,8	0,8	1,2	1,2

Tabel 1.9. Miljøpåvirkning ved produktion af ét kg tomater.

		Agurk	Agurk, recirk
Drivhuseffekt,	g CO <sub>2</sub> -ækv.	4370	4370
Forsuring,	g SO <sub>2</sub> -ækv	9,3	9,3
Næringsstofberigelse	g NO <sub>3</sub> -ækv	31,3	26,6
Fotokemisk smog,	g ethene-ækv.	1,2	1,2

### Pesticidanvendelse:

I miljøvurderingen indgår ikke forbrug af pesticider i væksthusegartnerierne af datamæssige og metodiske årsager. På de besøgte gartnerier har der ikke været anvendt pesticider i de senere år efter avlernes oplysninger, men dette er formentlig ikke typisk for de konventionelle gartnerere som helhed. Ifølge IP reglerne, som de fleste tomat-gartnerere følger, må der bruges en begrænset liste af pesticider.

Imidlertid anslår Kirsten Jensen udvalget<sup>1</sup> at der er et relativt højt behandlingsindex i væksthuse, men uden at kunne skelne mellem pryddplanter (som udgør det største væksthuseareal i Danmark) og grøntsagskulturer. Det blev anslået, at der var en "behandlingshyppighed" på 43 Std.-sprøjtninger pr. sæson i væksthuse i 1999, hvoraf vækstregulering udgjorde 25. Dette er imidlertid et gennemsnit over alle væksthusekulturer og pryddplanter sprøjtes væsentligt mere end grøntsager. Både udvalget og siden hen Miljøstyrelsen (April 2005) anfører, at der ikke findes specifikke statistikker eller andre opgørelser for forbruget af pesticider i væksthuse med grøntsager. Kirsten Jensen udvalget anslår desuden, at der anvendtes hhv. 1,44 og 2,57 kr. pr. m<sup>2</sup> til pesticider i hhv. tomater og agurker og fortsætter: "For både tomater og agurker er omkostningerne til biologiske bekæmpelsesmidler langt højere end til pesticiderne, men omkostningerne til pesticider i agurker er i forhold til såvel arealet som bruttoudbyttet større end til tomater. Omkostningerne i % af

<sup>1</sup> Kirsten Jensen udvalget var et udvalgt nedsat af Miljø- og Energi ministeren i 2001 til analyse af reduktionsmuligheder i pesticidanvendelsen i gartnerierhvervet. Rapporten kom i 2003: Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen, Nr. 70 2003.

bruttoudbyttet er dog på et lavt niveau sammenlignet med frilandsgrøntsager, frugt og bær.” (s. 50).

Tabel 1.10. Pesticider som ifølge IP-regler må anvendes til tomatdyrkning.

	<b>Gruppe 1</b> Kan bruges sammen med biologisk bekæmpelse.	<b>Gruppe 2</b> Midler, som medfører karantæne
Skadedyr	Gelatine (Aldecid). Kaliumoleat (Insektæber) Pirimicarb (Pirimor) Vegetabilsk olie <sup>3)</sup> Fenazaquin (Pride Ultra) Paraffinolie <sup>3)</sup>	Fastac 99 <sup>4), 6)</sup> Fastac 50 Pyrethrum Malathion (Maladan 44 EV, Malathion 45) <sup>1)</sup>
Svampe	Azoxystrobin (Amistar) <sup>5)</sup> Propamocarb (Prevcur N, kun i forbindelse med udplantning) Tolyfluanid (Euparen Multi) Paraffinolie <sup>3)</sup> Imazalil (Fungaflor Smoke) Rygemiddel. Pyrimethanil (Scala) <sup>5)</sup> Vegetabilsk olie <sup>3)</sup>	Imidacloprid (Confidor WG 70)
Frugtmodning <sup>2)</sup>	Ethephon (Cerone, Arvest)	

<sup>1)</sup> Nye formuleringer, der ikke indeholder østrogenlignende stoffer.

<sup>2)</sup> Må kun benyttes ved kulturafslutning.

<sup>3)</sup> Må anvendes som sprede- og klæbemiddel.

<sup>4)</sup> Må bruges så længe lager haves.

<sup>5)</sup> Må anvendes, når brugeren er i besiddelse af en off label-brugsanvisning.

<sup>6)</sup> Må anvendes i konc. på 0,006%. Behandlingsfrist 3 døgn.

Tabel 1.11. Pesticider som ifølge IP-regler må anvendes til agurkedyrkning.

	<b>Gruppe 1</b> Kan bruges sammen med biologisk bekæmpelse	<b>Gruppe 2</b> Midler, som medfører karantæne
Skadedyr	Fenbutationoxid (Torque) <sup>1) 5)</sup> Gelatine (Aldecid) Kaliumoleat (insektæber) Pirimicarb (Pirimor) Tetradifon (Tedion) <sup>6)</sup> Vegetabilsk olie <sup>3)</sup> Fenazaquin (Pride Ultra) Paraffinolie <sup>3)</sup>	Pyrethrum. Malathion (Maladan 44 EV, Malathion 45) <sup>2)</sup> Fastac 50
Svampe	Imidacloprid (Confidor WG 70) Azoxystrobin (Amistar) <sup>4)</sup> Fosetyl (Aliette) Fungazil™ 100 <sup>4)</sup> Imazalil (Fungaflor Smoke) Rygemiddel Propamocarb (Previcur N, kun i forbindelse med udplantning) Vegetabilske olier <sup>3)</sup> Paraffinolie <sup>3)</sup> Pyrimethanil (Scala) <sup>4)</sup>	

<sup>1)</sup> Må bruges så længe lager haves.

<sup>2)</sup> Nye formuleringer, der ikke indeholder østrogenlignende stoffer.

<sup>3)</sup> Må anvendes som sprede- eller klæbemiddel.

<sup>4)</sup> Må anvendes, når brugeren er i besiddelse af en off label-brugsanvisning.

<sup>5)</sup> Udsprøjtes i konc. på 0,05%. Behandlingsfrist 3 døgn.

<sup>6)</sup> Udsprøjtes i konc. på 0,15%. Behandlingsfrist 3 døgn.

Det er under alle omstændigheder vanskeligt at beregne den toksiske effekt af forbruget i væksthuse, men den antages i rapporten at være meget lille for de ansatte i grøntsags væksthuse, bl.a. på grund af tilbageholdelsesfristerne (dvs. de dage som der skal gå fra sprøjtning til konsum –og dermed plukning

af grøntsagerne). Desuden antager udvalget, at der ikke slipper pesticid-rester af betydning ud fra væksthuse, hvorfor der ikke her regnes med noget egentlig miljøeffekt. Der anvendes midler til at desinficere væksthuse en gang om året efter sæsonen og hertil anvendes bl.a. formalin. En evt. miljøeffekt af denne anvendelse er ikke medtaget.

#### **Følsomheder:**

Eftersom modellerne over væksthuse med recirkulering samt den økologiske produktion bygger på få observationer er betydningen af andre antagelser vedr. næringsstofforsyning undersøgt. Enkelte gartnere har ment at vandbesparelsen ved recirkulering er større end her antaget, måske op til 50%. Det har dog ikke været muligt at få dette til at passe med beregninger af næringsstofforbruget (som i så fald skulle have været væsentligt lavere) baseret på fakturaer. Med hensyn til kvælstof kunne det tænkes at luftformigt tab af N via denitrificering er væsentligt større end antaget (som omtalt ovenfor) men det er ikke let at forklare, hvor overskydende P bliver af, såfremt det ikke tabes med vand (se næringsstofbalancer ovenfor). Imidlertid må det understreges at der hersker stor usikkerhed om den potentielle forbedring ved recirkuleringsanlæg samt størrelsen af denitrifikation.

Såfremt det antages at recirkulering kan videreudvikles til at spare 40% af N og P i forhold til normerne vil miljøbelastningen pr. kg tomater reduceres fra 20 til 17 g  $\text{NO}_3$ -ækvivalenter pr. kg tomat. Dette svarer til en reduktion på 15% i forhold til den nuværende model for recirkulering og på 30% sammenlignet med standard tomat produktion.

Tilsvarende fremhæver den økologiske producent at der ifølge deres opfattelse sker en meget begrænset afdræning til omgivelserne (drænrør opleves tørre). Dette harmonerer ikke med beregningerne af næringsstoffoverskuddet og det er muligt at der også her sker et større luftformigt N-tab end antaget eller at komposten indeholder mindre N per ton. En forbedring af næringsstoffudnyttelsen i kompost i det økologiske system (modelleret ved at reducere N-indholdet i dybstrøelsen fra 8,5 kg N pr. tons til 6,5 kg N) medføre en reduktion i næringsstofberigelse fra 28,0 g  $\text{NO}_3$ -ækv. til 24,6 g  $\text{NO}_3$ -ækv. pr. kg tomat. Årsagen til at virkningen er begrænset er at en del af næringsstofftabet ved anvendelse af husdyrgødning tilskrives husdyrproduktionen, som forklaret ovenfor. Desuden udgør varmeproduktionens bidrag til næringsstofberigelsen omkring 50%, som vist i figur 1.1 og denne mindskes ikke ved en bedre udnyttelse af husdyrgødningen.

## 2 Dataindsamling og miljøvurdering af gulerødder og løg på friland

Projektet fokuserer på Danske grøntsager på friland og løg og gulerødder er valgt som typiske for produktion til hjemmemarkedet efter enten IP (regler) eller økologiske regler. Desuden udgør disse to afgrøder en stor del af forbruget af danske frilandsgrøntsager og er sammen med kål langt de største afgrøder arealmæssigt. Der produceres ca. 45.000 tons gulerødder og 25.000 tons løg om året i Danmark og stort set hele produktionen afsættes på hjemmemarkedet. Som det fremgår af tabel 2.1 er størstedelen af produktionen centreret på ganske få, meget store gartnerier med mellem 40 og 250 ha løg eller gulerødder pr. år, ofte på lejet jord. Dataindsamlingen er sket i et samarbejde mellem DEG og DJF og baseret på besøg i udvalgte gartnerier (se liste i bilag). Det blev konstateret, at der er forskel imellem gartnerierne og afgrøderne mht. jordbehandling, tidspunkt for planlagt optagning (gulerødder), hvilket hænger sammen med gødskningsmetode og mængde samt opbevaringsmetode. I det følgende redegøres for de vigtigste valg vedr. valg af produktionssystem, dataindsamling og modellering af gulerods- og løgproduktion og resultaterne i form af miljøvurdering følger derefter.

Tabel 2.1. De største væksthushgartneriers andel af den samlede løg- og gulerodsproduktion i Danmark (DEG, 2004).

Bedrift	Løg	Andel af den samlede produktion	
		%	
De tre største	53	53	
De seks største	66	68	
De ni største	75	76	
De tolv største	82	81	
		Stk.	
Antal i alt	26	37	

### 2.1 Valg af produktionssystem og teknologisk afgrænsning

På baggrund af statistik over produktionens fordeling på forskellige producenter og de hyppigst anvendte driftsmetoder samt den volumen som forbruges hhv. i sommersæsonen ift. resten af året er det valgt at fokusere på produktion af gulerødder og løg til sen optagning (evt. vinteropbevaring). Der er valgt at opstille modeller for konventionel avl efter IP regler og økologisk produktion. Begge systemer er modelleret med hhv. opbevaring i kølehus og i marken under halmdække. Overdækning af gulerødder med et tykt lag halm kan holde afgrøden og jorden frostfri gennem hele vinteren og tillader derfor optagning af gulerødder og muliggør levering af friske gulerødder det meste af vinteren. De konventionelle gulerødder dyrkes med en relativt præcis normbaseret kvælstoftilførsel, som justeres efter jordtype og planlagt optagningstid. De økologiske avlere følger to ret forskellige strategier for sent optagne gulerødder. Der er derfor opstillet to modeller for økologiske gulerødder under halmopbevaring, nemlig højt udbytte pr. ha og stor tilførsel af husdyrgødning vs. lav tilførsel af gødning med henblik på at sikre en særlig god spisekvalitet og deraf følgende lavere udbytte.

Tabel 2.2 viser systematiske forskelle og ligheder i de modellerede produktionssystemer. **Den funktionelle enhed er:** '1 kg gulerod som er opbevaret på køl/under halmdække til 15. januar'.

Tabel 2.2. Oversigt over modellerede dyrkningssystemer for gulerødder.

Konventionel gulerod		Økologisk gulerod		
Halmdækket i mark	Opbevaret på køl	Halmdækket i mark	Halmdækket i mark	Opbevaret på køl
Udbytte: 62 t/ha	Udbytte: 62 t/ha	Udbytte: 53 t/ha	Udbytte: 40 t/ha	Udbytte: 53 t/ha
Handelsgødning	Handelsgødning	Husdyrgødning	Husdyrgødning	Husdyrgødning
83 kg N/ha	83 kg N/ha	50 t/ha	25 t/ha	50 t/ha
Pesticider	Pesticider	Ukrudtsharvning	Ukrudtsharvning	Ukrudtsharvning

## 2.2 Dataindsamling og modellering

Data er indsamlet fra en række gartnerier ved personlige besøg samt efterfølgende kontakt til konsulenter mm. Gartnerierne er ret forskellige som følge af deres individuelle historie og lokalitet m.m. og en stor del af produktionen sker ofte på lejet jord, som skifter hyppigt for at sikre et godt sædskifte. Derfor har det ikke været hensigtsmæssigt at opstille miljøvurderingen alene på baggrund af et gennemsnit af gartnerierne eller ved at vælge ét bestemt gartneri som eksempel. I stedet er der opstillet en række modeller, som repræsenterer typiske, moderne gulerods- og løgproduktioner. Modellerne er standardiseret, så kun systematiske forskelle varierer imellem systemerne. Der er væsentlige og systematiske forskelle på jordbehandlingen i de konventionelle og økologiske systemer som følge af gødningstyper og muligheder for ukrudtsbehandling. Derimod er der ikke forskel i dyrkningsmetoden imellem gulerødder til opbevaring i marken ift. optagning og indlægning i kølehus udover transport af halm og arbejdet med at dække gulerødderne. For hver af de modellerede grøntsagsproduktioner med tilhørende forbrug af ressourcer er opstillet en proces i LCA-værktøjet Simapro. Disse processer er koblet til relevante processer for dieselforbrug, produktion af gødning osv. I de følgende gives flere detaljer om de forskellige modeller for gulerods- og løgdyrkning.

### 2.2.1 Økologiske og konventionelle gulerødder

Der fokuseres på gulerødder til vinteropbevaring, som ikke kan gødskes for kraftigt idet dette vil give problemer med svampeangreb når de opbevares under halm. Gødningstildelingen er beregnet på baggrund af oplysninger fra avlere, som anfører en lavere kvælstoftildeling end plantedirektoratets normer. Plantedirektoratets normer er 115-140 kg N/ha. Data fra markrapporter viser, at der bliver givet 83 kg N/ha til de konventionelle gulerødder. Derimod tildeltes i praksis mere P end Plantedirektoratets normer på 35 kg P/ha, nemlig 48 kg P/ha.

De konventionelle gulerødder dyrkes hos planteavlere mens de økologiske gulerødder oftest dyrkes hos økologiske mælkeproducenter. De økologiske gulerødder dyrkes efter forskellige strategier, som indbefatter meget forskellige gødningsniveauer og udbytter, hvilket er afspejlet i N-overskuddet i tabel 2.3.

Tabel 2.3 viser næringsstofbalancen for forskellige metoder til gulerodsproduktion. Tilførslen af N til konventionelle gulerødder er nøje afstemt med fraførslen med gulerødderne og overskuddet til evt. udvaskning er lille. Toppen efterlades på marken og N-indholdet heri medregnes derfor i overskuddet som potentiel udvaskning.

Tabel 2.3. Næringsstofbalancer for økologisk og konventionel gulerodsavl.

N-regnskab	konv. halm	Konv køl	Øko halm, højt udbytte	Øko halm, lavt udbytte	Øko køl, højt udbytte
<b>Input, kg N/ha</b>					
Gødning	83	83	270	135	270
Halm	392	0	392	392	0
Deposition	15	15	15	15	15
Sum	489	98	677	542	285
<b>Høst, kgN/ha<sup>1)</sup></b>					
Rod	68	68	58	44	58
<b>Markoverskud, kg N/ha</b>					
NH <sub>3</sub> -tab	7	7	25	15	25
Denitrifikation	15	15	15	15	15
Jordpulje <sup>2)</sup>	382	-10	429	429	37
Nitrattab	17	17	150	39	150
<b>P-regnskab</b>					
<b>Input, kg P/ha</b>					
Gødning	48	48	48	24	48
Halm	64	0	64	64	0
Sum	112	48	112	88	48
<b>Høst, kgP/ha</b>					
Rod	20	20	17	13	17
<b>Markoverskud, kg P/ha<sup>3)</sup></b>					
	92	28	95	75	30

1) Toppen efterlades på marken og medregnes ikke i output

2) Der er regnet med indlejring af N i jordpuljen svarende til halmens N-indhold (halmen nedmuldes først efter vinterdækningen). I de konventionelle marker og økologiske marker regnes mod en indlejring af N i jordpulje svarende til henholdsvis -10 og 37 kg N pr. ha

3) P-overskud inkluderer P tilført med halmdække, hvoraf en del vil indlejres i jordens pulje af organisk stof, se note 2.

En del af udvaskningen skyldes anvendelsen af gylle og dette tilskrives husdyrproduktionen efter en metode anvendt generelt for livscyklusvurdering af fødevarer i databasen LCAfood.dk. Den anvendte proces ligestiller anvendelsen af husdyrgødning og handelsgødning til planteavlssædskifter med hensyn til udvaskning, såfremt husdyrgødningen anvendes efter normer, dvs. min. 60% udnyttelse af total N. Der er indregnet en ændring af jordpuljen i de to systemer svarende til ændringer fundet ved modellering af landbrugssystemer for hele Danmark i projektet Livscyklusvurdering af basis levnedsmidler (Kristensen et al., 2004). Det er en vigtig del af de økologiske principper, at man skal øge jordens frugtbarhed og opbygge jordens pulje af organisk stof gennem sædskifteplanlægning og tilførsel af grøngødning eller husdyrgødning. Derfor bør de økologiske gulerødder ses som en del af et sædskifte (selvom de i praksis dyrkes ved at en gartner lejer sig ind i sædskiftet hos en kvægbruger). På økologiske kvægbrug – hvor øko-gulerødderne ofte dyrkes – er det beregnet, at der sker en netto-opbygning af organisk stof som fastholder ca. 37 kg N pr. ha pr. år. Dette tal er fratrukket udvaskningen i overskudsberegningen for de økologiske gulerødder. På de konventionelle planteavlsbrug er der tilsvarende beregnet en nettonedbrydning af organisk stof svarende til 10 kg N pr. ha pr. år. Nitrattabet (kg N pr. ha), som er vist i tabel 2.3, er lavere for de konventionelle gulerødder sammenlignet med de økologiske gulerødder, hvor det især er højt i modellen med højt udbytte.

I tre af modellerne anvendes byghalm til at dække gulerødderne, så de kan holdes frostfrie vinteren igennem, og løbende tages op, klargøres og sælges.



Når alle gulerødder er høstet snittes og nedmuldes halmen og der dyrkes vårsæd det efterfølgende år. Der anvendes 144 bigballe pr. hektar gulerødder, hvilket svarer til 72 tons halm pr. hektar. Når halm snittes og nedmuldes omsættes det, og i forbindelse med denne omsætning udledes lattergas og nitrat til miljøet og der indlejres organisk stof i jorden. Den ekstra mængde N tilført med halm (392 kg N pr. ha) antages ikke at give mere udvaskning. Op til 20% af N i halm er vandopløseligt og derfor principielt tilgængeligt for umiddelbar udvaskning, mens resten er organisk bundet i halmen. På grund af det høje C/N forhold antages det tilførte N med halm at blive indbygget i jordpuljen ved omsætning af halmen. De første 1-2 år efter tilførsel kan der forventes en nettoimmobilisering, derefter vil der ske en langsom frigivelse af N, hvor hovedparten optages af afgrøderne. Forholdet mellem optag og tab i denne frigivelsesfase vil formentlig ikke være afgørende påvirket af de meget store halmmængder. Halmen købes fra plante- eller svinebrug, og det er antaget at den alternative anvendelse af halmen er snitning og nedmuldning af halmen hos sælger (i størrelsesordenen 3 tons pr. ha) samt at indbygning og frigivelse af N til og fra jordpuljen fra disse marker vil modsvare gulerødsmarken, selvom det i så fald ville ske på et større areal. Dvs. anvendelsen af halm til dækning af gulerødder forventes ikke samlet set at bevirke store ændringer i udvaskning eller opbygning i jordpuljen. I LCA af gulerødder indgår således ikke udledninger forbundet med omsætning af halmen

Der anvendes betydeligt mere diesel ved dyrkning af gulerødder set i forhold til dyrkning af andre markafgrøder. I tabel 2.4 er vist dieselforbruget pr. hektar fordelt på de forskellige markoperationer. Ved konventionel dyrkning af gulerødder forbruges 426 liter pr. hektar på generelle markoperationer (pløjning, bedformning, såning mm). Ved økologisk dyrkning anvendes mere diesel på generelle markoperationer, dels fordi dieselforbruget til spredning og transport af husdyrgødning er højt, dels fordi økologiske gulerødder typisk dyrkes efter græs og det derfor er nødvendigt at fræse jorden før såning. Hvis gulerødderne dækkes med halm anvendes yderligere 1.031 liter diesel (tabel 2.5). Heraf 756 liter til presning, læsning og transport, samt 100 liter til dækning af gulerødder og 175 liter til nedfræsning af halm når gulerødderne er fjernet fra marken. I LCA af gulerod indgår presning, læsning og transport af halm, da disse arbejdsgange udelukkende udføres pga. dyrkningen af gulerødder. Hvis halmen ikke var anvendt til vinterdækning af gulerødder, ville den ikke blive presset, læsset og transporteret. Det er antaget at halmen i gennemsnit transporteres 50 km.

Tabel 2.4. Dieselforbrug til markoperationer som anvendes ved gulerødsdyrkning.

	Konventionel	Økologisk høj N	Økologisk lav N
	antal liter pr. ha		
Sprøjtning	1,5	0,0	0,0
Radrensning	0,0	9,0	9,0
Efterårspløjning	23,0	23,0	23,0
Spredning + transport af gødning	2,0	67,5	34,0
Gasbrænding	0,0	12,0	12,0
Stubharvning	7,0	28,0	28,0
Stenstrenglægning	76,0	76,0	76,0
Bedformning	20,0	20,0	20,0
Fræsning	0,0	50,0	50,0
Såning	3,0	3,0	3,0
Sprøjtning (pesticider)	7,5	0,0	0,0
Sprøjtning (Cu)	3,0	0,0	0,0
Sprøjtning (Bor)	1,5	0,0	0,0
Kultivering	7,7	7,7	7,7
Vanding (50-75 mm/ha) (ikke diesel med elektricitet)	0,0	0,0	0,0
Sprøjtning (fungicid)	1,5	0,0	0,0

Optagning af gulerødder	25,5	25,5	25,5
Transport fra mark til pakkeri (gns: 20 km)	246	211	160
Total uden halm	426	533	448

Tabel 2.5. Diesel forbrug til de dyrkning af de fire forskellige gulerodstyper.

	Dieselforbrug, liter pr. hektar
Konv, halm	426+1.031=1.457
Konv, køl	426
Økologisk, halm, høj N	533+1.031=1.564
Økologisk, halm, lav N	448+1.031=1.479
Økologisk, køl, høj N	533

Det antages at elektricitetsforbrug til nedkøling af 1 m<sup>3</sup> vare i én dag er 1,18 kWh (Kilde: [www.LCAfood.dk](http://www.LCAfood.dk) proces 'Wholesale, 5°C') og at massefylden for gulerødder er 1, dvs. 1 kg gulerødder fylder 1 liter.

I de konventionelle gulerødder anvendes pesticider til bekæmpelse af ukrudt (Roundup, Fenix, Afalon og Fusilade) og til bekæmpelse af agerugler og gulerodsfluens larver. Kirsten Jensen udvalget anslår bl.a. med baggrund i Bichel-udvalget, at grønsagskulturer behandles 4 – 10 gange i løbet af vækstsæsonen. Det blev anslået at der i 1999 i gennemsnit blev brugt pesticider for hhv. ca. 1.400 kr. og 3.500 kr. pr. ha gulerødder og løg og at dette udgjorde hhv. 1,9 og 5,7% af bruttoudbyttet. Det har ikke været muligt at foretage en egentlig beregning af miljøeffekterne af pesticidanvendelsen, hvilket bør tages i betragtning ved sammenligning af konventionelle og økologiske frilandsgrøntsager. En stor del af det ekstra energiforbrug til økologiske grøntsager skyldes ikke-kemisk ukrudtsbekæmpelse.

Kirsten Jensen udvalget anbefalede at arbejde for nedsættelse af pesticidforbruget gennem bl.a., "at fokusere på de afgrøder/kulturer:

- hvor fødevarer sikkerhed og -kvalitet kan forbedres gennem at nedsætte muligheden for restkoncentrationer i produkterne,
- hvor der forekommer den største eksponering af miljøet med risiko for flade- og punktkildeforurening", samt
- "at der udarbejdes en handlingsplan for nedbringelse af pesticidanvendelsen og -belastningen indenfor frilandsgrøntsager, frugt og bærproduktionen samt væksthushusholdninger".

Desuden anbefalede udvalget at øge indsatsen for at udvide produktion og afsætning af økologiske grøntsager.

### 2.2.2 Model for dyrkning og opbevaring af løg

Avl af løg sker typisk i et sædskifte med løg hvert 3.-4. år og kornafgrøder foretrækkes som forfrugt. Løg kan i princippet dyrkes på alle jordbundstyper men det bedste resultat opnås ved dyrkning på en sandblandet lerjord svarende til JB 3-6. Hvis forfrugten er en kornafgrøde fjernes eller snittes halmen, og herefter stubharves evt. og der afsluttes med en traditionel pløjning. Om foråret tilberedes jorden med såbedsharve. Gødning placeres ved såning ca. 3 cm fra rækken og den sidste gødning tildeles af 1 - 2 gange afsluttende sidst i april. Løgene behandles med pesticider 15-20 gange i løbet af vækstsæsonen. Sidst i august løftes/fritlægges løgene og efter 1-2 ugers vejring læses løgene og transporteres til lager hvor løgene færdigtørres. Dieselforbruget i marken udgør 202 liter pr. ha og er vist i tabel 2.6. På baggrund af oplysninger fra en af de besøgte avlere er der i modellen for løgproduktion indregnet 752 MJ olie til tørring, 90 kWh til nedkøling, samt 172 kWh til vask og pakning pr. tons løg.

Tabel 2.6. Dieselforbrug til Løgproduktion.

	Antal liter
Halmsnitning	4
Efterårspløjning	23
Stubharvning	7
Stenstrenglægning	76
Grubning	0
Kultivering	8
Såning	3
Vanding (50-75 mm/ha)	0
Sprøjtning	22
Spredning af gødning	8
Optagning af løg	51
Transport fra mark til pakker	0
<b>Sum</b>	<b>202</b>

I tabel 2.7 er næringsstofbalancer for konventionel løgproduktion vist.

Tabel 2.7. Næringsstofbalancer for konventionel Løgproduktion.

N-regnskab	Løg, konventionel
<b>Input, kg N/ha</b>	
Gødning	156
Halm	0
Deposition	15
<b>Sum</b>	<b>171</b>
<b>Output, kgN/ha</b>	
Rod	80
<b>Top</b>	<b>0</b>
<b>Sum</b>	<b>80</b>
<b>Markoverskud, kg N/ha</b>	<b>91</b>
NH <sub>3</sub> -tab	10
Denitrifikation	15
Jordpulje <sup>2)</sup>	-10
Nitrattab	76
<hr/>	
P-regnskab	
<b>Input, kg P/ha</b>	
Gødning	40
<b>Sum</b>	<b>40</b>
<b>Output, kgP/ha</b>	
Rod	13
<b>Markoverskud, kg P/ha</b>	<b>27</b>

### 2.3 Miljøpåvirkning pr. kg gul erødder og Løg

Tabel 2.8 viser produktion, ressourceforbrug og emissioner for modellerne af konventionelle og økologiske gulerødder samt løg til brug for beregning af miljøbelastningen pr. kg produkt.

Tabel 2.8. Årlig produktion og ressourceforbrug til gulerods- og løgproduktion.

	Konv.	Øko. højt udbytte	Øko. lavt udbytte	Løg
<b>Output</b>				
Gulerødder, tons	61,6	52,8	40,0	31,9
<b>Input<sup>4)</sup></b>				
Kunstgødning, kg N <sup>1)</sup>	83	0	0	156
Kunstgødning, kg P <sup>1)</sup>	48	0	0	40
Husdyrgødning, kg N ab lager <sup>1)</sup>	0	270	135	0
Elektricitet, kWh <sup>2)</sup>	518	518	518	0
Diesel, MJ	14.981	18.758	15.768	7.920
<b>Emissioner<sup>3)</sup></b>				
Ammonia, kg NH <sub>3</sub>	9	30	18	12
Lattergas, kg N <sub>2</sub> O	3	12	12	6
Nitrat, kg NO <sub>3</sub>	76	665	173	338
Fosfat, kg HPO <sub>4</sub>	3	3	1	3

1) Til vanding

2) Egen beregning

3) Til halmdækning anvendes 72 tons vårbyghalm pr. ha

Tabel 2.9. Miljøpåvirkninger ved produktion af ét kg gulerødder eller løg.

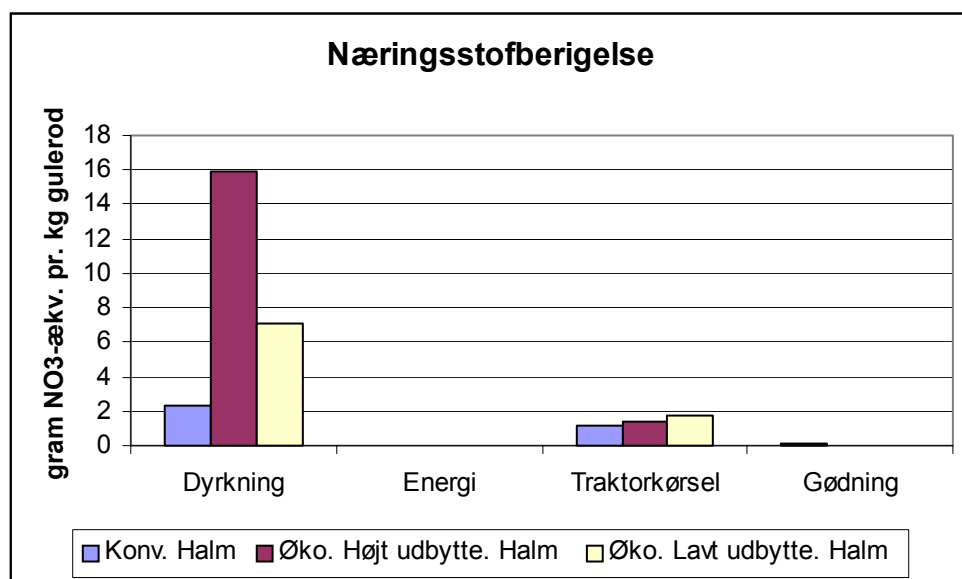
		Konv. halm	Konv. køl	Øko. højt udbytte halm	Øko. lavt udbytte halm	Øko. højt udbytte. køl	Øko. højt udbytte halm. korr. for husdyrgødning	Løg
Drivhuseffekt	g CO <sub>2</sub> -ækv.	122	150	188	234	211	155	382
Forsuring	g SO <sub>2</sub> -ækv.	1,00	0,73	1,89	1,85	1,64	1,08	1,5
Næringsstofberigelse	g NO <sub>3</sub> -ækv.	3,6	3,4	17,3	8,8	18,4	7,9	15,0
Fotokemisk smog	g ethen-ækv.	0,15	0,07	0,19	0,23	0,09	0,19	0,15
Arealforbrug	m <sup>2</sup> år	0,16	0,18	0,19	0,25	0,21	0,19	0,31

Tabel 2.9 viser bidragene til hhv. drivhuseffekt, forsuring, næringsstofberigelse, fotokemisk smog samt arealforbrug for produktion af ét kg gulerødder og løg. Af metodemæssige årsager har det ikke været muligt at inddrage miljøeffekten af pesticidanvendelsen, hvorfor billedet ikke er fuldt dækkende. For 'Øko. højt udbytte halm. korr. for husdyrgødning' er udledninger som følge af anvendelsen af husdyrgødning tillagt husdyrproduktionen efter en metode anvendt generelt for livscyklusvurdering af fødevarer i databasen LCAfood.dk. Når denne korrektion foretages bliver næringsstoffberigelsen væsentlige lavere. Gulerødder har generelt lave emissioner pr. kg produkt sammenlignet med andre fødevarer (se kapitel 3), og de konventionelle har lavere emissioner end økologiske gulerødder. Næringsstoffberigelse pr. kg gulerod er lavest for de konventionelle gulerødder, hvilket skyldes den mere effektive udnyttelse af N i kunstgødning sammenlignet med N i husdyrgødning (se figur 2.1).

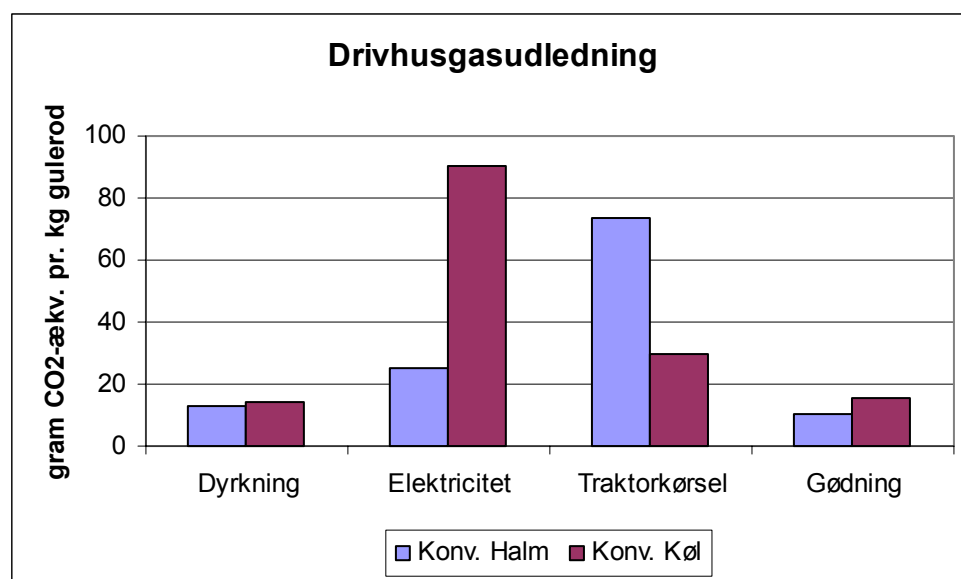
De økologiske gulerødder med lavt udbytte (40 tons pr. ha) tilføres mindre husdyrgødning end de øvrige økologiske gulerødder og dette bevirker en væsentligt lavere næringsstoffberigelse, hvorimod bidraget til drivhuseffekt og fotokemisk smog er højere end for gulerødderne med højt udbytte. Det øgede bidrag til drivhuseffekt og fotokemisk smog skyldes at dieselforbruget pr. kg gulerod er højere for gulerødderne med lavt udbytte, da diesel forbruges til de generelle markoperationer (jf. tabel 2.4) næsten er det samme for de to typer af gulerødder.

Bidraget til drivhuseffekt er lavere for gulerødder opbevaret under halm sammenlignet med gulerødder opbevaret i kølehus. Af figur 2.2 fremgår det at drivhusgasudledningen fra traktorkørsel er højest for de halmdækkede gulerødder, til gengæld er drivhusgasudledningen fra produktion af elektricitet

højt fra de gulerødder, som opbevares på køl. Forsuring og fotokemisk smog er højest for de halmdækkede gulerødder, hvorimod næringsstoffrigelse er næsten den samme for de to typer af gulerødder.



Figur 2.1. Næringsstoffrigelse ved produktion af gulerødder.



Figur 2.2. Drivhusgasudledning ved produktion af gulerødder.

Såfremt elektricitetsforbruget til nedkøling af gulerødder reduceres med 10% og dieselforbruget til transport af halm øges med 20% gælder det stadig at drivhusgasudledningen pr. kg gulerod er højere for gulerødder opbevaret på køl sammenlignet med gulerødder som er halmdækkede. I modellerne er der regnet med at gulerødderne opbevares frem til 15. januar. Hvis lagringsperioden forlænges yderligere vil også drivhuseffekten pr. kg gulerod opbevaret på køl stige.

### 3 Frilands- og væksthushgrøntsager sammenlignet med andre madvarer

Tomater og agurker i væksthush har en væsentlig anderledes miljøprofil end frilandsgrøntsager, både fordi varmekonsumet medfører en relativt stor udledning af drivhusgasser og fordi næringsstofhusholdningen ofte er ineffektiv med stor udledning af kvælstof og fosfor til følge. Det kan forekomme paradoksal, at netop den meget styrede væksthushproduktion ikke indtil nu har formået at optimere udnyttelsen af næringsstoffer i forhold til tabet, men øget brug af recirkulering vil kunne reducere tabet som vist. Frilandsgrøntsager, især de handelsgødskede, har en meget høj udnyttelse af næringsstoffer. Set i forhold til væksthushgrøntsager her frilandsgrøntsager et lille energikonsum og lav udledning af drivhusgasser pr. kg produkt, dog lidt højere for halmdækkede gulerødder. I det følgende sammenlignes miljøprofilen af grøntsagerne med andre madvarer.

Tabel 3.1 viser at frilandsgrøntsager og kartofler har en væsentligt lavere drivhuseffekt pr. kg produkt sammenlignet med andre madvarer såsom kød og brød. Både forsuring og næringsstofberigelse pr. kg gulerødder, løg og kartofler udgør under 5% af niveauet for f.eks. svinekød.

Væksthushgrøntsagerne ligger på niveau med kødproduktion med hensyn til udledning af drivhusgasser men noget lavere med hensyn til forsuring og næringsstofbelastning pr. kg. Væksthushgrøntsager fra anlæg med recirkulering ville give en mindre næringsstofbelastning men stadig have samme høje udledning af drivhusgasser. Mælkeprodukter har en miljøpåvirkning på niveau med svineproduktion regnet pr. kg produkt, dog er ost noget højere, fordi der bruges meget mælk pr. kg ost. Brød ligger imellem frilandsgrøntsager og animalske produkter med hensyn til miljøbelastning pr. kg produkt.

Udledningerne er desuden omregnet i forhold til de gennemsnitligt årlige udledninger pr. person i Danmark, såkaldt person-ækvivalenter (UMIP 2003 metoden). Herved fås et udtryk for, hvilke emissioner fra hvilke produkter, som kan udgøre en særlig stor del af miljøbelastningen ved et givet forbrugsmønster. Figur 3.1 viser således, at de animalske produkter især bidrager til forsuring, mens væksthushgrøntsager bidrager mere til drivhusgasudledning pr. kg produkt. Ved at multiplicere den årligt forbrugte mængde af f.eks. tomater fås et udtryk for andelen af en persons årlige drivhusgasudledninger fra netop denne fødevarer.

Man skal dog være varsom med at sammenligne madvarer kg til kg, idet produkterne ikke er substituerbare (de kan ikke erstatte hinanden fuldt ud) men snarere komplementære (vi har brug for lidt af hvert). Der er f.eks. mere protein i kød og mælkeprodukter end i grøntsager og vitaminsammensætningen er forskellig. Imidlertid er der mulighed for at sammensætte ernæringsmæssigt tilfredsstillende måltider med forskellig sammensætning af varer fra de nævnte produktgrupper. I så fald ville det alt andet lige være bedre at reducere kødforbruget til fordel for brød og frilandsgrøntsager, hvorimod der ville være en mindre miljøfordel af at erstatte kød med væksthushgrøntsager.





Tabel 3.1. Miljøbelastningen af animalske og vegetabilsk madvarer fra detailhandel vurderet med Livscyklus metode, karakteriserede data.

	Svine- kam	Let- mælk	Ost	Hvede- brød	Kar- tofler	Gule- rødder	Løg	Tomater
Drivhuseffekt g CO <sub>2</sub> -ækv.	3.320	1.200	11.300	842	215	122	382	3.450
Forsuring g SO <sub>2</sub> -ækv.	54,6	11,7	101,0	5,0	1,5	1,0	1,5	7,2
Eutrofiering g NO <sub>3</sub> -ækv.	288,0	57,8	482,0	59,1	14,4	3,6	15,0	24,7
Fotokemisk smog g ethene-ækv.	1,01	0,42	3,27	0,27	0,14	0,15	0,15	0,84
Arealforbrug m <sup>2</sup> år	8,9	1,6	13	1,0	0,3	0,2	0,3	0,02

Tabel 3.2. Tænkte middagsmåltider for en familie på fire personer med forskellig andel kød.

	Måltid 1	Måltid 2A	Måltid 2B
Svinekød	0,75 kg	0,4 kg	0,4 kg
Kartofler	0,5 kg	0,75 kg	0,75 kg
Brød	0,5 kg	0,5 kg	0,5 kg
Mælk	1 liter	1 liter	1 liter
Gulerødder	0,5 kg	0,5 kg	0,4 kg
Løg	0,4 kg	0,2 kg	0,2 kg
Tomater	0 kg	0 kg	0,5 kg

Tabel 3.3. Miljøbelastningen ved forskellige middagsmåltider set i forhold til transport udregnet med Livscyklusvurderingsmetode.

Påvirkningskategori	Enhed	Bil, 3 km	Måltid 1	Måltid 2A	Måltid 2B
Drivhuseffekt	g CO <sub>2</sub> -ækv.	1.068	4.356	3.248	3.925
Forsuring	g SO <sub>2</sub> -ækv.	6	57	38	39
Næringsstofberigelse	g NO <sub>3</sub> -ækv.	8	315	218	223
Fotokemisk smog	g ethen-ækv.	5	1	1	1
Areal	m <sup>2</sup> * år		9,0	6,0	6,0

# 4 Konvertering af SimaPro-data til GaBi-format

## 4.1 Indledning

Danmark JordbrugsForskning har ved brug af beregningsværktøjet SimaPro gennemført LCA-vurdering af en række landbrugsprodukter.

COWI/IPU har haft til opgave for et udvalg af disse produkter at konvertere dem til GaBi-format, således at LCA-praktikere, der i deres LCA-systemer har et input af centrale landbrugsprodukter, i de konverterede data med stor sandsynlighed kan finde data, der kan anvendes i deres GaBi-produktsystemer.

Ved valg af produkter til konvertering er der fokuseret på de produkter, der vurderes at være størst behov for at kunne anvendes i opbygning af produktsystemer i GaBi.

Det er naturligvis hensigten, at de konverterede produkter/produktsystemer giver samme resultat i GaBi. To af disse er gennemregnet i både SimaPro og GaBi for at illustrere, at de to beregningsværktøjer for centrale effektkategorier giver overensstemmende beregningsresultater.

Tabel 4.1. oversigt over SimaPro-processer, der er konverteret til GaBi.

Nr.	Produkt	Dokumentation
From supermarket		
1	Pork minced meat (flæskesmåkød), fresh, in supermarket	<a href="http://www.lcafood.dk/products/meat/porkmeat.htm">http://www.lcafood.dk/products/meat/porkmeat.htm</a>
2	Pork neck (svinekam), fresh, in supermarket	<a href="http://www.lcafood.dk/products/meat/porkmeat.htm">http://www.lcafood.dk/products/meat/porkmeat.htm</a>
3	Beef minced meat (oksesmåkød), fresh, in supermarket	<a href="http://www.lcafood.dk/products/meat/cattlemeat.htm">http://www.lcafood.dk/products/meat/cattlemeat.htm</a>
4	Beef top round (okseinderlår), fresh, in supermarket	<a href="http://www.lcafood.dk/products/meat/cattlemeat.htm">http://www.lcafood.dk/products/meat/cattlemeat.htm</a>
5	Chicken, fresh, in supermarket	<a href="http://www.lcafood.dk/products/meat/chickenmeat.htm">http://www.lcafood.dk/products/meat/chickenmeat.htm</a>
6	Cheese, in supermarket	<a href="http://www.lcafood.dk/products/milk/cheese.htm">http://www.lcafood.dk/products/milk/cheese.htm</a>
7	Butter, in supermarket	<a href="http://www.lcafood.dk/products/milk/butter.htm">http://www.lcafood.dk/products/milk/butter.htm</a>
8	Cream, 38%, in supermarket	<a href="http://www.lcafood.dk/products/milk/cream.htm">http://www.lcafood.dk/products/milk/cream.htm</a>
9	Low fat milk, in supermarket	<a href="http://www.lcafood.dk/products/milk/milk.htm">http://www.lcafood.dk/products/milk/milk.htm</a>
10	Low fat milk, in supermarket, no quotas	<a href="http://www.lcafood.dk/products/milk/milkwithoutquotas.htm">http://www.lcafood.dk/products/milk/milkwithoutquotas.htm</a>
11	Flatfish fillet, fresh, in supermarket (no quotas)	<a href="http://www.lcafood.dk/products/fish/fish.htm">http://www.lcafood.dk/products/fish/fish.htm</a>
12	Cod fillet, fresh in supermarket (no quotas)	<a href="http://www.lcafood.dk/products/fish/fish.htm">http://www.lcafood.dk/products/fish/fish.htm</a>
13	Bread, rye, fresh, in supermarket	<a href="http://www.lcafood.dk/products/crops/bread.htm">http://www.lcafood.dk/products/crops/bread.htm</a>
14	Bread, wheat, fresh, in supermarket	<a href="http://www.lcafood.dk/products/crops/bread.htm">http://www.lcafood.dk/products/crops/bread.htm</a>
15	Potatoes, in supermarket	<a href="http://www.lcafood.dk/products/crops/cashcrops.htm">http://www.lcafood.dk/products/crops/cashcrops.htm</a>
16	Sugar, in supermarket	<a href="http://www.lcafood.dk/products/crops/sugar.htm">http://www.lcafood.dk/products/crops/sugar.htm</a>
From farm		
17	Bread wheat, from farm	<a href="http://www.lcafood.dk/products/crops/cashcrops.htm">http://www.lcafood.dk/products/crops/cashcrops.htm</a>
18	Milk, conventional, from farm 17, without quotas	<a href="http://www.lcafood.dk/processes/agriculture/dairyfarms.htm">http://www.lcafood.dk/processes/agriculture/dairyfarms.htm</a>
19	Milk, organic, from farm 19, without quotas	<a href="http://www.lcafood.dk/processes/agriculture/dairyfarms.htm">http://www.lcafood.dk/processes/agriculture/dairyfarms.htm</a>
20	Oat, conventional, from farm	<a href="http://www.lcafood.dk/products/crops/cashcrops.htm">http://www.lcafood.dk/products/crops/cashcrops.htm</a>
21	Oat, organic, from farm	<a href="http://www.lcafood.dk/products/crops/cashcrops.htm">http://www.lcafood.dk/products/crops/cashcrops.htm</a>
22	Peas, from farm	<a href="http://www.lcafood.dk/products/crops/cashcrops.htm">http://www.lcafood.dk/products/crops/cashcrops.htm</a>
23	Pork, from farm	<a href="http://www.lcafood.dk/products/meat/pig.htm">http://www.lcafood.dk/products/meat/pig.htm</a>
24	Sugar beet, from farm	<a href="http://www.lcafood.dk/products/crops/cashcrops.htm">http://www.lcafood.dk/products/crops/cashcrops.htm</a>
25	Wheat, conventional, from farm	<a href="http://www.lcafood.dk/products/crops/cashcrops.htm">http://www.lcafood.dk/products/crops/cashcrops.htm</a>
26	Wheat, organic, from farm	<a href="http://www.lcafood.dk/products/crops/cashcrops.htm">http://www.lcafood.dk/products/crops/cashcrops.htm</a>
From feed industry		
27	Soy Meal	<a href="http://www.lcafood.dk/processes/industry/soy crushing.htm">http://www.lcafood.dk/processes/industry/soy crushing.htm</a>
Vegetables		
28	Tomato, standard	Se kapitel 1
29	Tomato, organic	Se kapitel 1
30	Cucumber, standard	Se kapitel 1
31	Cucumber, org	Se kapitel 1
32	Carrot, cold store	Se kapitel 2
33	Carrot, straw covered	Se kapitel 2
34	Onion	Se kapitel 2

Konverteringen er sket på grundlag af produktsystemer termineret i SimaPro. Det terminerede resultatet er derefter konverteret til GaBi-format. Tabel 4.1 viser hvilke produkter, som er konverteret, samt deres placering i LCAfood databasen.

## 4.2 Konverteringen fra SimaPro til GaBi

I bilag C er proceduren for konverteringen beskrevet. Overordnet udføres konverteringen i 3 trin:

- Eksport fra SimaPro til excel
- Import til konverteringsværktøjet (SimaPro - GaBi)
- Import til og beregning i GaBi.

## 4.3 Resultater af konverteringen

De konverterede data er placeret i en database, der kan downloades fra [www.lca-center.dk](http://www.lca-center.dk). Data bliver indarbejdet i servicepack 2005 til GaBi-UMIP og er dermed direkte tilgængelige for brugere af LCA-beregningsværktøjet GaBi-UMIP.

Sammenlignes beregningerne i SimaPro og GaBi-UMIP fås overensstemmende resultater, hvor forskellighederne afspejler forskellene i de to koncepter. Afvigelsen ligger typisk på under 0,5%, for drivhuseffekten dog lidt højere. Tabel 1 indeholder resultater for beregning på de to produkter, der er markeret i .

Tabel 4.2. Sammenligning af beregningsresultater i SimaPro versus GaBi-UMIP (afrundet)

Produkt	Effektkategori	GaBi-UMIP	SimaPro
1 kg Beef minced meat (oksesmåkød), fresh, in superm.	Global warming [g CO <sub>2</sub> -equ.]	4.531	4.370
	Acidification [g SO <sub>2</sub> -equ.]	103	103
	Eutrophication [g NO <sub>3</sub> -equ.]	775	775
1 kg Cream, 38%, in supermarket	Global warming [g CO <sub>2</sub> -equ.]	-63,6	-62,9
	Acidification [g SO <sub>2</sub> -equ.]	0,237	0,236
	Eutrophication [g NO <sub>3</sub> -equ.]	0,394	0,396

De endelige data kan således vælges under opbygning af et produktsystem i GaBi, men de kan ikke bruges som grundlag for at optimere produktion af de enkelte landbrugsprodukters miljøprofil, fordi de bagvedliggende delprocesser ikke er modelleret i GaBi. Hvis der er behov for at kunne modellere forskellige systemer for landbrugsprodukter i detaljer i GaBi, skal man ud fra data i LCA-food databasen (se [LCA food-hjemmesiden](http://www.lcafood.dk), [www.lcafood.dk](http://www.lcafood.dk)) opbygge selvstændige GaBi produktsystemer.

I bilag C er desuden beskrevet hvordan man kan konvertere yderligere produkter/processer fra LCAfood.dk til GaBi, såfremt der er behov for dette.

## 5 Referencer

- Dalgaard, R., Halberg, N., Kristensen, I.S., & Larsen, I., 2003. An LC inventory based on representative and coherent farm types. In: Halberg, N. (ed.) DIAS report 61 (2004). Proceedings from the 4<sup>th</sup> International Conference, October 6-8, 2003, p. 168-181.
- DEG, 2004. Danske Erhvervsgartnere. Egne statistiske oplysninger.
- Halberg, 2003. How may Quality Assurance Systems in food chains include environmental aspects based on Life Cycle Methodology? In: Halberg, N. (ed.) DIAS report 61 (2004). Proceedings from the 4<sup>th</sup> International Conference, October 6-8, 2003, p. 98-106.
- Kristensen, I.S., Halberg, N., Nielsen, A.H. and Dalgaard, R., 2004: [Part II: N turnover on Danish mixed dairy farms](#), Danish Institute of Agricultural Sciences, Department of Agroecological, Research Group of Farming Systems  
[www.lcafood.dk/processes/agriculture/Part%20II%20N%20turnover%20on%20Danish%20mixed%20dairy%20farms.pdf](http://www.lcafood.dk/processes/agriculture/Part%20II%20N%20turnover%20on%20Danish%20mixed%20dairy%20farms.pdf)
- Miljøstyrelsen, 2003. Rapport fra udvalget til vurdering af konsekvenserne af en nedsat pesticidanvendelse i gartneri og frugtavl. In: Jensen, K. (ed.) Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen nr. 70.
- Nielsen, A.M., Nielsen, P.H., Jensen, J.D., Andersen, M. & Weidema, B.P. 2004. Identification of processes affected by a marginal change in demand for food products - two examples on Danish pigs and cheese. In: Halberg, N. (ed.) DIAS report 61 (2004). Proceedings from the 4<sup>th</sup> International Conference, October 6-8, 2003, p. 127-134.
- Nielsen, P.H., Nielsen, A.M., Weidema, B.P., Dalgaard, R. and Halberg, N., 2004: LCA food database. Available online, 1/6 2005 på [www.lcafood.dk](http://www.lcafood.dk).
- Thorup-Kristensen, K., pers. kom. Forskningsleder, Grøntsager, Afd. for Havebrug, DJF.



## A.1 Oversigt over gartnerier, som er besøgt gennem projektet

Nymarke Gartneriet, Nymarksvej 109, 8340 Malling.  
Alfred Pedersen & Søn, Assensvej 217, 5250 Odense SV.  
Erik Eriksen, Søndergade 61, 5450 Otterup.  
Markhaven ApS, Lufthavnsvej 53, 5270 Odense N.  
Tange Frilandsgartneri, Tange Søvej 42, 8850 Bjerringbro  
Gyldensten Gods, Gyldensteensvej 102, 5400 Bogense

(NB! Projektet har ikke haft til hensigt at lave en miljøvurdering af de specifikke gartnerier og de opstillede livscyklusvurderinger kan ikke bruges til at vurdere de enkelte gartnerier, hverken enkeltvist eller i forhold til hinanden! Resultaterne af livscyklusvurderingerne bygger på modeller opstillet dels på baggrund af informationer fra gartnerierne og dels andre oplysninger fra DEG samt kommentarer fra eksperter i branchen, som forklaret i teksten).

## B.1 Model for energi-forbrug og produktion til væksthuse baseret på kraftvarme

### 1.1 Kraftvarmeproduktion

I beregningerne af miljøbelastningen ved væksthushproduktion af tomater og agurker er anvendt et estimeret varme-behov baseret på normtal samt en standardiseret model af varm-forsyning baseret på interviews med gartnerier, data vedrørende energifgiftsrefusion samt eksempler på godkendelser af kraftvarmeanlæg med katalysator.

#### 1.1.1 Energibehovet til varme

Energibehovet til opvarmning af væksthuse er beregnet ud fra DEG's egne normtal som angivet i tabel A.1

Tabel B.1. Energibehov til opvarmning af dansk væksthush på 60.000, estimeret ud fra normtal.

Væksthushareal:	60.000	
P-værdi	9,26	
Måned	Temp	Energi MWh
Jan	0	248
Feb	20	7.875
Marts	20	7.190
April	20	5.358
Maj	20	3.884
Juni	20	1.719
Juli	20	1.488
Aug	20	1.364
Sep	20	2.519
Okt	20	4.463
Nov	20	5.998
Dec	1,6	0
I alt		42.105

Varmeproduktionen sker i et moderne naturgas fyret kraftvarmeanlæg tilknyttet væksthuse, således at varme og CO<sub>2</sub> kan ledes direkte til væksthuse. Det antages at 85% af varmebehovet dækkes af kraftvarme, idet der lovgivningsmæssigt ikke er mulighed for at kunne dække 100% af varmebehovet over et år ved kraftvarme. Den resterende varme produceres af et naturgasfyret kedelanlæg. Der er regnet med samme energianlæg i både konventionel og økologisk produktion, selvom det økologiske væksthush er noget mindre end forudsat i modellen.



Tabel B.2. Varmeproduktion til væksthuse fordelt på kraftvarme og kedelanlæg.

Anslået kraftvarme 85%	35.789 MWh
Anslået gaskedelanlæg 15%	6.316 MWh
	42.105

I alt Varmeproduktion

### 1.1.2 Model af varme produktion integreret med væksthuse produktion

Ud fra det beregnede varmebehov er beregnet den nødvendige gasforbrug (6.922.000 m<sup>3</sup>) ved en virkningsgrad på 86% under hensyntagen til ønsket om maksimal mulig el-produktion i anlægget (antaget 39% el-virkningsgrad, tabel A.3).

Tabel B.3. Beregnet gasforbrug i varmeproduktion til væksthuse.

<b>Kraftvarmeanlæg</b>	
Indfyret effekt	12.000kW
Totalvirkningsgrad	86%
Elvirkningsgrad	39%
Produktion af el	29.697MWh
Brug af naturgas	6.922.000m <sup>3</sup> gas
Naturgas omregnet til kg	5.884Ton
Energiindhold i naturgas	11kwh/m <sup>3</sup>
Smøreolie	6.922L
<b>Gaskedelanlæg</b>	
Virkningsgrad	92%
Brug af naturgas	624.000m <sup>3</sup> gas

På baggrund af dette naturgasforbrug er beregnet emissioner af CO<sub>2</sub> og andre gasser før og efter rensning via katalysator med brug af urea. Tabel A.4 viser antagelser om produktion af NO<sub>x</sub>, UHC, CO, CO<sub>2</sub> og formaldehyd ved afbrænding af gassen samt hvilke andele af disse emittender, som antages opfanget af katalysatoren. Dette sker med henblik på at kunne bruge CO<sub>2</sub> i røggassen til CO<sub>2</sub>gødsning i væksthuse. Den resulterende nettoudledning af forskellige gasser er vist nederst i tabellen og overføres til den generelle proces til brug i LCA-redskabet som vist i tabel A.5.

Proceduren følger principper anvendt af DEG's konsulenter ved ansøgninger om etablering af kraftvarmeanlæg samt refusion af energiafgifter. Det er antaget at emissionerne ligger på niveau med de maksimalt tilladte koncentrationer i røggassen, jf. grænseværdier anført i tabel A.4.

Tabel B.4. Beregnede emissioner fra kraftvarmeanlæg med og uden katalysator.

Udledninger fra kraftvarmeanlæg uden katalysator		
Indfyret effekt, kW		1.200
Røggasmængde i forhold til indfyret effekt, (Nm <sup>3</sup> /h)/kW		2,2
	Nm <sup>3</sup> /h	
Produceret røggas		26.010
	Grænsev., mg pr. m <sup>3</sup> røggas	Kg/år
NO <sub>x</sub>	550	90.776
UHC	1.500	247.572
CO	500	82.524
Formaldehyd	25	4.126
CO <sub>2</sub>		17.133.072
Rensede udledninger ved hjælp af katalysator		
	Renset	Kg/år
NO <sub>x</sub>	95%	43.119
UHC	50%	61.893
CO <sub>2</sub>	99%	40.849
Formaldehyd	0%	0
CO <sub>2</sub>	0%	
Tilsat urea		29.250
metan		0
Beregnede udledninger fra kraftvarmeanlæg incl. katalysator		
		Kg/år
NO <sub>x</sub>		47.658
UHC		185.679
CO		41.675
Formaldehyd		4.126
CO <sub>2</sub>		17.133.072

### 1.1.3 Definition af proces for varmeproduktion til LCA-redskabet

Den ovenfor beskrevne kombination af kraftvarmeanlæg og kedelanlæg i forbindelse med væksthushproduktion er sammenstillet i en proces til brug i LCA-redskabet SIMAPRO, som vist i tabel A.5. Processen trækker på bl.a. naturgas i LCA-databasen og der er foretaget en allokering af mængden af input forbrugt og emissionerne mellem el og varme, som to sideordnede produkter. Det er antaget at der ikke produceres mere kraftvarme end at al varme kan nyttiggøres i væksthuse i forhold til det beregnede varmebehov. Derfor er gasforbruget og miljøbelastningen allokert mellem varme og el i samme forhold som de producerede MWh. Dette ræsonnement ville formentlig ikke gælde for el-produktion generelt, hvor miljøomkostningen til el ville være relativt højere. Omvendt er det en relativt favorabel antagelse at 85% af varmen produceres i form af kraftvarmeanlæg set i forhold til den aktuelle gennemsnitlige varmeproduktion i væksthuse, hvor man ikke alle steder har kraftvarmeanlæg. Ideelt set skulle beregningen af miljøomkostningen ved varmemeforbrug fra kraftvarmeanlæg være beregnet ved systemudvidelse og fortrængning, såkaldt konsekvens-LCA. I så fald ville man indregne al emissionen fra varmeproduktionen i tomaternes miljøregnskab og til gengæld godskrive den sparede miljøbelastning der kommer af at den producerede el sparer anden el-produktion. Dvs. man ville lade den producerede el "fortrænge" anden el produceret til det danske el-net. Denne metode er fulgt generelt i LCAfood-databasen, men en test viste,

at resultatet for netop væksthushgrøntsager er meget følsomt for hvilken el-produktion som vælges til fortrængning. På grund af manglende data for hvilken type el-produktion, som reelt ville blive fortrængt er denne metode derfor ikke fulgt her.

Tabel B.5. Proces for varme produktion i LCA-redskabet SIMAPRO.

**TIL simapro**

Output	tomaterstd fra konv	STD	Allokering simapro %
Varme, MWh	42.105	1.000	59
El, naturgas, MWh	29.697	705	41
<b>Input</b>			
Naturgas, m <sup>3</sup>	7.546.578	179.232	
Urea, kg	29.250	695	
Lubricant oil, liter	6.922	164	
<b>Emissioner</b>			
Nox, kg	47.658	1.132	
UHC, kg	185.679	4.410	
CO, kg	41.675	990	
Fomaldehyd, kg	4.126	98	
CO <sub>2</sub> , kg	17.133.072	406.913	
brændværdi, MJ/m <sup>3</sup> gas:		41,5	
MJ i forbrugt gas		7.438.136	
MJ energi per kWh el_		11	

## C.1 Eksport af SimaPro datasæt

Proceduren beskriver hvordan man genererer et termineret datasæt og eksporterer det til en Excel-fil.

1. Vælg datasættet, der skal eksporteres (f.eks. i "Processes" i SimaPro's "LCA explorer")
2. Beregn terminerede data ved hjælp af funktionen "Analyze" (f.eks. funktionstast F8 eller "Analyze"-knappen på værktøjsbjælken). Den valgte LCA-metode er ikke relevant i den videre procedure, men det anbefales at bruge en version af EDIP
3. I resultatvinduet, gå på fanebladet "Inventory" og sæt fluebenet ved "Default units". (Standard-indstillingerne i rullelisterne "Compartment: All compartments" og "Indicator: Inventory" bibeholdes, ligesom standard-rækkefølgen efter kolonnen "Compartment", indikeret ved "pil opad", se figuren fornedet).
4. Vælg "File"-menuen og herunder "Export".
5. Vælg fil-type "\*.XLS", giv eksport-filen et entydigt navn, og husk placeringen på harddisken.
6. Gentag proceduren for hvert SimaPro-datasæt, der skal eksporteres.

C:\Documents and Settings\All Users\Documents\SimaPro\LCAfood\LCAfood\_22122004; LCAfood - [Analyze Beef minced meat (oksesmåkød), fresh, in superm.]

File Edit Calculate Tools Window Help

Network Tree Impact assessment Inventory Process contribution Checks (291)

Compartment: All compartments Indicator: Inventory Cut-off: 9%  
 Skip unused  Default units Category:

No	Substance	Compartment	Unit	Total	Beef minced meat	Beef minced meat	Truck 16t	Retail (cooling counter, small)
1	baryte	Raw	kg	0,00123	x	0,0012	3,25E-5	9,36E-7
2	bauxite	Raw	kg	0,000235	x	0,000178	5,61E-5	2,47E-7
3	bentonite	Raw	kg	0,000151	x	0,000144	7,21E-6	1,22E-7
4	chromium (in ore)	Raw	kg	8,77E-6	x	6,31E-6	2,46E-6	1,12E-9
5	clay	Raw	kg	0,000571	x	0,00048	9,03E-5	3,85E-7
6	coal ETH	Raw	kg	0,0127	x	0,0117	0,000973	7,79E-6
7	cobalt (in ore)	Raw	kg	5,43E-10	x	5,24E-10	1,87E-11	3,88E-14
8	copper (in ore)	Raw	kg	4,69E-5	x	4,27E-5	4,18E-6	7,58E-8
9	crude oil ETH	Raw	kg	0,234	x	0,226	0,00742	2,41E-5
10	energy from coal	Raw	MJ	-1,33	x	-1,33	x	-1,68E-33
11	energy from hydro power	Raw	MJ	-0,0785	x	-0,0785	x	-8,54E-35
12	energy from lignite	Raw	MJ	-0,152	x	-0,152	x	-1,43E-34
13	energy from natural gas	Raw	MJ	-6,93	x	-6,93	x	-8,92E-33
14	energy from oil	Raw	MJ	-1,93	x	-1,93	x	-2,15E-33
15	energy from uranium	Raw	MJ	-0,28	x	-0,28	x	-2,85E-34
16	gravel	Raw	kg	0,0524	x	0,0386	0,0137	7,57E-6
17	iron (in ore)	Raw	kg	0,00658	x	0,00609	0,000484	6E-6
18	lead (in ore)	Raw	kg	5,32E-5	x	2,87E-5	2,45E-5	1,86E-9
19	lignite ETH	Raw	kg	0,00782	x	0,00728	0,000546	2,39E-6
20	manganese (in ore)	Raw	kg	2,93E-6	x	2,21E-6	7,14E-7	4,93E-10
21	marl	Raw	kg	0,00353	x	0,00304	0,000487	2,57E-6
22	methane (kg) ETH	Raw	kg	9,67E-5	x	8,93E-5	7,35E-6	6,31E-8
23	molybdene (in ore)	Raw	kg	2,92E-10	x	2,87E-10	4,93E-12	5,86E-14
24	natural gas ETH	Raw	m3	0,229	x	0,228	0,000139	0,00109
25	nickel (in ore)	Raw	kg	5,19E-6	x	3,65E-6	1,54E-6	5,8E-10
26	palladium (in ore)	Raw	kg	3,62E-11	x	3,24E-11	3,86E-12	6,01E-15
27	petroleum gas ETH	Raw	m3	0,016	x	0,0155	0,000506	1,65E-6
28	phosphate (ore)	Raw	kg	-0,508	x	-0,508	x	-3,99E-34
29	platinum (in ore)	Raw	kg	4,23E-11	x	3,76E-11	4,65E-12	6,9E-15

Analyzing 1 kg material 'Beef minced meat (oksesmåkød), fresh, in superm.:' Method: EDIP, LCAfood / EDIP World/Dk

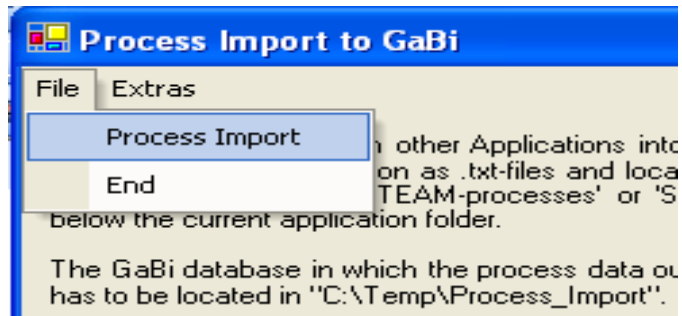
EDIP, LCAfood / EDIP World/Dk IPU-DTU

## 2. Installation af konverteringsværktøjet

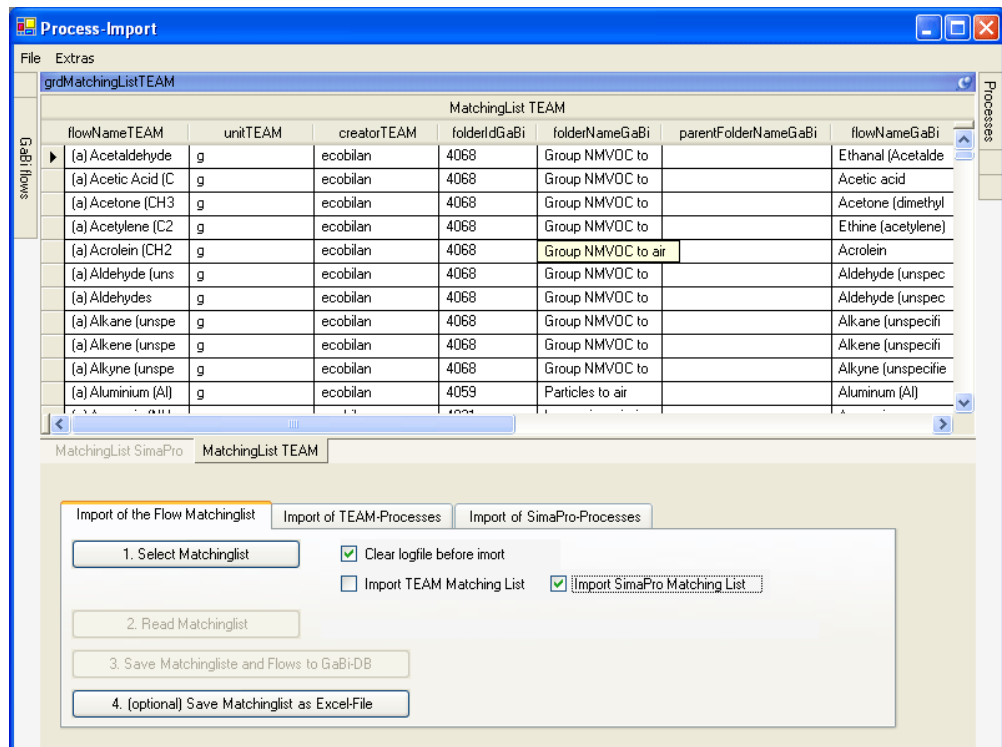
1. Værktøjet er zippet som „bin.zip“. Unzip filen, f.eks. til en ny mappe „Process Import“.
2. Installér Microsofts „.NET“-applikation ved at dobbeltklikke på filen „dotnetfx.exe“ (filen er på godt 23 MB).  
 Filen kan downloades fra:  
<http://www.microsoft.com/downloads/details.aspx?FamilyID=262d25e3-f589-4842-8157-034d1e7cf3a3&DisplayLang=de>
3. Konverteringsværktøjet startes ved at dobbeltklikke på filen „Process-Import.exe“.

## 3. Import af SimaPro data

1. Læg SimaPro export-data (excel filer) i mappen „... \bin\SimaPro-Processes“ (den evt. heri valgte mappe-struktur bliver automatisk importeret til GaBi)
2. Den GaBi database, som SimaPro-datasættene skal importeres i, kopieres til mappen „C:\Temp\Process\_Import“; Kopiér databasen ved at udvælge hele databasens indhold i Windows Stifinderen og herefter ”kopiér” og ”indsæt”
3. Start ”Process-Import.exe”
4. Klik ”File” → ”Process Import”



5. På fanebladet „Import of the Flow Matchinglist“, arbejd følgende knapper mv. igennem:
  - a. Sæt flueben ud for den matchingliste, du ønsker at importere (dvs. ud for "Import SimaPro Matchinglist")
  - b. Klik på "1. Select Matchinglist" og vælg "matchinglist.xls" i mappen "...\bin" (oprettet ifm. installation af konverteringsværktøjet, se pkt. 2)
  - c. Klik på "2. Read Matchinglist" (importerer matchinglisten og sammenknytter SimaPro flows med tilsvarende GaBi flows) – NB: dette kan tage nogen tid!
  - d. Klik på "3. Save Matchinglist and Flows to GaBi-DB" (gemmer dataene i GaBi-databasen) – NB: Dette kan også tage nogen tid!
  - e. Optional, klik på "Save Matchinglist as Excel-File"
  - f. NB: Du bør checke eventuelle kommentarer vedr. den seneste og tidligere imports i filen „logfiles\ Matching list logfile.txt “. (Slet evt. filens indhold, når filen bliver for stor)



6. På fanebladet „Import of SimaPro-Processes” arbejd følgende knapper mv. igennem:
  - a. ”1. Import SimaPro-Processes” (indlæser SimaPro processer fra Excel-filerne)
  - b. ”2. Save SimaPro-Processes to GaBi-DB”
  - c. NB: Du bør checke eventuelle kommentarer vedr. den seneste og tidligere imports i filen „logfile\ SimaPro-Import logfile.txt ”. (Slet evt. filens indhold, når filen bliver for stor)
7. Flows, der ikke findes på matchinglisten, må tilføjes matchinglisten manuelt (indtastning i Excel), og hele import proceduren gentages (fra pkt. 5)
8. Kopiér indholdet af „C:\Temp\Process\_Import“ (dette er den ny GaBi database) til mappen af GaBi databaser (typisk ”C:\programmer\GaBi 4”)
9. NB: Det er vigtigt at validere/kvalitetssikre de importerede data ved at sammenligne de originale SimaPro-data med de importerede GaBi-data i hver række!