

MTT|RAPPORT 91

Beräkning av klimatpåverkan av växthusprodukter

Slutrapport

**Heli Yrjänäinen, Frans Silvenius, Timo Kaukoranta, Juha Näkkilä,
Liisa Särkkä och Eeva-Maria Tuhkanen**



**Beräkning av
klimatpåverkan av
växthusprodukter**

Slutrapport

**Heli Yrjänäinen, Frans Silvenius, Timo Kaukoranta,
Juha Näkkilä, Liisa Särkkä och Eeva-Maria Tuhkanen**

ISBN 978-952-487-445-8 (tryckt publikation)
ISBN 978-952-487-446-5 (publikation på nätet)

ISSN 1798-6419

www-adress: <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti91.pdf>

Copyright: MTT

Författare: Heli Yrjänäinen, Frans Silvenius, Timo Kaukoranta, Juha Näkkilä, Liisa Särkkä och
Eeva-Maria Tuhkanen

Utgivare och förläggare: MTT, 31600 Jockis

Utgivningsår: 2013

Omslagsfoto: Yrjö Tuunanen

Tryck: Juvenes Print – Suomen Yliopistopaino Oy

Beräkning av klimatpåverkan av växthusprodukter

Yrjänäinen, Heli¹⁾, Silvenius, Frans¹⁾, Kaukoranta, Timo²⁾, Näkkilä, Juha³⁾, Särkkä, Liisa³⁾ & Tuhkanen, Eeva-Maria³⁾

¹⁾MTT Forskning om bioteknik och livsmedel, Ladugårdsbågen 9, 00790 Helsingfors

²⁾MTT Forskning om växtproduktion, Trädgård, Tietotie, 31600 Jockis

³⁾MTT Forskning om växtproduktion, Trädgård, Toivonlinnantie 518, 21500 Pikis
förnamn.efternamn@mtt.fi

Sammanfattning

Denna rapport omfattar resultaten av beräkningarna för klimatpåverkan av fem växthusprodukter i Greenhouse Carbon -forskningsprojektet. Produkterna var tomat, gurka, sallat, rosenbegonia och tulpan, totalt 16 studerade växthusanläggningar, fyra sallat-, tomat- och gurkanläggningar, två tulpananläggningar samt två blomanläggningar. På basis av beräkningarna utvecklades i projektet en kalkylator för beräkning av klimatpåverkan för växthusföretagarnas bruk. Räknaren kan fås på adressen www.kauppapuuutarhaliitto.fi -> koldioxidavtryck.

Utredningen av miljöeffekterna begränsades till klimatpåverkan. Av växthusgaser beaktades i beräkningen de tre viktigaste, koldioxid, metan och dikväveoxid. Utforskade aktiviteter var plantproduktion, tillverkning av kalk, gödsel och bekämpningsmedel, tillverkning och slutanvändning av krukor, användning av koldioxid, bevattning, belysning, värmegardiner och kylsystem, produktion och konsumtion av värme och el, produktion och sluthantering av växtunderlag, förpackning och transport av färdiga varor samt avfallshantering och återvinning. Handelns och konsumenternas aktiviteter samt distributionen lämnades utanför undersökningen. Det var den enda betydande delen, där studien skiljer sig från redovisningsrekommendationen för finsk livsmedels klimatpåverkan. Dessutom var tillverkning och underhåll av infrastrukturen uteslutna.

Företagen till undersökningen valdes med tanke på att de skilde sig något från varandra beträffande energianvändningsprofiler och odlingstider. Det beräknades också scenarier, där det användes genomsnittliga energiförbrukningsmängder från denna studie samt olika energikällor. Från några företag erhöles också månatliga energiförbrukningsvärden, vilket gjorde det möjligt att på ett grovt sätt variera växthusproduktionens säsongsbetoningsbetydelse av produktionens klimatpåverkan.

Resultaten visade att utsläppen från energiproduktionen är den i särklass största enskilda källan till utsläpp vid beräkning av växthusprodukternas klimatpåverkan. I alla studerade tomatföretag var värmeproduktionen den främsta orsaken till utsläpp av växthusgaser. Den stod för 75–96 %. Vid gurkproduktionen var elenergin andel större än vid tomatproduktionen på grund av större belysningsbehov och totalt 75 till 96 % av utsläppen beror på energiproduktionen, medan värme- och kraftproduktions andel varierar från företag till företag. I sallatproduktionen svarade energiproduktionen för 52–95 % av utsläppen och vid produktion av begonia 70–78 %. Vid tulpanproduktionen var även lökodlingens och lagringens andel signifikant.

Ett annat viktigt forskningsresultat var att klimatpåverkan av finska växthusprodukter varierar kraftigt från gård till gård. Klimatpåverkan av tomatproduktionen varierade mellan pilotgårdarna mellan 1360–3680 kg CO₂-ekv/1000 kg tomater, gurkproduktionens 540–3260 kg CO₂-ekv/1000 kg gurka och sallatproduktionens 107–829 kg CO₂-ekv/1000 stycken kruksallat. Bland blomproducenterna var spridningen också betydlig, bland tulpangårdar 1474–3776 kg CO₂ ekv/1000 knippar med 10 tulpaner och i produktionen av rosenbegonia 665–772 kg CO₂-ekv/1000 krukor begonia. Användning av enbart förnybar energi resulterade utsläpp på 370 kg CO₂ ekv/1000 kg tomater, 335 kg CO₂-ekv/1000 kg gurka och 59 kg/1000 st. kruksallat. Klimatpåverkan av tulpan vid användning av förnybar energi var med genomsnittlig energiförbrukning 1632 kg CO₂ ekv/1000 knippar med 10 tulpaner och rosenbegonias 227 kg CO₂-ekv/1000 krukor begonia. Eftersom klimatpåverkan varierar kraftigt från gård till gård, är den kalkylator av klimatpåverkan, som åstadkoms i projektet mycket användbar för odlarna.

Årstidsrelaterade skillnader är också stora i växthusproduktion och i undersökningen observerades, att klimatpåverkan av under sommarmånaderna producerade produkter kan vara så lite som en fjärdedel av mitt i vintern producerade produkter på grund av att uppvärmnings- och belysningsbehovet under sommaren är mindre.

Sökord:

Växthus, klimatpåverkan, miljöpåverkan, tomat, gurka, sallat, tulpan, krukväxt

Carbon footprint of calculation of Finnish greenhouse products?

Yrjänäinen, Heli¹⁾, Silvenius, Frans¹⁾, Kaukoranta, Timo²⁾, Näkkilä, Juha³⁾, Särkkä, Liisa³⁾ & Tuhkanen, Eeva-Maria³⁾

¹⁾MTT Biotechnology and Food Research, Latokartanonkaari 9, FI-00790 Helsinki

²⁾MTT Plant Production Research, Tietotie, FI-31600 Jokioinen

³⁾MTT Plant Production Research, Toivonlinnantie 518, FI-21500 Piikkiö

firstname.lastname@mtt.fi

Abstract

This report presents the results of climate impact calculations for five products produced in Finnish greenhouses: tomatoes, cucumbers, salad crops, tulips and Elatior begonias. The study employed 16 greenhouses for the investigation; two greenhouses each for the tulips and the begonias and four each for the tomatoes, cucumbers and salad crops. Based on these calculations a greenhouse gas calculator was developed for greenhouse cultivators. The calculator is available at internet in www.kauppapuutarhaliitto.fi -> hiilijalanjälki.

In terms of environmental impacts this study concentrated on the climate impacts of the investigated products, and the calculations were made for the most significant greenhouse gases: carbon dioxide, methane and nitrous oxide. The following processes were included in the system boundaries: plant growing, manufacturing of lime, fertilizers and pesticides, manufacturing and disposal of pots, carbon dioxide production, irrigation, lighting, thermal curtains and cooling systems, the production and use of electricity and heat energy, distribution of products by the growers, other transportation, end-of-life and recycling. Processes excluded from the study were: distribution by other actors, retail functions, the consumer stage, and maintenance and manufacturing of infrastructure. The study used MTT's calculation model for the climate impact of food products excluding distribution and retail processes.

The greenhouses selected for the study had some variation in their energy profiles and growing seasons. In addition, scenarios were created for different energy sources by using the average figures from this study. Monthly energy consumption values were also obtained from a number of the greenhouses and these were used to assess the variations in climate impact for different seasons.

According to the results of the study the use of energy is the most significant source of climate impact of greenhouse products. In the tomato farms the predominant source of greenhouse gas emissions was heat energy production, which was 75-96 % of the total emissions. With regard to cucumber growing more electricity is used than in tomato production because cucumber cultivation needs more light. In total, energy production was 75-96 % of the emissions but the proportion of heat energy and electricity varied between the greenhouses. The amount of energy used growing salad crops was 52-95 % and for begonias it was 70-78 %. In tulip production the growing and storage of the bulbs were also significant contributory factors.

Another notable result of the study was that the climate impact of the products grown in Finnish greenhouses varied significantly between the specific sites. In the pilot cases the variation between the tomato cultivation was 1360-3680 kgCO₂-equivalents per ton of tomatoes, for cucumber it was 540-3260 kgCO₂-eq/ton of cucumbers, and for salad crops 107-829 kg CO₂-eq/1000 units of salad plant. The climate impact of the product chain of tulips was 1474-3776 kgCO₂-eq/1000 10-pack of tulips and for begonias 665-772 kgCO₂-eq/1000 begonia pots. When only renewable energy was used the result for tomato production was 370 kgCO₂-eq/t of tomatoes, 335 kgCO₂-eq/ton of cucumbers and 59 kg/1000 units of salad plant. The climate impact of the tulip production chain produced by renewable energy was 1632 kg CO₂-eq/1000 pieces of 10-pack of tulips and for begonias 227 kgCO₂-eq/1000 pieces of begonia pots. Since the climate impact varies significantly between the greenhouse farms, the greenhouse gas calculator developed in this project will prove a very useful tool for cultivators.

The seasonal variation in greenhouse cultivation is also substantial and it was observed in the investigation that the climate impact of production in the summer months can be as little as one quarter of the climate impact of production in midwinter because the need for heating and lighting is significantly reduced during the summertime.

Keywords:

Greenhouse, environmental impacts, carbon footprint, tomato, cucumber, salad, tulip, pot plant

Förord

Denna rapport är slutrapporten av det av Jord- och skogsbruksministeriet (MMM), Trädgårdsfonden och Svenska lantbruksproducenternas centralförbund (SLC) finansierade projektet Greenhouse Carbon-Carbon Footprint Calculator. Syftet med projektet var att verifiera faktorer i växthusproduktionen, som klimatpåverkan består av och att hitta sätt att minska klimatpåverkan. Ett viktigt mål med projektet var också en räknare som kan modellera koldioxidavtryck av växthusprodukter. Räknaren fås på adressen www.kauppapuutarhaliitto.fi. Projektet startades sommaren 2011 och slutrapporten för projektet samt klimaträknaren kommer att publiceras i januari 2013.

En styrgrupp inrättades för projektet. Veli-Pekka Reskola från Jord- och skogsbruksministeriet var ordförande. Leena Ramstedt från MTT (Forskningscentralen för jordbruk och livsmedelsekonomi) var sekreterare och medlemmar i styrgruppen var Jyrki Jalkanen från Handelsträdgårdsförbundet, Susanne West från SLC samt växthusodlarna Jari Murto, Mikael Hoxell, Juha Oksanen och Johanna Smith.

Datainsamlingen och utsläppsmodelleringen gjordes av forskarna Heli Yrjänäinen och Frans Silvenius. Baserande på utgångsuppgifterna utfördes modelleringen av energiförbrukningen i blomproduktionen av äldre forskare Timo Kaukoranta och information om torrsubbstans, kol- och kväveinnehåll i olika växtdelar av tomat, gurka och sallad lämnades av äldre forskare Juha Näkkilä, samt specialforskare Liisa Särkkä och forskare Eva-Maria Tuhkanen. Alla nämnda forskarna är från MTT.

Undersökningen förutsatte insamling av data från växthusföretag, förpackningsindustrin, kruktillverkare, växtunderlagsproduktion, plantproduktion, energibolag och andra aktörer i sektorn. Forskargruppen tackar alla de personer som bidrog till denna studie, särskilt odlarna på pilotföretagen!

Helsingfors, januari 2013

Författarna

Innehållsförteckning

1 Inledning.....	9
2 Material och metoder.....	10
2.1 Systembegränsningar	10
2.2 Växthusen i undersökningen	12
2.2.1 Tomat	12
2.2.2 Gurka.....	12
2.2.3 Sallat.....	13
2.2.4 Tulpan och rosenbegonia	14
2.3 Produktionsfaktorer.....	14
2.3.1 Datakvalitetskraven.....	14
2.3.2 Energi	14
2.3.3 Koldioxid	16
2.3.4 Frö, plantor och lökar	17
2.3.5 Växtunderlag	17
2.3.6 Gödsling	17
2.3.7 Förpackningar	18
2.3.8 Avfall	18
2.3.9 Transport och överföring.....	19
3 Resultat och diskussion	20
3.1 Resultat.....	20
3.1.1 Tomat	21
3.1.2 Gurka.....	23
3.1.3 Sallat.....	26
3.1.4 Tulpan och blommande krukväxter.....	28
3.2 Diskussion om resultaten och utvärderingen.....	30
3.2.1 Värdering av utgångsdata.....	30
3.2.2 Produktionsfaktorernas inverkan.....	30
3.2.3 Blomprodukter	36
4 Sammanfattning och slutsatser	38
Källor.....	40

1 Inledning

Undersökningen gjordes i samarbete med 16 av Handelsträdgårdsförbundets och SLC:s växthusföretag. I undersökningen ingår 5 olika växthusprodukter, gurka, tomat, sallat, tulpan och rosenbegonia. I grönsaksundersökningen fanns det 4 samarbetsföretag per produkt. På blomsidan var det två samarbetsföretag per produkt.

Undersökningen förverkligades genom att samla in produktionsinsats- och utsläppsdata från samarbetsföretagen och slutligen genom att utveckla en räknare och med hjälp av den uppskatta produkternas klimatpåverkan hos samarbetsföretagen. Undersökningen startades med att samla in produktionsdata från samarbetsföretagen genom företagsbesök. Samtidigt samlades in behövliga utsläppsdata från litteratur samt från tillverkare av olika produktionsinsatser. Därefter utvecklades med hjälp av insamlade data om utsläpp en räknare för klimatpåverkan av växthusprodukter. I detta sammanhang beräknades även klimatpåverkan av samarbetsföretagens produkter. Modelleringen genomfördes enligt principerna för livscykelanalys genom att utnyttja både av MTT publicerad vägledning för beräkning av klimatpåverkan av livsmedel (Hartikainen etc. 2012) och ISO 14040-standarden. Som utgångspunkt beaktades i beräkningen hela produktionskedjan enligt principerna för livscykelanalys.

I avsnitt 2.1 genomgås projektets systembegränsningar både gällande miljöpåverkan och undersökt livscykelstadium. Avsnitt 2.2 fokuserar sig på data från samarbetsföretagen och avsnitt 2.3 på i undersökningen använda datakällor för utsläpp. I avsnitt 3.1 samlas undersökningsresultat, som sedan uppskattas närmare i avsnitt 3.2. I avsnitt 4 görs en sammanfattning av resultaten i undersökningen samt diskuteras de slutsatser som erhållits i undersökningen.

2 Material och metoder

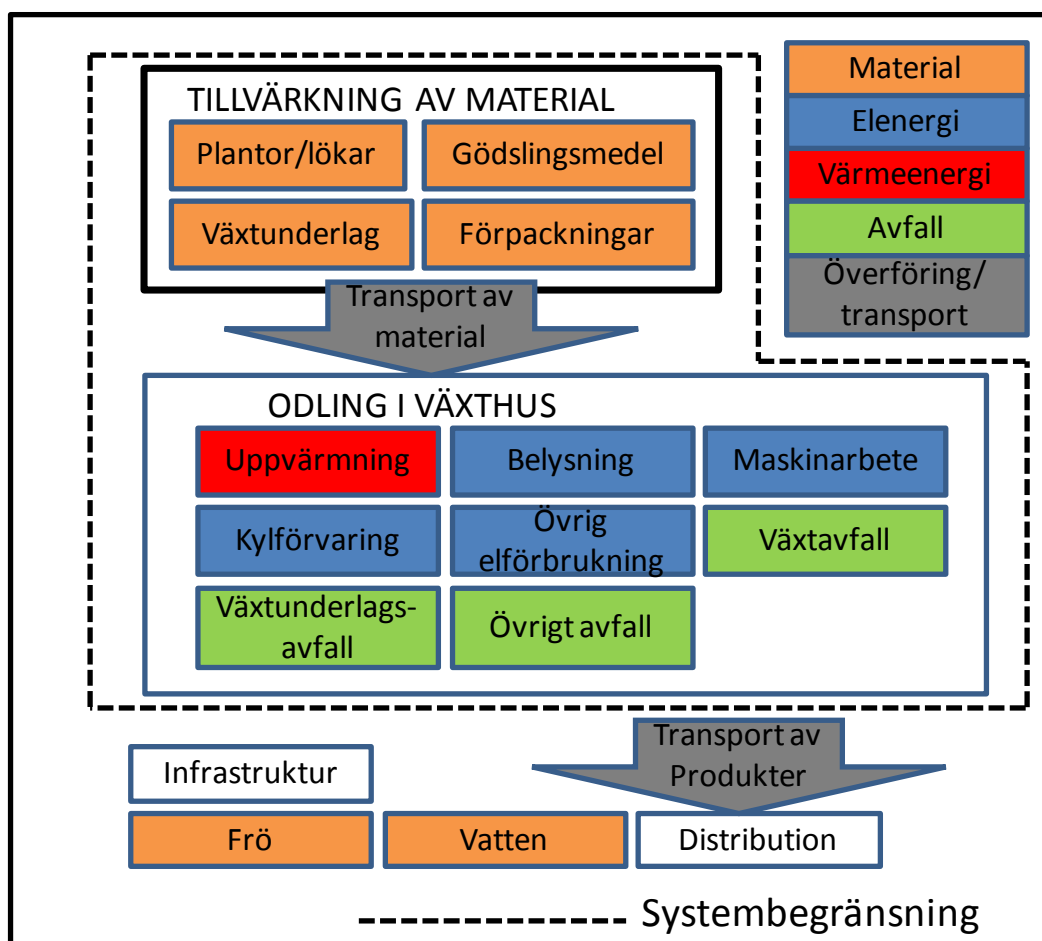
2.1 Systembegränsningar

Undersökt miljöpåverkan begränsades till klimatpåverkan. Av växthusgaserna togs i betraktande de tre viktigaste, dvs. koldioxid (CO₂), metan (CH₄) och dikväveoxid (N₂O). Resultaten av undersökningen har uttryckts som produktens koldioxidavtryck, vilket återspeglar interaktion mellan de olika växthusgaserna och uttrycks i koldioxidekvivalenter. Olika växthusgaser omvandlas till koldioxidekvivalenter med hjälp av karakteriseringsfaktor, som indikerar växthusgasens klimatpåverkan i jämförelse med koldioxidens klimatpåverkan. Karakteriseringsfaktorer som används i studien sammanfattas i tabell 2,1.

Tabell 2.1. Karakteriseringsfaktorer av växthusgaser (Solomon etc. 2007).

Växthusgas	Karakteriseringsfaktor
Koldioxid	1
Metan	25
Dikväveoxid	298

Utöver modellerade miljöeffekter, har man gjort begränsande val angående livscykelstadium, som beaktas i undersökningen. I figur 2.1 har energi- och materialflöden i växthusodling beskrivits. Samma begränsningar har använts både vid beräkning av klimatpåverkan av de deltagande företagen och i räknaren som kommer att publiceras i projektet.



Figur 2.1. Energi- och materialflödet i ett växthusföretag samt systembegränsning.

Figur 2.1 är till en del generaliserad, eftersom det finns små skillnader mellan produktionsmetoder av olika växthusprodukter. Till exempel i produktionen av blommande krukväxter används inte kylager. De produktspecifika skillnaderna är dock små och för alla produkter har i stort sett samma begränsningar använts. Angående energikomponenterna d.v.s. el och värme, beaktas vid beräkningen köp av bränsle, energiproduktion och inköp av el, och vid inköp av el även distributionsförlusten. Av allt material beaktas i princip både transport och tillverkning. Frön och vatten lämnades utanför beräkningen på grund av att deras inverkan på den totala klimatpåverkan visade sig vara obetydlig. Begränsningen påverkar således inte resultaten, men gör beräkningen enklare. Utöver dessa produktionsfaktorer ignoreras infrastruktur, inklusive till exempel maskiner och annan utrustning, byggnader och vägar. Utanför den observerade livscykeln begränsades även distribution, handel och konsument. Den undersökta livscykeln slutar alltså när produkten lämnar växthuset. Eftersom handels- och distributionsfasen uteslöts från systembegränsningarna är begränsningarna inte helt i enlighet med MTT:s redovisningsinstruktioner (Hartikainen etc. 2012). Dessutom har utsläpp från kompostering enligt forskningsplanen beaktats, även i de fall där kompostmyllan används i ett annat produktsystem, så beräkningen skilde sig även i detta avseende från den tidigare nämnda beräkningsrekommendationen.

2.2 Växthuset i undersökningen

Syftet var att till undersökningen välja ett representativt urval av olika typer av växthus för varje berörd produkt. Skillnaderna bestod speciellt i energiproduktionsprofiler, odlingssekvenser och växthusens storlek. I detta avsnitt beskrivs närmare produktspecifika produktionsfaktorer i de företag som är med i undersökningen. All företagsinformation har insamlats under år 2011.

I granskad produktionsdata betyder odlingsareal hela företagets odlingsareal. När det gäller elektricitet har hos de företag, som använder inköpt el den inköpta elprodukten listats. Av elprodukter finns närmast tre typer tillgängliga för företag. Det vanligaste är grundavtal, vars produktionsprofil kan vara hurudan som helst. Dessutom erbjuder vissa elbolag en eller två miljöprodukter, såsom Carbon free och grön el. Carbon free-elprodukterna har producerats utan fossila bränslen, d.v.s. bara kärnkraft och förnybar energi har använts i produktionen. Grön el har producerats med enbart förnybar energi. Information om odlingsareal och skördenivå erhöles produktionskedjespecifikt hos odlarna enligt beräkningsrekommendationen för klimatpåverkan av livsmedel.

2.2.1 Tomat

I tabell 2.2 anges produktionsinformation från tomatföretagen.

Tabell 2.2. Produktionsinformation av tomatföretag.

Produktionsfaktor	Företag T1	Företag T2	Företag T3	Företag T4
Odlingsareal	över 10000m ²	under 10000m ²	under 10000m ²	under 10000m ²
Odlingsmånader	12	9	11	9,5
Väggmaterial	glas, akryl	tunnelplast	plast, akrylglas, glas	plast
Takmaterial	glas, akryl	tunnelplast	plast, glas	plast
Belysning	ja	nej	ja	nej
Värmegardin	ja	nej	nej (akrylglas)	nej
Växtunderlag	stenuil	torv	stenuil	stenuil
Elprodukt	carbonfree	grundavtal	grön	grön
Bränsle vid värmeproduktion	stycketorv, flis, flytgas	tung brännolja, flis	tung brännolja	tung brännolja
Koldioxidstillsättning	nej	ja	ja	ja

Företag T1 använder inte tillsatt koldioxid, utan styr koldioxiden, som uppstår vid värmeproduktionen med flytgas till växthuset. I alla undersökta företag odlas endast tomat.

2.2.2 Gurka

I tabell 2.3 anges produktionsdata från de undersökta gurkföretagen.

Tabell 2.3. Produktionsinformation från gurkföretag.

Produktionsfaktor	Företag K1	Företag K2	Företag K3	Företag K4
Odlingsareal	över 10000m ²	under 10000m ²	över 10000m ²	under 10000m ²
Odlingsmånader	12	11,5	11	7
Väggmaterial	glas	glas	glas, akryl	plast
Takmaterial	glas	glas	glas	plast
Belysning	ja	ja	ja	nej
Värmegardin	ja	nej	ja	nej
Växtunderlag	torv	stenull	stenull	stenull
Elprodukt	grundavtal	grundavtal	carbon free	grundavtal
Bränsle vid värmeproduktion	flytgas	lätt brännolja, stycketorv, flis	stycketorv, flis	lätt och tung brännolja, flytgas
koldioxidstillsättning	nej	ja	ja	nej

Företag K1 styr koldioxiden, som uppstår vid värmeproduktionen till växthuset. I alla företag odlas enbart gurka.

2.2.3 Sallat

Sallaten i undersökningen är i företagen S1 och S2 vanlig kruksallat. Företag S3 har produktion av både kruksallat och issallat, som båda ingår i undersökningen. I företag S4 produceras flera sallatsprodukter, men ungefär hälften av produktionen är issallat. Således har granskningen i företag S4 begränsats till issallat. Sallatsföretagens produktionsdata presenteras i tabell 2.4.

Tabell 2.4. Produktionsinformation från sallatsföretagen.

Produktionsfaktor	Företag S1 (kruksallat)	Företag S2 (kruksallat)	Företag S3 (kruk- och issallat)	Företag S4 (issallat)
Odlingsareal	under 10000 m ²	över 10000m ²	över 10000m ²	över 10000m ²
Odlingsmånader	12	12	11,5	12
Väggmaterial	polykarbonat	Glas, polykarbonat	glas, plast	polykarbonat
Takmaterial	polykarbonat	Glas, polykarbonat	glas, plast	polykarbonat, glas
Belysning	ja	ja	ja	ja
Värmegardin	ja	ja 85 %	finns i glashuset, inte i plasthuset	ja
Växtunderlag	stenull	torv	torv	torv
Elprodukt	grundavtal	egen produktion: vatten	grön	grundavtal
Bränsle vid värmeproduktion	flis	naturgas och olja	biprodukt av spannmål	lätt och tung brännolja, flytgas, torv
Koldioxidstillsättning	nej	nej	ja	nej

Med företaget S1 som undantag odlas förutom sallat även små mängder örter i alla företag. I värmeproduktionen används i alla företag små mängder brännolja närmast som reserv- och startbränsle. Företagen S1, S2 och S3 styr koldioxid, som uppstår vid värmeproduktionen till växthuset.

2.2.4 Tulpan och rosenbegonia

I alla prydnadsväxtföretagen i undersökningen odlades flera blomprodukter. I företagen Ku1 och Ku2 undersöktes tulpan och i företagen Ku3 och Ku4 rosenbegonia. Information om blomsterföretag har samlats i tabell 2.5.

Tabell 2.5. Produktionsinformation från blomsterföretagen.

Produktionsfaktorn	Företag Ku1	Företag Ku2	Företag Ku3	Företag Ku4
Odlad produkt	tulpan	tulpan	rosenbegonia	rosenbegonia
Odlingsareal	över 10000m ²	över 10000m ²	över 10000m ²	under 10000m ²
Odlingsmånader	10,5	7	9	6,5
Väggmaterial	polykarbonat	½ glas, ½ element av bergsull som isolation	akryl	polykarbonat
Takmaterial	glas	glas	glas	plastfilm
Belysning	ja	ej	ja	ja
Värmeduk	ja	ja	ja	ja
Växtunderlag	vatten	torv	torv	torv
Elprodukt	normal	normal	normal	normal
Bränsle vid värmeproduktion	flis, torv, rörflen	kol	inköpt fjärrvärme	lätt brännolja, flis
koldioxidtillsättning	nej	nej	nej	nej

I företaget Ku1 kylbehandlas lökarna i växthuset, medan lökarna i företag Ku2 kommer kylbehandlade från Holland. I företag Ku2 används belysning bara i den utsträckning det behövs i arbetet.

2.3 Produktionsfaktorer

I detta avsnitt behandlas produktionsfaktorer i växthusproduktion samt källor, från vilka utsläppsdata för var och en produktionsfaktor har insamlats.

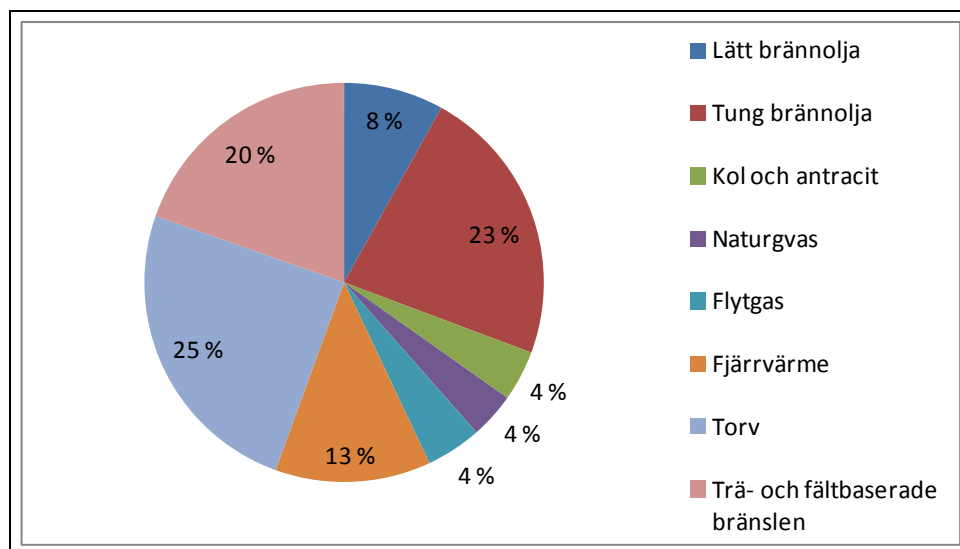
2.3.1 Datakvalitetskraven

Vid datainsamling kunde de kvalitetskrav fyllas som rekommenderas i MTT:s vägledning till beräkning av klimatpåverkan (Hartikainen etc. 2012) när det gäller skördenivå, energiförbrukning, odlingsareal, mängder och typ av gödselmedel och växunderlag samt utsläpp i tillverkning av gödselmedel. Av dessa ovannämnda komponenter erhöles produktionskedjespecifik information från växthusföretagen medan data om utsläpp från gödselmedelsproduktion erhöles från tillverkaren.

2.3.2 Energi

I växthuset används både värme- och elenergi, av vilka det hos företagen i undersökningen fanns tillgänglig produktionskedjespecifik data som uppfyllde kvalitetskraven i beräkningsrekommendationen för klimatpåverkan av livsmedel. Det är möjligt att köpa den behövliga värmeenergin från fjärrvärmenätet, men oftast används värmeenergi, som producerats i växthusföretagets eget värmeverk. De vanligaste bränslena i produktion av värmeenergi för växthus är olja, torv och flis. Även kol, natur- och flytgas samt biobränslen av olika slag utöver flis används då och då i Finland som värmeenergikällor. Elenergin köps oftast från elnätet och olika växthusföretagare använder i bred skala olika elleverantörer. Användning av egen anläggning för produktion av elenergi är möjligt, men egna anläggningar för

elproduktion är betydligt mindre vanliga än egna anläggningar för värmeproduktion. Figur 2.2 visar fördelningen av energianvändningen i företag med mer än 1000 m² uppvärmd yta under år 2011. Speciellt sjönk andelarna av tung brännolja (28 %) och naturgas (53 %) i värmeenergiproduktionen under tidsperioden 2008–2011 (Tike 2012).



Figur 2.2. Fördelning av energikälla i använd värmeenergi i finsk växthusproduktion.

Vid modellering av klimatpåverkan av energiförbruket följdes riktlinjer från livsmedelsproduktionens beräkningsrekommendation (Hartikainen etc. 2012). Enkelt uttryckt beräknades utsläppen genom multiplikation av använd energi och emissionsfaktorn, både när det gäller energiverket och produktionskedjan av olika bränslen. Man strävade efter att bestämma el- och värmeenergis emissionsfaktorer enligt beräkningsriktlinjer på ett sådant sätt att de så exakt som möjligt motsvarar utsläppen från produktionen av den verkliga energiförbrukningen. Tidigare användes speciellt när det gäller el genomsnittliga emissionsfaktorer i energiproduktionen i Finland. En noggrannare modellering av utsläpp motsvarar dock bättre senaste ISO-standard och därför används även i det här projektet principer för noggrannare modellering.

Vid egen produktion, alltså oftast vid produktion av värmeenergi, definierades emissionsfaktorerna beroende på vilket bränsle har använts till energiproduktionen. För alla mest använda bränslen har man vid vägledning för beräkning av klimatpåverkan av livsmedel definierat emissionsfaktorer för hela livscykeln. Med räknaren kan klimatpåverkan förorsakad av värmeförbrukningen beräknas, när antingen använda mängden bränsle eller använt bränsle och producerad värmeenergi är kända.

När det gäller inköpt energi, som vanligtvis är elenergi, kan emissionsfaktorerna definieras med hjälp av produktionsprofilen och specifikutsläpp som elleverantören har publicerat, samt koefficienterna i beräkningsvägledningen. Räknaren har genomförts så, att den beräknar den inköpta energis klimatpåverkan direkt genom att ange ovanstående information.

Vid användning av egen energiproduktion får man energiförbrukningen antingen direkt från produktionssystemet eller genom beräkning av bränsleförbrukningen. Vid användning av inköpt energi får man data om energiförbrukningen från energiförsäljaren. I växthus, där man endast producerar en produkt, kan energiförbrukningen och även utsläppen uppskattas direkt med hjälp av dessa data.

I företag som producerar flera produkter, måste den använda energin delas eller allokeras mellan flera produkter. Detta var fallet i denna undersökning i blomgårdarna. För att definiera energiförbrukningen i produktionssystemet måste noggrannare beräkningsmodeller användas. I dessa fall, där den direkt till produkten fokuserade mängden energi inte kunde fastställas, modellerades den produktspecifika energiförbrukningen separat. I detta syfte har i räknaren upprättats ett räkneverktyg för att dela på förbrukning av värme- och elenergi mellan de olika produkterna.

Man antog vid modelleringen av energiförbrukningen var, att företagets totala mängd av bränsle som används för uppvärmning och hela årets eller odlingsperiodens elanvändning var kända. Den fördelades mellan växthusföretagets avdelningar eller skilda hus och årstider. Delningen kunde inte göras med absolut precision med rimlig arbetsmängd, men uppvärmningens fördelning mellan skilda avdelningar kunde approximeras i förhållande till varandra och årstiden med hjälp av väderinformation, data om klimatstyrning och växthustemperatur.

Bedömningen gjordes med hjälp av den totala genomsnittliga värmeöverföringskoefficienten (K_{tot}), som beräknades på basis av årlig uppvärmning och årlig skillnad mellan inomhus- och utomhustemperatur. Den beskrev relativt väl värmeförlusten från växthuset till uteluften. Dessutom beaktades att uppvärmningsbehovet årstidsmässigt inte motsvarar värmeförlusten via täckningsmaterialet som K beskriver, eftersom solen från våren till sommaren ersätter uppvärmningsbehovet. På hösten är uppvärmningsbehovet ibland större än beräknat på grund av K_{tot} , för att det kan vara nödvändigt att avlägsna fukt genom att samtidigt lufta och uppvärma. Under vinters lugna frostperioder blir enligt K_{tot} beräknade värmeförlusten för stor, eftersom värmeförlusten är mindre under lugnt väder när gardiner används mycket.

Uppvärmningens användning under året kunde specificeras med hjälp av skillnaden mellan värmerörstemperatur och inomhustemperatur. Värmeöverföringskoefficienten från värmerör till luften (K) beräknades grovt så, att den dagligen med hjälp av K och rör- och inomhustemperaturerna beräknade uppvärmningen sammanlagt under året ungefär motsvarar den under ett år använda uppvärmningen i växthusavdelningen. Avdelningarnas värmeförbrukning mäts normalt inte skilt, så den årliga uppvärmningen i skilda avdelningar definieras med total värmeöverföringskoefficient K_{tot} .

K omfattar rör-luft-värmeöverföringseffektiviteten och varmvattenflödet. Flödet förändras inte från dag till dag. Rör-luft-värmeväxling håller sig i stort sett stabilt så länge lufthastigheten inte förändras väsentligt.

När daglig information om växthusets klimatvariabler och rörtemperaturer inte fanns, gjordes modelleringen på följande sätt: när målsättningen i avdelningarna för fuktighetskontrollen var likadan, belysningen ungefär likadan och växtligheterna ungefär lika stora (enbart sallat eller krukväxter) beror det relativa uppvärmningsbehovet på deras temperatur i relation till utomhustemperaturen och avdelningens täckningsmaterial. Enligt denna princip strävade man till att precisera avdelningarnas uppvärmning i förhållande till varandra och till årstiden.

Växthusets kontrollmålsättning var känd, så man kunde uppskatta växthustemperaturens dagliga amplitud ($T_{amp} = \max(3; 12/900 * \text{MaxR})$), där MaxR är dygnets maxeffekt för strålningen W/m^2 , samt dagliga lägsta (T_{min}) och högsta temperatur (T_{max}) i växthus. Av dessa beräknades avvägd skillnad i växthusets dagliga inomhus- och utomhustemperaturer. ($N_o = \max(0; K * (0.5 * (T_{min} - T_{min,u}) + 0.4 * (T_{max} - T_{max,u}) + 0.1 * T_{amp}))$), där K var avdelningens totalvärmeöverföringskoefficient i relation till andra avdelningar, $T_{min,u}$ och $T_{max,u}$ är uteluftens lägsta och högsta temperaturer. Avdelningarnas dygnsvärden sammanfattades över avdelningarna och odlingssäsongen N_{tot} . På basis av dessa beräknades avdelningens dagliga relativa uppvärmningsbehov ($N_r = N_o / N_{tot}$). Hela växthusföretagets årliga uppvärmning (kWh/avdelning) uppdelades på daglig basis på avdelningarna genom att multiplicera den under odlingssäsongen använda uppvärmningsenergin med N_r -värdena.

Slutresultatet är en grov uppdelning av uppvärmning på avdelningarna under odlingssäsongen.

Belysningens installerings effekt (W/m^2) var känd, likaså användningstiden under året. Belysningens dagliga användningstid (h) beräknades enligt dagens maximala totalinstrålning (W/m^2), faktiska totalinstrålning (W/m^2) och den inställda driftgränsen (totalinstrålningens on/off -gräns W/m^2).

2.3.3 Koldioxid

Med koldioxidgödsling kan man främja såväl gurk-, tomat- sallats- som blomtillväxt, eftersom luftens normala koldioxidhalt, 340 ppm, är otillräcklig för att producera bästa tillväxtresultat. Den optimala koldioxidhalten är beroende på växten mellan 600 och 1000 ppm. Genom tillsättning av koldioxid har man kunnat öka tomat-, gurk- och sallatskördarna i genomsnitt med 25–30 %. (AGA 2012).

Det finns olika tillverkningsprocesser av koldioxid och det kan vara en biprodukt vid framställningsprocesser av olika kemikalier. En besvärlig detalj är fördelningen av utsläpp mellan huvudprodukt och koldioxid. Fördelningen kan utföras på flera sätt på basis av fysiska, ekonomiska eller andra faktorer, vilket har betydande inverkan på koldioxidens andel i systemets totala klimatpåverkan. Skillnaderna i använda fördelningsmetoder är en orsak till variationen i koldioxidgödslingens klimatpåverkan som är modellerad i olika studier. I denna undersökning fördelades inte utsläpp för koldioxid som uppstår som biprodukt i huvudproduktens produktionsprocess. Variation förorsakas även av det faktum att koldioxid kan vara i flytande eller gasform. Data om flytande koldioxids klimatpåverkan fanns hos koldioxidleverantörerna Air Liquid och AGA. Motsvarande data om koldioxid i gasform fanns hos AGA och databas Ecoinvent. I produktionen av flytande koldioxid var klimatpåverkan i dessa studier betydligt lägre än i produktionen av koldioxid i gasform. Men även i studier av koldioxid i samma fas fanns det skillnader, då speciellt i produktionen av flytande koldioxid uppskattades klimatpåverkan av Ecoinvent betydligt högre än i AGA:s beräkningar. I växthus används emellertid vanligen koldioxid i gasform. Av denna anledning användes i denna undersökning ett genomsnitt av Air Liquides och AGAs klimatpåverkan av koldioxid i gasform.

2.3.4 Frö, plantor och lökar

Nästan alla frön i grönsaksproduktion importerar till Finland från Holland. Fröproduktionen beslöt man att lämna utanför undersökningen på grund av att dess effekt i förhållande till den totala klimatpåverkan är så liten, att cut-off-regeln i vägledning till beräkning (Hartikainen etc. 2012) uppfylldes.

Tomat och gurkplantorna kan man odla själv från frön, men oftast köps plantorna hos plantupptrivare. Produktionsdata av plantproduktionen har inhämtats från en av Finlands största plantupptrivare och den används för produktionsmodelleringen av alla företag. Sallatsodlarna för sin del producerar sina plantor själva från frö, och dessa produktionsfaktorer är direkt med i växthusföretagets interna energi- och materialflöden.

Tulpaner och blommande krukväxter i Finland odlas nästan uteslutande av blomsterlökar och frö som har producerats i Nederländerna. Van der Putten & Wildschut (2012) har beräknat klimatpåverkan av olika blommors lökproduktion, och i denna studie används resultat för tulpanlökar från den publikationen.

2.3.5 Växtunderlag

De mest använda växtunderlagen är torv och stenull. Utöver dessa används i samarbetsföretagen även vatten som växtunderlag för tulpaner. Även om det inte i något av samarbetsföretagen användes perlit eller vermikulit som substrat, tas de med i räknaren som alternativa växtunderlag.

Data om torvproduktionens klimatpåverkan finns i flera skilda livscykelanalyser. I studien valde man att använda Finlands miljöcentrals rapport (Myllymaa, 2008) uppgifter om växttorv. I undersökningen antogs torven vara finsk. Stenullsproduktionens kolavtryck klargjordes via stenullsproducenten Grodan, och hos dem erhöles data i en artikel om stenull (Kool & Blonk, 2011). Klimatpåverkan av stenullsanskaffningen har modellerats utgående från denna artikel, då det inte erhöles data från andra stenullstillverkare eller från andra källor. Denna stenullstillverkares produkter observerades också vara de vanligaste, åtminstone i samarbetsföretagen. Grodans stenullsprodukter kommer från Nederländerna. I samma studie hade även klimatpåverkan av i Indien producerad kokosfiber modellerats, och den används i räknaren till modellering för kokosfiber. Data om miljöpåverkan av perlit och vermikulit erhöles från Nordisk Perlit & Vermipu Ab. I dessa beräkningar antas perliten komma från Danmark och vermikuliten från Ryssland.

Till klimatpåverkan av produktion av växtunderlag har utöver nämnda produktions- och inskaffningsdata inkluderats även transport till Finland för underlag som inte producerats i Finland. Transporter har modellerats med hjälp av VTT:s LIPASTO-databas. Växtunderlagstransporter i hemlandet beräknas separat vid transporter beroende på var växthuset är beläget.

2.3.6 Gödsling

I växthusen används flera olika gödselmedel. Utöver NPK-gödselmedel används bland annat kalksalpeter, salpetersyra och magnesiumnitrat. Data om tillverkning av gödselmedel har samlats in främst hos Finlands största gödningsmedelstillverkare som Yara och Kekkilä. En del data om gödsling erhöles även

från Kemira. All data om gödslingsmedel erhöles dock inte från finska källor. I sådana fall har informationen kompletterats med uppgifter från den schweiziska livscykel databasen Ecoinvent. Av mineralgödselmedlens kväveinnehåll bedömdes enligt IPCC:s (2006) instruktioner att 1 % avges till luften som kväveoxidul. Vid kvalitetskraven för data av gödselmedelsproduktion uppfylldes kraven som ställs för beräkningsrekommendation för livsmedelproduktionens klimatpåverkan.

2.3.7 Förpackningar

Tomaterna och gurkorna packas i lådor av wellpapp. Uppgifter om vikt och andel av returfiber har erhållits av tillverkaren. Vid beräkning av klimatpåverkan av wellpappsproduktion har använts utsläppsdata från livscykelanalysen, som Centrallaboratorium Ab (KCL) har gjort åt Finlands wellpappsförening. Wellpapp har dock antagits vara återvinningsmaterial, så wellpappföreningens uppgifter har modifierats i enlighet med det. I modelleringen av återvinningseffekten har ISO 14049 standardens öppna allokeringförfarande använts. Öppen allokering användes, för att fibrernas egenskaper förminskas i återvinningen och de används i tillverkning av en annan produkt, d.v.s. hylskartong. I allokeringen har man även tagit hänsyn till det ekonomiska värdet av produkterna, alltså det att det ekonomiska värdet av wellpapp är något större än av hylskartong.

Sallat och gurka insveps i plast. Den för kruksallat använda plastpåsen är tillverkad av polypropen. Utsläpp för polypropentillverkningen togs från Plastics Europe:s databas och uppgifterna för själva påstillverkningen direkt från tillverkarna. Även gurkorna inplastas, men plasten som används är polyeten (LDPE). Tillverkningsinformation för polyeten finns också i Plastics Europe:s databas. Data om produktion av förpackningsfoliet till gurkan erhöles också direkt från tillverkarna. Produktionsdata om plastförpackningar erhöles från följande företag: Muovijaloste Oy, Oy Pyroll och Ab Rani-Plast Oy. Dessutom används i växthusproduktion plastkrukor, vars information erhöles från Pöppelmann och HJ Jousi Oy. Plastkrukornas material var polypropen.

Produktionsdata om förpackningar var således produktionskedjespecifik information från produkternas tillverkare och produktionsdata om förpackningsmaterial var databasinformation, så kvalitetskraven i beräkningsrekommendationen för klimatpåverkan av livsmedel blev uppfyllda för förpackningarnas del. I företag som producerade flera olika typer av förpackningar gjordes fördelningen genom massallokering.

2.3.8 Avfall

Vid modellering av avfall tas hänsyn till växtavfallet som uppstår vid gurk- och tomatproduktionen. Av växtavfallet erhöles en beräkning av total mängd avfall samt torrsbstans, kväve- och kolinnehåll som baserar sig på studier i Piki och Närpes gjorda av MTT:s forskare i växthusodling, för tomatens del 1999 och gurkans del 2006, och när det gäller sallats torrsbstans är studierna utförda under 2011 och 2012 i Oksanens trädgård i Åbo, Finland. Beräkningarna gjordes för gurkans och tomatens del för både produktion i naturligt ljus och artificiellt ljus. Plantering vid gurkförsöket var 9.5. och tomatförsöket 25.2. Vid kompostering uppstår en del metan och kväveoxidul (lustgas). För att uppskatta deras mängder användes för kväveoxidulens del worst-case-skenariot från källan Myllymaa etc. (2008), baserat på källorna Easewaste (2007) och Lehto (2005) och för metanens del var källan Myllymaa etc. (2008), som i sin tur baserar sig källan Easewaste (2007).

I beräkningarna antogs att hälften av det komposterade materialets kväve frigörs och 5 % därav är kväveoxidul, å andra sidan att 65 % av kolet frigörs och därav 3 % metan. Vid deponeringsavfall har i modelleringen använts IPCC:s (2006) formler för beräkning av metanutsläppen vid deponering, som tar hänsyn till det faktum att de olika organiska avfallen (fiber, matavfall, trädgårdsavfall) skiljer sig i halten av organiskt kol och i metanproduktionspotentialen.

När det gäller avfall togs det inte hänsyn till eventuella substitutioner såsom energi vid avfallsförbränning eller vid komposteringen erhållen nyttoanvändning av myllan. Komposteringsutsläpp beaktades också, även om det erhöles mylla till ett annat produktionssystem, vilket skiljde sig från rekommendationen för beräkning av livsmedels klimatpåverkan.

2.3.9 Transport och överföring

Under växthusprodukternas hela livscykel görs transport och överföringar med flera olika fordon och överföringsanordningar. Utsläpp från olika transportmedel modelleras med hjälp av emissionsfaktorer i LIPASTO-databasen.

En del av insatsvarorna i växthus transporterar tillverkaren till växthusföretaget, i vilket fall växthusföretagarna inte brukar ha specifik information om transporten. Insatsvarornas ursprung och antalet transporter är vanligen kända, men insatsvarornas andel av lasten är nödvändigtvis inte känd. Därför har modelleringen i räknaren förenklats så, att man kan uppskatta transporterens utsläpp om bara mängderna av de transporterade varorna och transportavståndet är kända. Antagandet är att transporter sker i lastbil med en last på 70 % av maxvikten. Om så önskas, är även en mera exakt beräkning möjlig med räknaren.

I räknaren instrueras att vid transport och överföringar åtminstone beakta transport av gödselmedel, odlingssubstrat och förpackningar samt andra transporter och överföringar med tydlig anknytning till växthusets aktiviteter såsom post- och bankärenden samt flyttning av saker med traktorer och gaffeltruckar. Räknaren ger också möjligheten att beakta andra insatsvaror såsom transport av plantor och lökar.

3 Resultat och diskussion

3.1 Resultat

I detta avsnitt genomgås i undersökningen beräknad klimatpåverkan av de granskade växthusprodukterna per företag. Av resultaten presenteras totalklimatpåverkan samt dess fördelning i olika stadier av produktionen. Separat presenteras även energiförbrukningen i produktionen.

Utöver resultat per företag modellerades i undersökningen tre olika scenarier för att beskriva växthusproduktionens klimatpåverkans variation beroende på vilken typ av energi som används. Scenarierna beskrivs i tabell 3.1.

Tabell 3.1. Indata i produktionsscenarier.

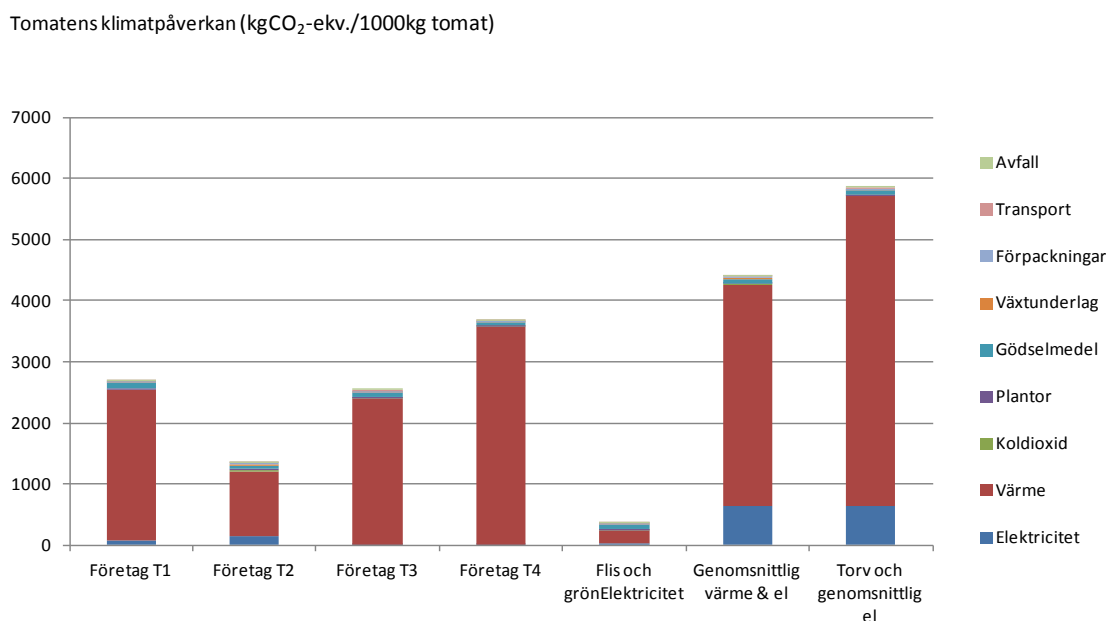
Produktionsfaktor	Scenario 1: grön energiproduktion	Scenario 2: genomsnittlig energiproduktion	Scenario 3: olja	Scenario 4: torv
Bränsle vid värmeproduktion	Flis	Genomsnittlig värmeförbrukning i växthus (tabell 4.1)	Olja	Torv
Värmeförbrukning	Företagens genomsnittsförbrukning	Företagens genomsnittsförbrukning	Företagens genomsnittsförbrukning	Företagens genomsnittsförbrukning
Elektricitets ursprung	I genomsnitt såld i Finland producerad med förnybara produktionsmetoder	I genomsnitt såld i Finland	I genomsnitt såld i Finland	I genomsnitt såld i Finland
Elförbrukning	Företagens genomsnittliga förbrukning	Företagens genomsnittliga förbrukning	Företagens genomsnittliga förbrukning	Företagens genomsnittliga förbrukning
Andra produktionsfaktorer	Genomsnittlig i företagen	Genomsnittlig i företagen	Genomsnittlig i företagen	Genomsnittlig i företagen

Värme- och elförbrukningen och andra produktionsfaktorer i scenarierna har alltså beträffande varje produkt modellerats enligt genomsnittliga data från företagen i undersökningen. Modellen har varierats genom att byta antagandet om produktionssättet av energin med målsättning att beskriva typiska ytterligheter av klimatpåverkan i finsk växthusproduktion. Således har som typisk produktion med liten klimatpåverkan till värmeproduktionskälla valts flis, som är det mest använda förnyelsebara bränslet i växthus. Elektricitet antas vara genomsnittlig i Finland såld förnybar el. Motsvarande har en stor klimatpåverkan beräknats med två olika scenarier. Skillnaden i dessa scenarier är endast bränslet i värmeförbrukningen, som i det ena scenariot är olja och i det andra torv. Även de här granskningarna har valts på grund av att dessa båda bränslena i Finland är allmänt använda i värmeproduktionen för växthus. Elektriciteten antas i dessa scenarier vara genomsnittlig i Finland såld el.

Även om extrascenarierna har valts för att beskriva typiska ytterligheter av klimatpåverkan i Finlands växthusproduktion, kan företagets verkliga koldioxidavtryck variera även utanför dessa ytterligheter. Kolavtrycket kan vara mindre än scenariot för liten klimatpåverkan, om bolagets energiförbrukning är mindre än de som använts i scenariot. Motsvarande kan klimatpåverkan bli större än den modellerade, särskilt i fall där energiförbrukningen är större än i modelleringen eller i fall elkraften har inköpts hos elbolag vars elproduktion förorsakar större klimatpåverkan än i genomsnitt när det gäller i Finland såld el.

3.1.1 Tomat

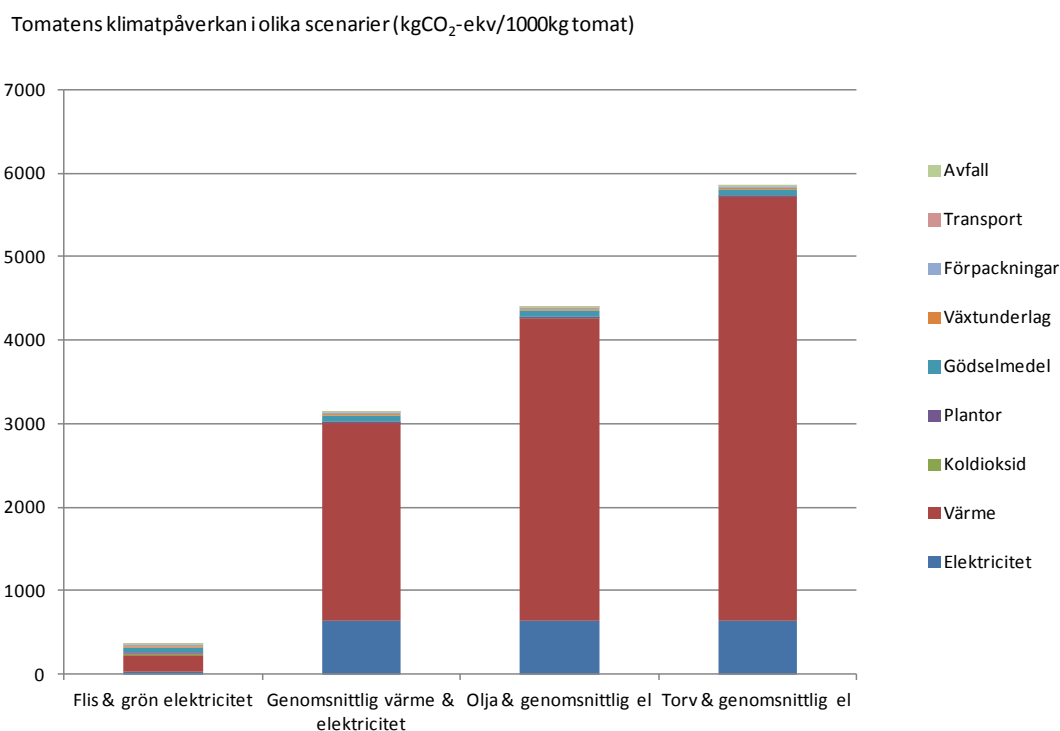
I undersökningen modellerad klimatpåverkan av växthustomat har samlats i figur 3.1.



Figur 3.1. Klimatpåverkan av produktionskedjan av växthustomat.

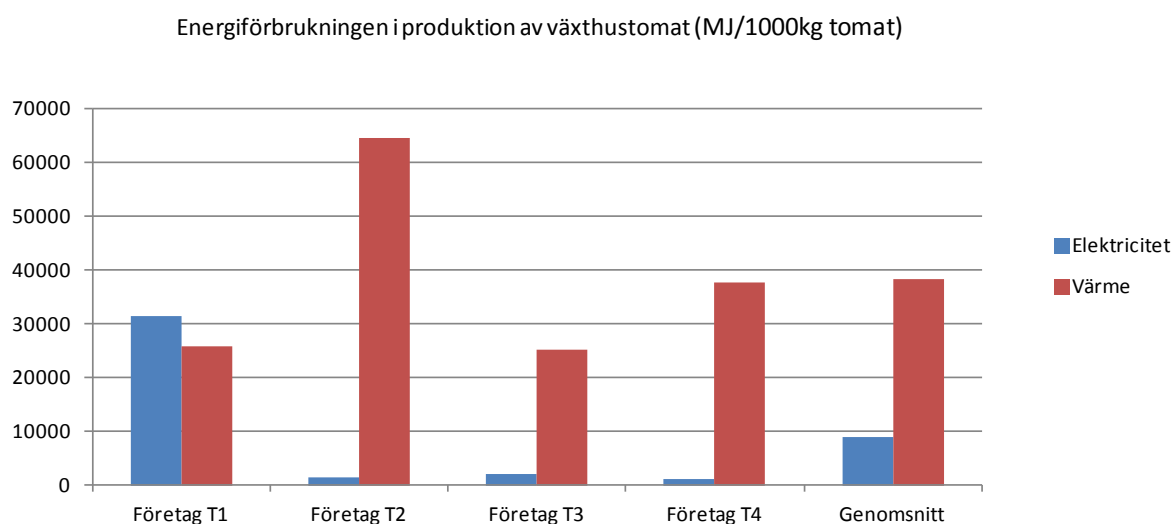
Den beräknade klimatpåverkan av produktionskedjan av växthustomat varierar i de granskade företagen mellan 1360–3680 kg CO₂-ekvivalenter/1000 kg tomat. I företagen i undersökningen var den största förorsakaren av växthusgaser värmeproduktionen, som i samarbetsföretagen stod för en andel av 75–96 %. Dessutom var de största utsläppskällorna gödselmedel och i företagen T1 och T2 även elproduktion. Även i extrascenarierna stod uppvärmning för största andelen av klimatpåverkan av produktionsfaktorerna. I modellscenarier med genomsnittlig elkraft står elektriciteten klart som näst största orsaken till klimatpåverkan. Övriga produktionsfaktorerers betydelse förblir i alla granskningar liten eller obetydlig på grund av värmeproduktionens stora andel.

I figur 3.2 granskas klimatpåverkan av scenarierna som anges i tabell 3.1



Kuva 3.2. Klimatpåverkan i scenarier av växthustomatproduktion.

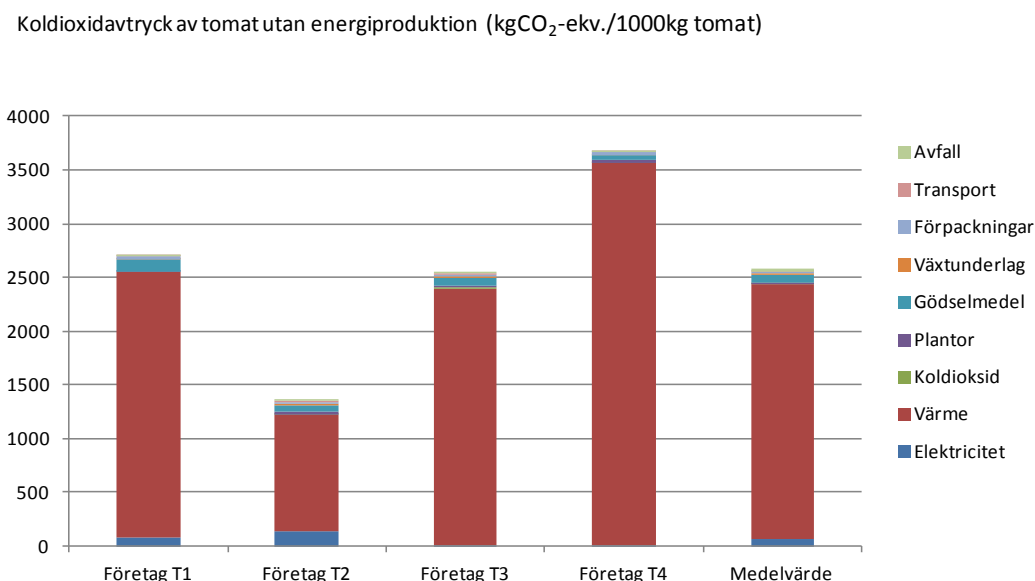
Variationen i scenarierna är mellan 370–5860 kg CO₂-ekv/1000 kg. I figur 3.3 finns närmare upplysningar om energiförbrukningen i tomatföretagen.



Figur 3.3. Energiförbrukning i växthustomatföretag.

I samtliga företag med undantag av T1 var värmeförbrukningen betydligt större än elförbrukningen. Värmeförbrukningen var störst i företagen T2 och T4. I företagen T1 och T3 var användningen av värme lite mindre. Elförbrukningen för sin del var mycket liten i företagen T2, T3 och T4. I företaget T1 användes elektricitet i mångfaldiga mängder jämfört med de andra företagen. Totalenergiförbrukningen i företagen varierar från 27 000 till 66 000 kg MJ/1000 tomat.

Klimatpåverkan av andra produktionsfaktorer än energi illustreras i figur 3.4.



Figur 3.4. Klimatpåverkan av produktionskedjan av växthustomat utan energiproduktionens inverkan.

Klimatpåverkan förorsakad av andra faktorer än energiproduktionen varierar i tomatföretagen mellan 110–160 kgCO₂-ekv/1000 kg tomat, det vill säga en andel på 5–26 procent av total klimatpåverkan. De viktigaste andra faktorerna är gödselmedel, förpackningar, plantor samt avfall. Koldioxidgödslingens, materialtransportens och växtunderlagets betydelse är mycket liten.

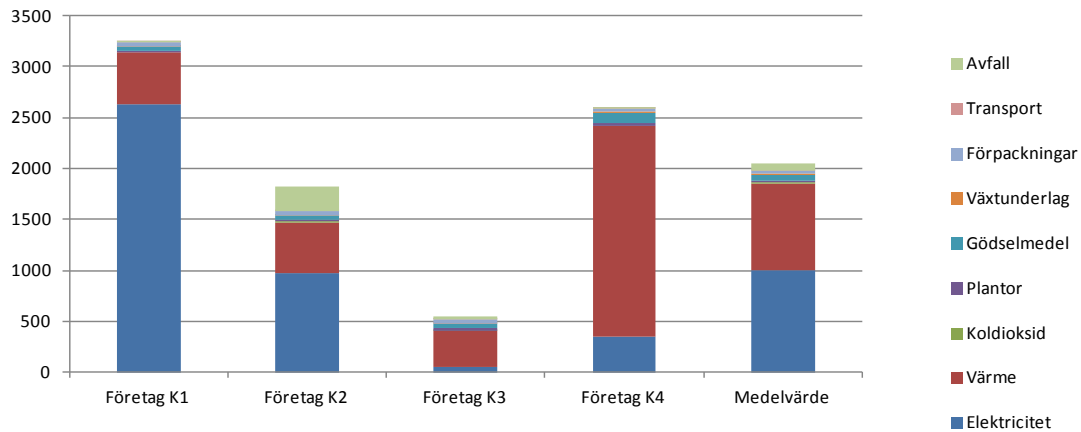
I tomatproduktionen är koldioxid den klart största orsaken till klimatpåverkan med en andel av 95–99 procent av total klimatpåverkan. Dikväveoxid förorsakar 1–4 procent av klimatpåverkan medan metanens andel är under en procent i alla företagen i undersökningen.

Vid genomgång av månatliga energiförbrukningar observerades, att sommarmånadernas (juni, juli, augusti) värme- och elenergiförbrukning kan minska t.o.m. med 70 % jämfört med årlig genomsnittlig energiförbrukning, när däremot vintermånadernas (december, januari, februari) energiförbrukning kan vara 1,5 gånger större än genomsnittlig årlig energiförbrukning.

3.1.2 Gurka

I Figur 3.5. har den i undersökningen beräknade klimatpåverkan av växthusgurka illustrerats.

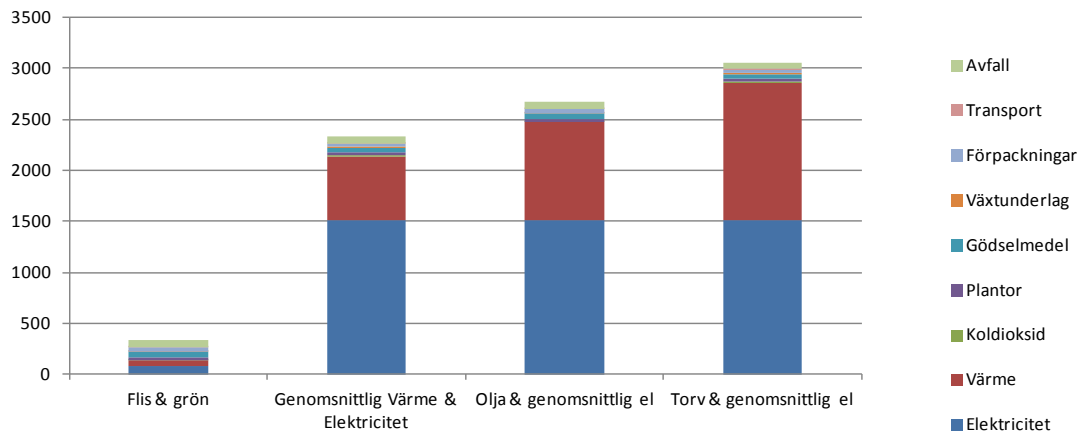
Klimatpåverkan av gurkföretag (kgCO₂-ekv./1000kg gurka)



Figur 3.5. Klimatpåverkan av växthusgurkföretag.

Klimatpåverkan beräknad för växthusgurkans produktionskedja per företag varierar mellan 540–3260 kgCO₂-ekvivalent/1000 kg gurka. Det kommer mest utsläpp av växthusgaser i energiproduktionen med en andel på 75 till 96 procent medan elektricitetens och värmens andel varierar beroende på företag. En liten del av utsläppen orsakas också av gödselmedel och särskilt när det gäller företaget K2 även av avfallet. Andelen övriga produktionsfaktorer förblir mycket liten. I figur 3.6 har klimatpåverkan beräknats i scenarier som presenterades i tabell 3.1.

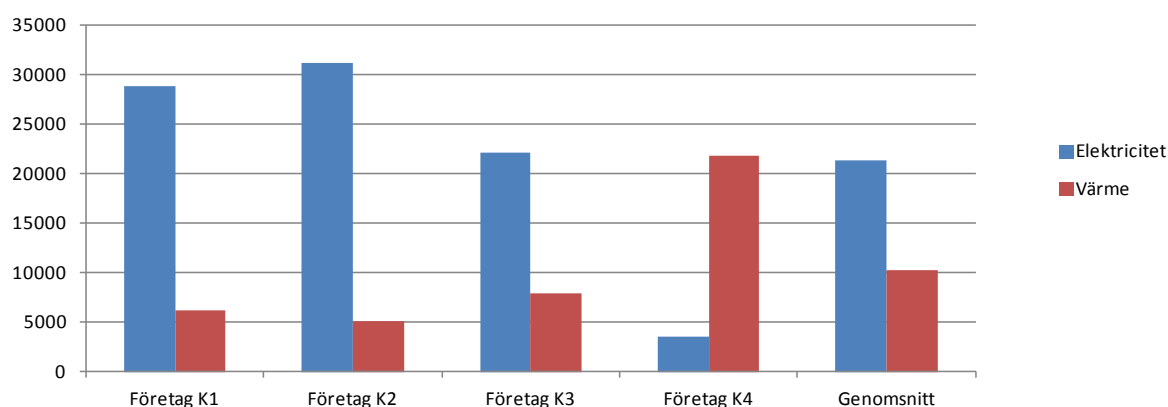
Gurkans klimatpåverkan i olika scenarier (kgCO₂-ekv./1000kg gurka)



Figur 3.6. Klimatpåverkan i scenarier av växthusgurkproduktion.

Klimatpåverkan varierade i olika scenarier mellan 335–3060 kgCO₂-ekv/1000kg gurka. Scenariot med torv och genomsnittlig el förorsakar lite mindre klimatpåverkan än företaget K1 på grund av att företaget i fråga hade en större energiförbrukning än i genomsnitt och företaget använde el som hade en lite större emissionsfaktor än den i Finland använda elektriciteten har i genomsnitt. El- och värmeenergiförbrukningen i gurkföretagen samt på grund av dem beräknade genomsnittsförbrukningar, som scenariernas modellering grundar sig på har samlats i figur 3.7.

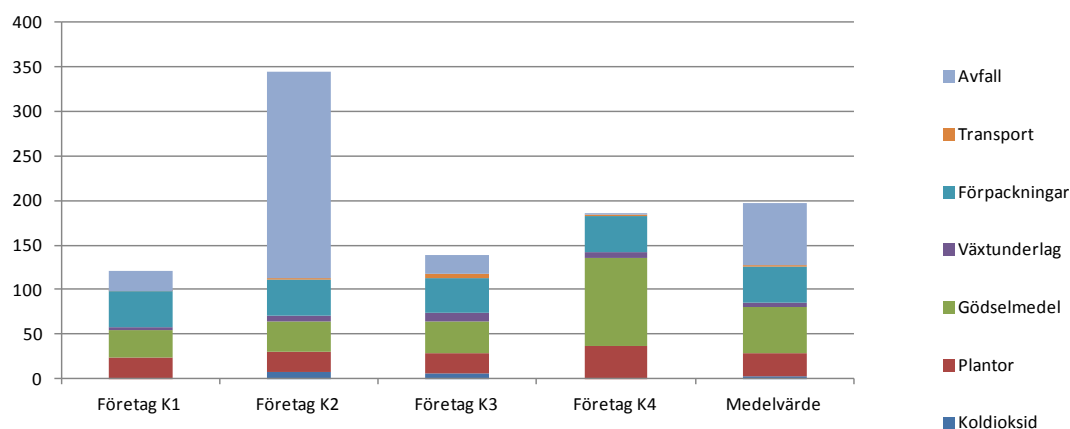
Energiförbrukning i växthusgurkproduktionen (MJ/1000kg gurka)



Figur 3.7. Energiförbrukning i växthusgurkföretag.

I gurkföretagen är elförbrukningen klart större än värmeförbrukningen med undantag av företag K4. Motsvarande är värmeförbrukningen dock klart störst i företag K4. Totalenergiförbrukningen varierar mellan 25000–36000 MJ/1000 kg gurka. Klimatpåverkan av andra faktorer än energi har illustrerats i figur 3.8.

Koldioxidavtryck av växthusgurkproduktion utan energiförbrukning (kgCO₂-ekv./1000kg gurka)



Figur 3.8. Klimatpåverkan av produktion av växthusgurka utan energiförbrukning.

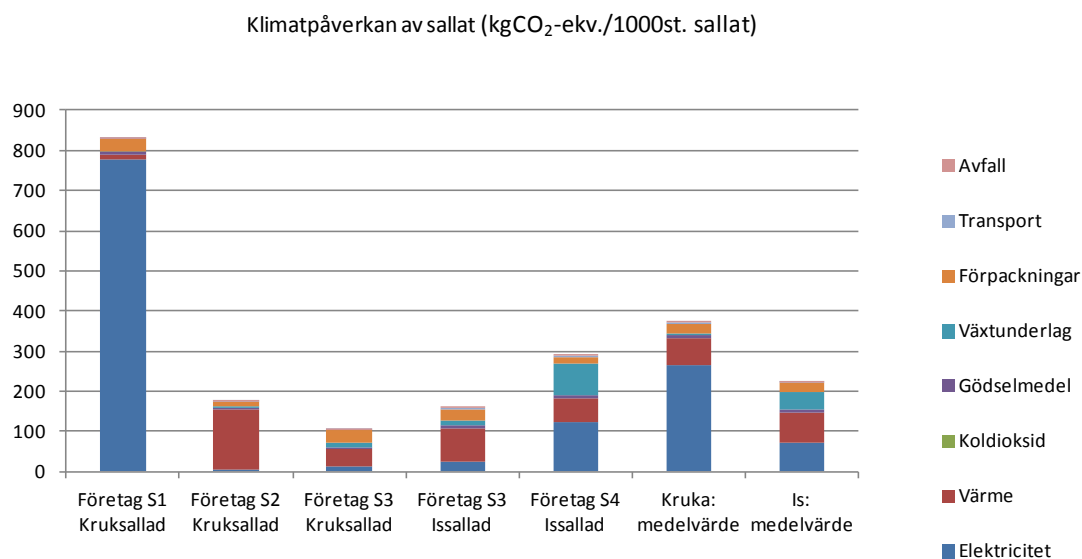
Klimatpåverkan beroende på annat än energiproduktion är i gurkföretagen mellan 120–350 kgCO₂-ekv/1000 kg gurka. Dessa produktionsfaser har en andel på 5–26 % av den totala klimatpåverkan. Jämfört med energin förblir alltså andelen liten. Av dessa komponenter är de mest betydelsefulla avfall, gödselmedel, plantor och förpackningar, medan transport av material, tillverkning av växtunderlag och tillsatt koldioxid är av minsta betydelse.

Av utsläppskomponenterna är koldioxid av största betydelse med en andel på 92–96 procent av företagets klimatpåverkan. Dikväveoxidens andel är 2–6 procent. Metanens andel är i två av företagen under en procent, men i ett företag till och med 6 procent.

Även i gurkproduktionen observerades att den månatliga förbrukningen av värme- och elenergi under sommarmånaderna (juni, juli, augusti) kan minska med upp till 70 % jämfört med den genomsnittliga årliga energiförbrukningen, medan energiförbrukningen under vintermånaderna (december, januari, februari) kan bli 1,5 gånger den genomsnittliga årliga energiförbrukningen.

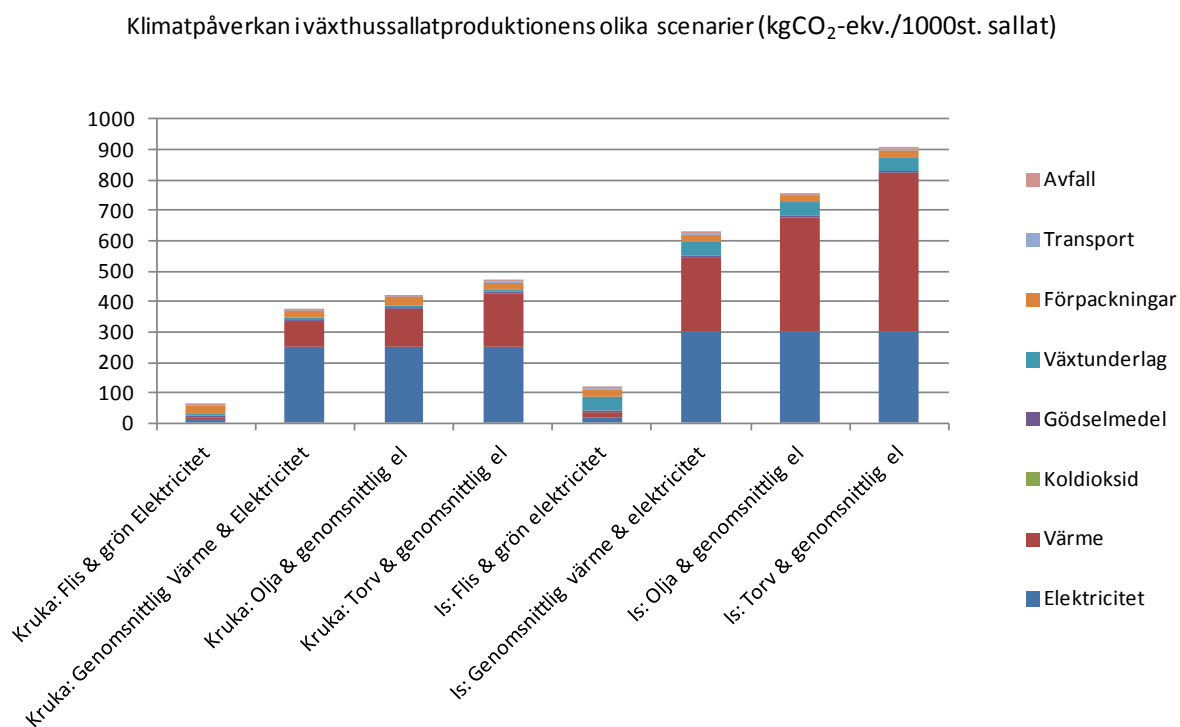
3.1.3 Sallat

Till sallat modellerad klimatpåverkan illustreras i figur 3.9.



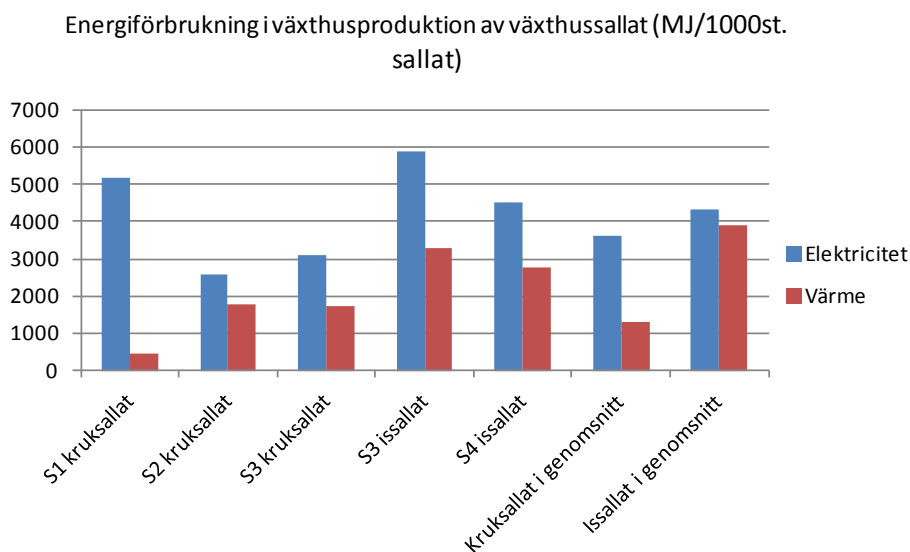
Figur 3.9. Klimatpåverkan av sallatproduktion.

I figur 3.9 observeras, att företagens klimatpåverkan varierar mellan 107–828 kgCO₂-ekv/1000 st. kruksallat och mellan 160–290 kgCO₂-ekv/1000 st. issallat. Energiproduktion har den största klimatpåverkan även när det gäller sallat och hade en andel på 52–95 %, även om förpackningarna i företag S3 var mycket betydliga. Utöver resultat per sallatsföretag, gjordes även för sallat en scenarioanalys enligt tabell 3.1. Klimatpåverkan av scenarierna har illustrerats i figur 3.10.



Figur 3.10. Koldioxidavtryck i scenarier av växthussallatproduktion.

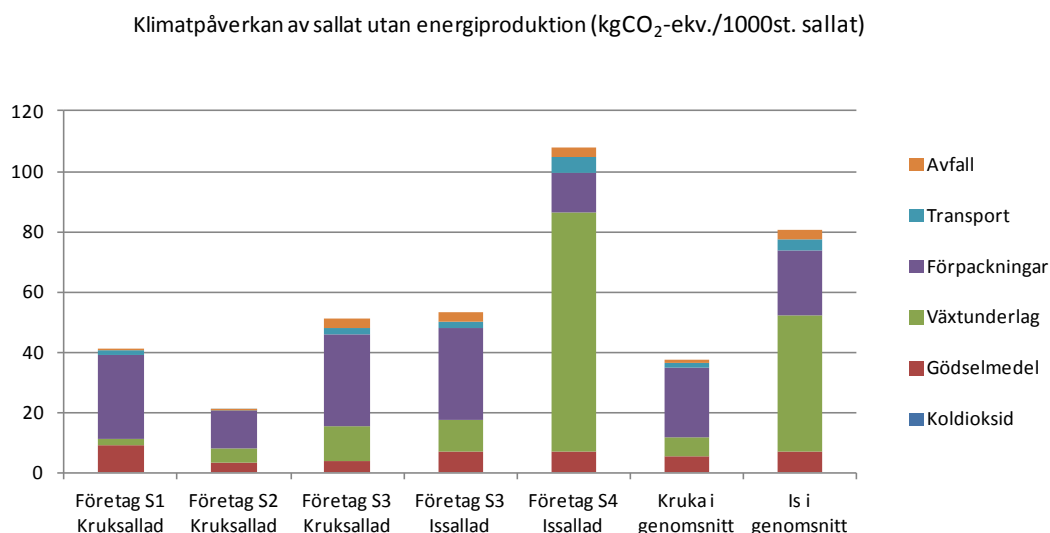
Variationen mellan scenarierna är 58–470 kgCO₂-ekv/1000 st. kruksallat, och 117–905 kgCO₂-ekv/1000 st. issallat. Energiförbrukning i företagen illustreras i figur 3.11.



Figur 3.11. Energiförbrukning i sallatproduktion.

Elförbrukningen är klart större i företag S1 än hos andra kruksallatföretag. Motsvarande är värmeförbrukningen dock lite mindre. När det gäller issallat är både el- och värmeförbrukningen större i företaget S3 än i företag S4. Totalenergiförbrukningen varierar bland kruksallatföretagen mellan 3850–5620 MJ/1000 st. sallat och bland issallatföretagen mellan 7300–9200 MJ/1000 st. sallat.

Exklusive energi visar sig förpackningarna ta en plats som mest betydelsefull produktionsfaktor. Andra produktionsfaktorer beaktas i figur 3.12. Övriga produktionsfaktorer illustreras i figur 3.12.



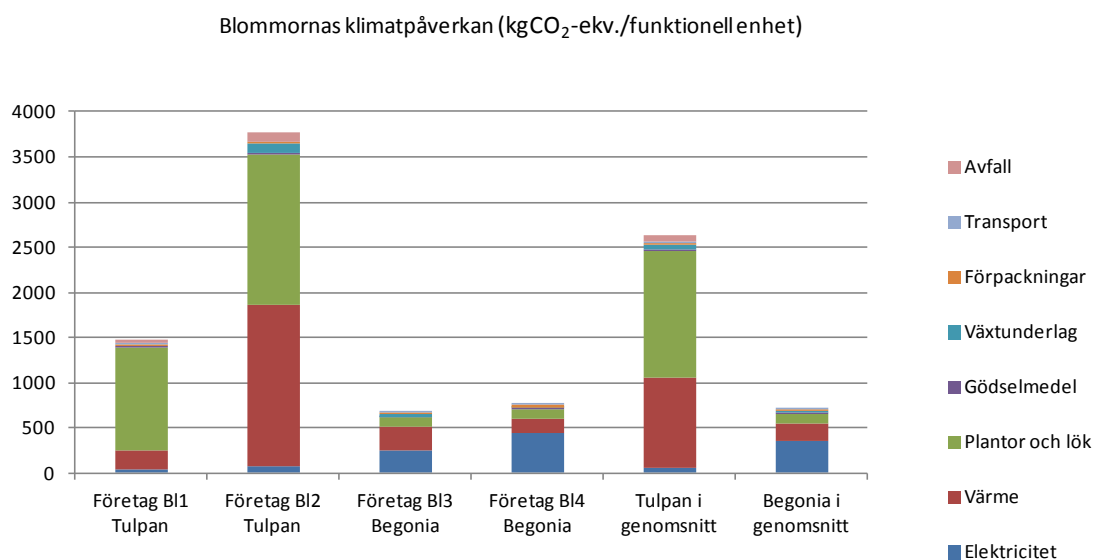
Figur 3.12. Klimatpåverkan av sallat utan energiproduktion.

Andelen av klimatpåverkan av andra produktionsfaktorer än energiförbrukning är som lägst 5 procent, men som högst upp till 48 procent. Av övriga produktionsfaktorer är förpackningarna klart de betydelsefullaste och förorsakar i alla företag över hälften av klimatpåverkan av övriga faktorer.

3.1.4 Tulpan och blommande krukväxter

I avsnitt 3.1.4 undersöks klimatpåverkan gällande blomföretag och därav beräknade scenarier. Det är anmärkningsvärt vid granskning av resultaten med blommor att de funktionella enheterna har valts ut enligt vanligaste säljenheter och är därför för tulpan 1000 stycken buntar med 10 tulpaner och för begonia 1000 st.

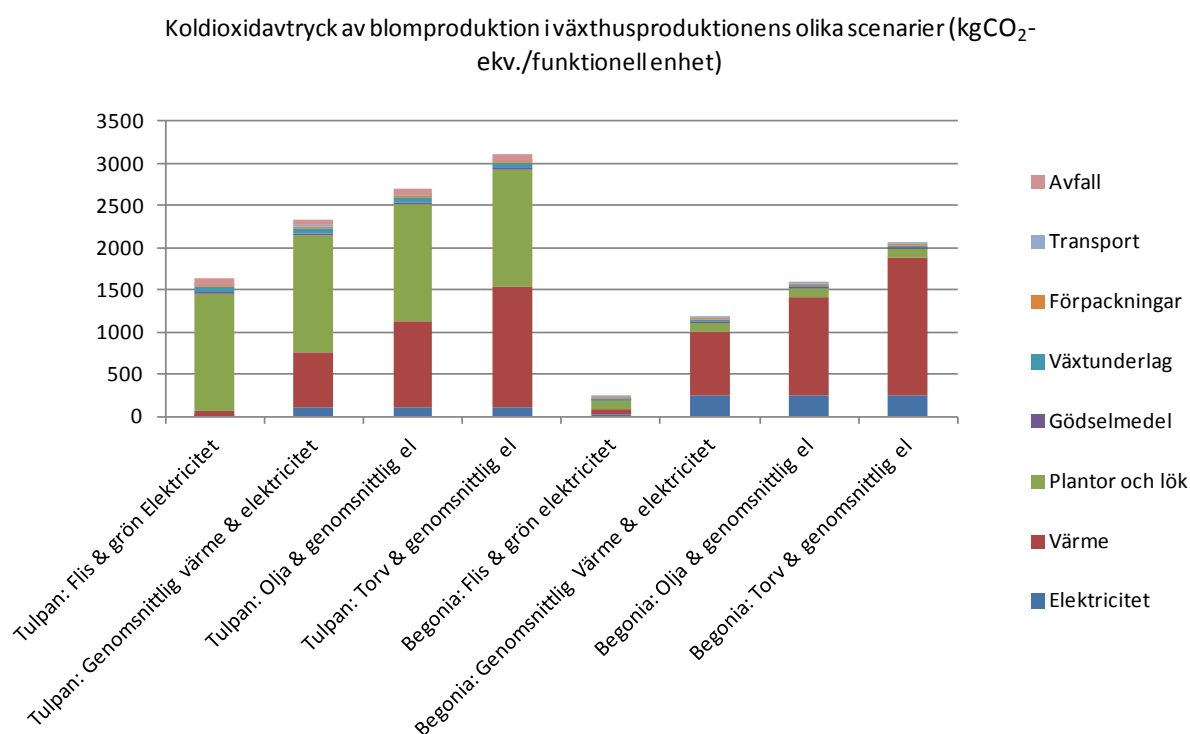
I figur 3.13 illustreras klimatpåverkan beräknad för blomföretag.



Figur 3.13. Klimatpåverkan av växthusodlade blomprodukter.

Figur 3.13 illustrerar att klimatpåverkan av tulpan i företagen är mellan 1470–3780 kgCO₂-ekv/1000 buntar med 10 tulpaner. Motsvarande varierar rosenbegonias klimatpåverkan mellan 665–775 kgCO₂-ekv/1000 st. I synnerhet visar sig produktionen av tulpanlök vara en viktig faktor vid sidan av energiproduktion.

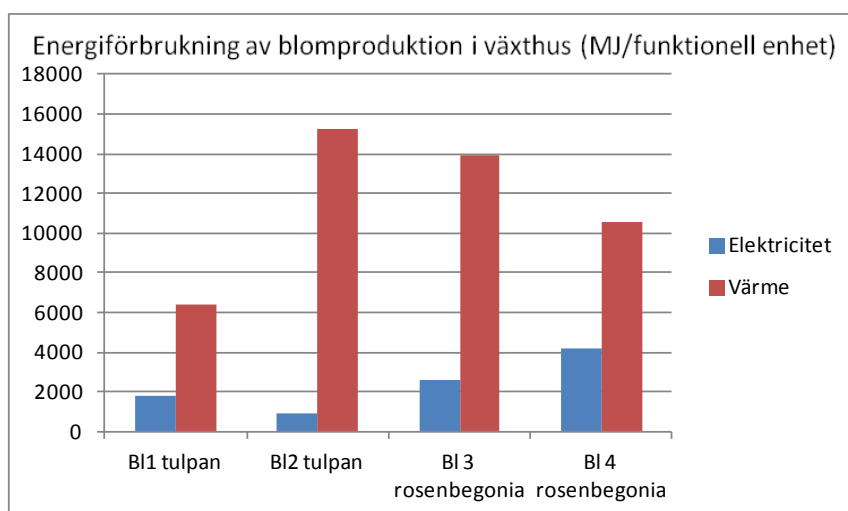
Även för blomproduktionen gjordes en scenariouppskattning i enlighet med scenarioantagandena i tabell 3.1. Resultaten av scenarioberäkningarna illustreras i Figur 3.14.



Kuva 3.14. Granskning av klimatpåverkan av blomprodukter i beräknade scenarier.

I olika scenarier varierar klimatpåverkan av tulpan mellan 1630–3100 kgCO₂-ekv/1000 buntar av 10 tulpaner och av rosenbegonia mellan 240–2051 kgCO₂-ekv/1000 st.

Vid granskningen är det väsentligt även när det gäller blommor att beakta företagens energiförbrukning. Energiåtgången i företagen har illustrerats i figur 3.15.



Figur 3.15. Energiåtgång vid produktion av blomprodukter.

Sammanlagt var energiåtgången i tulpanföretagen 8160–16200 MJ/1000 buntar med tio tulpaner och i begoniaföretagen 14690–16662 MJ/1000 st.

3.2 Diskussion om resultaten och utvärderingen

Resultaten utvärderas både genom att granska ingående data och genom att värdera betydelsen av resultaten. Av ingående data granskas insamlade data från företagen och använda data om utsläpp med avsikt att framhäva sådana punkter, som kan inverka på kvalitén av resultaten. Resultaten analyseras genom att lokalisera orsak till skillnader mellan undersökningar med utgångspunkt att hitta de faktorer, som kan påverka klimatpåverkan av produktionskedjan av växthusprodukter. Först ges en översikt av produktionsfaktorerna allmänt varefter man fortsätter med tolkning av produktspecifika resultat. Resultaten av grönsaker utvärderas även genom att jämföra dem med tidigare liknande undersökningar. För blommornas del kan en liknande jämförelse inte göras, eftersom undersökningar om klimatpåverkan av blommor inte finns tillgängliga i tillräcklig omfattning.

3.2.1 Värdering av utgångsdata

Största delen av miljöpåverkan av de forskade produkterna orsakas av produktionen av i växthus använd energi. Således är de största osäkerhetsfaktorerna i resultaten tillförlitligheten av använda siffror för energiförbrukning. Osäkerhetsfaktorerna är små i utgångsdata i sådana fall, där det endast produceras den berörda produkten i växthuset. Detta beror på det, att i dessa fall erhålls data om energiförbrukningen direkt från bränsleförbrukningen för värmens del och från elleverantör för elektricitetens del. Sådana företag i undersökningen är alla tomat- och gurkföretagen samt sallatföretaget S1. Sallatföretaget S2 producerar även lite örter, men när det gäller små mängder är inverkan på resultaten inte signifikant.

I de övriga företagen är osäkerhetsfaktorerna lite större på grund av att man måste uppskatta fördelningen av energiförbrukningen mellan flera produkter. I företaget S3 produceras både kruk- och issallat, så fördelningen av energiförbrukningen måste uppskattas mellan dessa produkter. I detta fall är dock produktionsomständigheterna lika, och produktionstiden och -arealerna är kända. Således kunde fördelningen göras utan stora osäkerhetsfaktorer.

I sallatföretaget S4 och i alla blomföretagen producerades det flera produkter och energiförbrukningen uppskattades med hjälp av data som forskargruppen fick av företaget. Undantag är företag B11, som själv utvärderade produkternas energiförbrukning utgående från totalenergiförbrukningen. Forskargruppen konstaterade dock att dessa beräkningar var tillräckligt tillförlitliga. Den uppnådda noggrannheten i forskargruppens uppskattningar är svår att bevisa när det gäller enskilda företag, men genom att variera de parametrar som används vid bedömningen (enkel känslighetsanalys) kan man dra slutsatsen att den månatliga variationen kan vara i storleksordningen $\pm 15\%$. Felet kan stundvis vara ganska stort, men målet att bedöma klimatpåverkan på grund av uppvärmningen genom en acceptabel arbetsmängd tillåter inte en bättre utvärdering. Resultaten skall alltså inte användas som exakta värden, men som uppskattning av storleksordning av energi som används vid uppvärmning i produktionen.

Även vid utgångsdata som gäller kompostering finns det osäkerhetsfaktorer. Osäkerhetsfaktorerna gäller både till vilken produkt utsläppen utdelas och å andra sidan även till utsläppsmodelleringen, men på slutresultaten hade komposteringsutsläppen ingen stor inverkan. Till exempel Boldrin etc. (2010) och i denna undersökning använda Myllymaa etc. (2008) rapporterar en rätt så stor variation för komposteringsutsläppen. Inverkan av övriga osäkerhetsfaktorer, såsom osäkerhetsfaktorer inom produktion av gödselmedel, transport och produktion av förpackningar var liten på grund av att de huvudsakliga miljöpåverkningarna beror på energiproduktionen.

I blomproduktionen noterades tulpanlökarna ha en betydande andel av klimatpåverkan. I detta sammanhang bör dock noteras att studier berörande blomlökar har varit få. Den i undersökningen använda källan är pålitlig (van der Putten och Wildschut 2012), men i avsaknad av jämförbara studier blev det osäkerhet i bedömningen av klimatpåverkan av lökproduktionen.

3.2.2 Produktionsfaktorernas inverkan

Som tidigare nämnts är energiförbrukningen och energins produktionssätt produktionsfaktorer med största inverkan. I sammanhanget kan som den mest inflytelserika faktorn nämnas energikällan. Den minsta klimatpåverkan förorsakar användning av förnybar energi eller kärnenergi, när det gäller el. De största klimatpåverkningarna har fossila bränslen. Av de förnybara energiformerna har vatten- och vindkraften de minsta klimatpåverkningarna, även om biobränslena bara har lite större klimatpåverkan. De fossila bränslena är tydligen i en annan storleksklass, men det finns skillnader även mellan fossila

bränslen: av de fossila bränslena har naturgas, flytgas och olja lite mindre klimatpåverkan än kol eller torv.

Faktorer som påverkar energiförbrukningen är svåra att upptäcka i denna studie. I de företag, som studerades var det flera variabla produktionsfaktorer som påverkar energiförbrukningen, och i sådana fall är det svårt att påpeka en enda produktionsfaktors inverkan på energiförbrukningen. Man känner till att belysningen ökar elförbrukningen och minskar värmeförbrukningen, men någon entydig effekt på den totala energiförbrukningen observerades inte i denna undersökning.

Andra produktionsfaktorer har mindre betydelse för totalklimatpåverkan, men en del observationer kan nämnas om tillsatt koldioxid, gödselmedel, växtsubstrat, avfall och transporter.

En för produkten optimal koldioxidhalt i växthuset förkortar tillväxttiden och förbättrar därmed odlingsresultatet. Koldioxidgödslingen är dock inte lönsam ifall man producerar koldioxid bara för att få koldioxid att tillsätta. Den tillsatta koldioxiden är lönsammast att skaffa antingen som biprodukt av egen energiproduktion genom att leda koldioxiden från värmeproduktionen till växthus eller genom att köpa koldioxid från företag, där den har samlats som biprodukt av en annan produkt. Koldioxiden som genereras vid egen energiproduktion beaktas under alla omständigheter vid beräkningen av klimatpåverkan, men för att den i varje fall skulle uppstå vid energiproduktionen, är det mer lönsamt att utnyttja den än att producera separat. Motsvarande riktas största delen av inköpt koldioxids växthusgasutsläpp till det säljande företagets huvudprodukter eftersom koldioxiden genereras som en biprodukt. I sådana fall är emissionsfaktorn liten även för köpt koldioxid.

Vid gödslingens klimatpåverkan utgör gödslingmedlets kväveinnehåll den största inverkan. Detta betyder dock inte, att minskning av kvävegödslingen nödvändigtvis skulle löna sig, eftersom kvävet som växten mottagit påverkar tillväxten och därmed skörden. Angående gödselmedel är det lönsammast för företagaren att iakttäta gödselblandningens effekt också på avkastningen. Om det med mindre mängder av kvävegödsel kan nå samma skördenivå som med högre kvävemängd, rekommenderas det att minimera kvävemängden vid gödsling. Detsamma gäller givetvis även andra komponenter vid gödslingen än kväve.

Som växtunderlag användes i företagen i undersökningen enbart torv och stenull. Väsentliga skillnader mellan klimatpåverkan dessa förorsakade fanns inte, men små skillnader fanns det. När det gäller tomat och sallat var klimatpåverkan av växtunderlag mindre vid användning av stenull. Motsvarande när det gäller gurka fick man lite mindre klimatpåverkan med torv.

Vid transport är avståndet den viktigaste faktorn. För att minska utsläppen vid transport av de olika produktionsmaterialen är det vid kartläggning av tillverkare värt att beakta produktionsanläggningens lokalisering. En annan bidragande faktor är transporteffektivitet, d.v.s. med hur full last transporter körs. Transporten av det till växthusen inkommande materialet sköts ofta av företaget som levererar produkten, vilket gör det svårt att påverka transporteffektiviteten. Av denna anledning användes vid modelleringen även i denna studie många antagningsvärden för transportens fordon och effektivitet, och därför observerades egentligen inga skillnader annat än på grund av transportsträckor.

Vid avfallshanteringen kom klimatpåverkan främst från utsläpp av metan och dikväveoxid vid kompostering. Exakt modellering av gaser vid kompostering är en utmaning, och man använde IPCC:s standardemissionsfaktorer, som kan vara för höga på grund av att särskilt metanutsläppen kan vara mindre för att anaeroba förhållanden antagligen bildas mindre än vid kompostering av bioavfall i genomsnitt. När det gäller plastavfall, varierar klimatpåverkan eftersom koldioxiden som frigörs vid bränning av plast räknas som ett fossilt utsläpp av växthusgaser. I denna undersökning beräknades inga kompensationer för antagandet att komposteringsmyllan ersätter torv eller att energin som frigörs vid bränning av plast ersätter någon annan värmeenergikälla. Allt som allt var andelen avfallshandling i allmänhet på de kartlagda företagen upp till 4 % av de totala utsläppen av växthusgaser.

Tomat

I företagen som analyseras i undersökningen var värmeproduktionen den överlägset största faktorn som förorsakade utsläpp av växthusgaser. Dessa utsläpp påverkas både av använda bränslen i värmeproduktionen och av energiförbrukningen. Värmeförbrukningen var störst i företagen T2 och T4, i vilka det inte används växtbelysning. Detta på grund av att belysningen genererar utöver ljus även värme, och värmebehovet är mindre i företag som använder belysning. Företaget T1 som använder mest

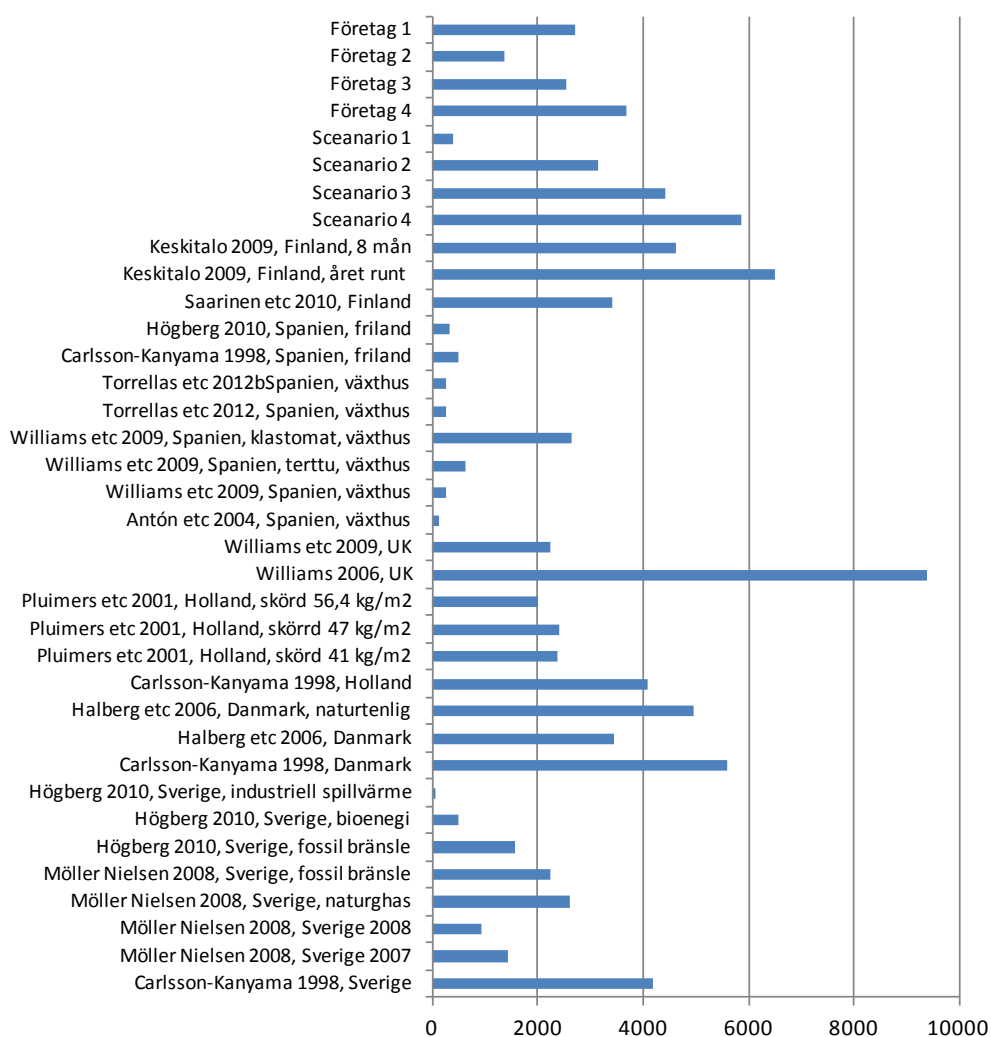
belysning har mindre värmeförbrukning än T2 och T4, men något högre än företaget T3. Detta trots att företaget T1 använder betydligt mer belysning än företaget T3. Detta kan bero på det faktum att företaget T3 håller en månads driftuppehåll under vintern då värmebehovet är störst. Skillnaderna i värmeförbrukning mellan företag som använder belysning och som inte gör det kunde vara ännu större, men av dessa företag håller företagen T2 och T4 en 2,5–5 månaders vinterpaus i odlingen. Således minskar genomsnittsvärmeförbrukningen, eftersom värmeförbrukningen är som störst under de kallaste vintermånaderna.

Utsläppen från uppvärmning är dock de minsta i företaget T2 på grund av att företaget producerar cirka hälften av sitt värme med flis. Resten av värmen produceras med olja. I de övriga företagen används som huvudbränsle enbart fossila bränslen. Utsläpp från värmeproduktionen i företag T1 ökar jämfört med de andra på grund av att det huvudsakligen använda bränslet torv har en högre emissionsfaktor än olja som används som bränsle i företag T3 och T4.

Elförbrukningen är klart störst i företaget T1. Orsaken till detta är att företaget använder riklig belysning. Elförbrukning i de övriga företagen är mycket anspråkslöst. Företag T3 använder också belysning, men bara i små mängder. Dessa små användningsmängder reflekterar sig också direkt som små elektricitetsandelar i total klimatpåverkan. Den lilla andelen påverkas också av att företag F1 använder en kolneutral elprodukt och företagen T3 och T4 använder grön elektricitet. Av denna anledning blir elektricitetsandel i koldioxidutsläpp inte signifikant även med företagets T1 klart högsta elförbrukning. Koldioxidavtrycket från elektriciteten är i jämförelsen störst i företag T2 på grund av att företaget inte använder miljövänlig elektricitet.

I denna studie erhållen klimatpåverkan av tomatens produktionskedja kan även bedömas genom att undersöka om de resultat som erhållits är i linje med tidigare liknande studier. I figur 3.16 jämförs resultat i denna studie med tidigare studier av tomatens klimatpåverkan.

Tomatens kolavtrycksjämförelse (kgCO₂-ekv./1000 kg tomat)



Figur 3.16. Klimatpåverkan av tomatens produktionskedja i olika studier.

I jämförelsen på figur 3.16 finns närmast studier om växthustomat, men det finns några studier om frilandstomat med. Vid jämförelsen märks att i tidigare undersökningar har tomatproduktionskedjan förorsakat en klimatpåverkan varierande från 50 till 9400 kgCO₂-ekv/1000 kg tomat, när variationen i denna undersökning var mellan 370–5860 kgCO₂-ekv/1000 kg. Vid jämförelsen skall dock beaktas, att i alla undersökningar har det antagits att tomaten konsumeras i produktionslandet. I studierna har alltså inte transport till utlandet beaktats och även vid distributionen inne i landet finns det skillnader mellan studierna. Alltså om man vill jämföra tomater som används i Finland, borde man till de utländska forskningsresultaten lägga till koldioxidavtrycket av transporten till Finland, som t.ex. från Spanien är i storleksklassen 140–170 kgCO₂-ekv/1000 kg tomat, och se till att beräkningen har genomförts med samma metoder.

I varje fall är variationen stor mellan forskningsresultaten. Detta beror främst på det att studierna i jämförelsen innehåller en mängd mycket olika odlingsförhållanden och i energiproduktionen till växthus har använts olika produktionsformer. Dessutom kan skillnaderna i beräkningsmetoderna orsaka stora skillnader i resultatet, så utan bakgrundsinformation och översyn av använda beräkningsmetoder är resultaten nödvändigtvis inte jämförbara. Allt som allt kan man säga att med hänsyn till produktionsdata av de deltagande företagen i denna studie, ligger resultaten väl i linje med tidigare studier.

Gurka

I gurkföretagen blev energiproduktionen den klart störst förorsakaren av utsläpp av växthusgaser medan värme- och elenergin andelar varierar från företag till företag. Energins andel av klimatpåverkan är i

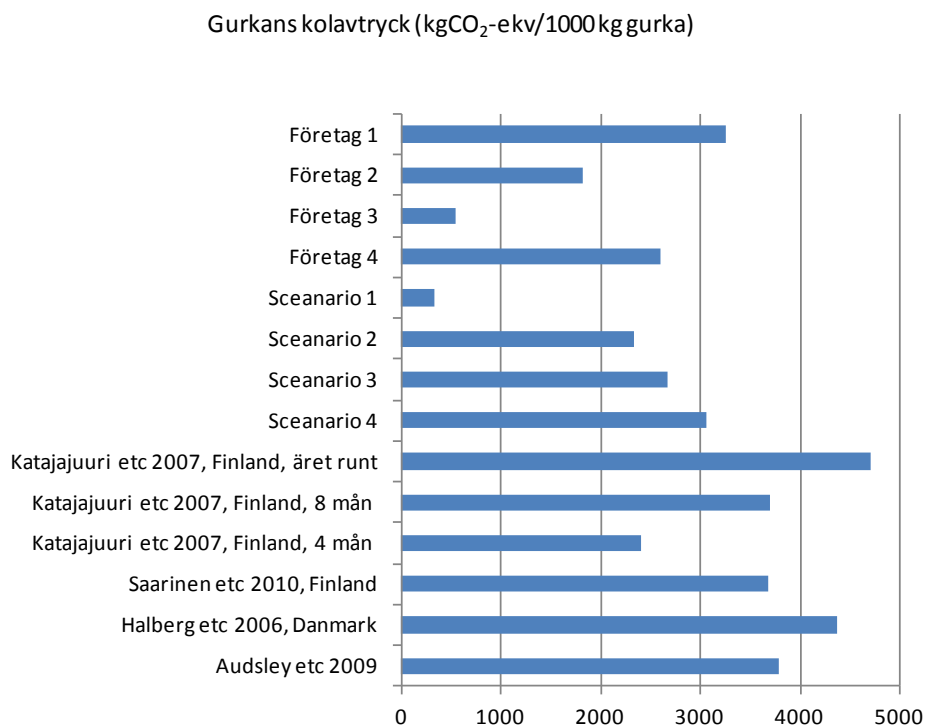
gurkföretag från 74 till 95 procent. Utsläppen varierade dock mycket från företag till företag. Det finns flera orsaker till detta, eftersom det finns skillnader i företag både i energiförbrukning och i produktionsformer av energi.

I energiförbrukningen har företaget K4 den mest uppenbara avvikelser. I andra företag är elförbrukningen större än värmeförbrukningen, men i företag K4 går det åt mera värme än elektricitet. Denna skillnad kan förklaras främst med det faktum att företaget K4 inte har växtbelysning. Elförbrukningen är mindre när elektricitet inte används till växtbelysning, men å andra sidan utan värme från belysningen blir det behov av att producera mer värme. Detta var också i linje med energiförbrukningar i företagen K1, K2 och K3. Företag K2 som använder mest belysningseffekt hade den största elförbrukningen, men den lägsta värmeförbrukningen. Företag K1 som har näst störst belysningseffekt hade näst störst elförbrukning och näst minst värmeförbrukning. Således, av företag som använder växtbelysning, hade den som använde minst belysningseffekt lägst strömförbrukning men störst värmeförbrukning.

Klimatpåverkan av värmeproduktionen är i linje med värmeförbrukningen då alla företagen använde fossila bränslen. Små skillnader fanns det givetvis och de kan förklaras med olika bränslens olika emissionsfaktorer.

Vid granskning av elektrisk energi kan sägas att klimatpåverkan från elförbrukning var klart minst i företag K3 även om företagets elförbrukning var nästan på samma nivå som i företagen K1 och K2 och mycket högre än i företagets K4 elförbrukning per kg gurka. Detta beror på att företaget K3 använder en miljöelprodukt medan de andra företagen använder normala elprodukter.

I figur 3.17 har samlats en jämförelse av studier om gurkans klimatpåverkan.



Figur 3.17. Studier om klimatpåverkan av växthusgurkans produktionskedja.

I jämförelsen kan ses att klimatpåverkan av gurkans produktionskedja i tidigare studier har varierat mellan 2400–4700 kgCO₂-ekv/1000 kg gurka. I denna undersökning är variationen från 335 till 3260 kgCO₂-ekv/kg. I de tidigare studierna är variationen mycket mindre än vid tomatstudier, men å andra sidan finns det mindre antal studier om klimatpåverkan av gurkans produktionskedja än motsvarande tomatstudier. Även i gurkstudierna har man antagit att produkten använts i produktionslandet, dvs. någon transport till andra länder har inte tagits i betraktande.

I denna undersökning är modellerad klimatpåverkan mindre eller placerar sig på lägre nivå i variationsområdet jämfört med de tidigare studierna. Som i tomatens fall beror skillnaderna närmast på skillnader i de forskade systemen speciellt i energiproduktionens bränslen. Dessutom har elektriciteten i de tidigare studierna modellerats enligt riksgenomsnittligt elektricitetsinköp, medan elektriciteten i denna studie har modellerats enligt den inköpta elektricitetens inköpsfördelning. Då man beaktar dessa fakta är resultaten i denna studie i linje med tidigare studier.

Sallat

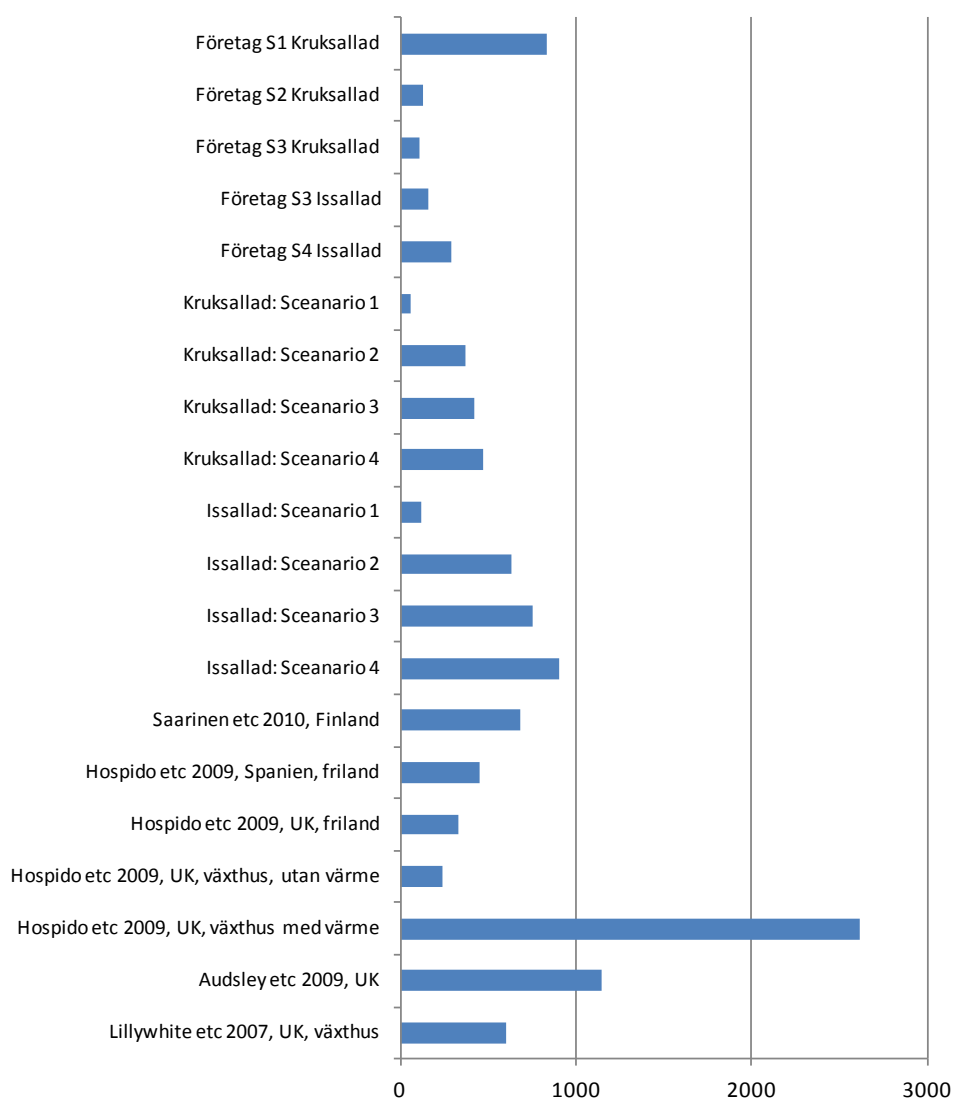
I studien erhållen klimatpåverkan i sallatföretagen placerar sig mellan 107–828 kgCO₂-ekv/1000 st. sallat för vanlig kruksallat och motsvarande mellan 160–292 kgCO₂-ekv/1000 st. för issallat. Bland resultaten stiger tre viktiga faktorer fram, varav den första är S1 företagets klimatpåverkan, som klart överstiger även scenariot med största klimatpåverkan, vilket är 435 kgCO₂-ekv/1000 st. sallat. Detta har dock en förklaring i företagets höga elförbrukning och i den använda elproduktens klimatpåverkan: S1 företagets inköpta el har ett mycket högre koldioxidavtryck än använd elektricitet i genomsnitt Finland.

En annan viktig aspekt är en betydligt mindre andel av energi i totalklimatpåverkan i företaget S3. Detta beror på att det i företaget används miljöelektricitet och förnybar energi i värmeproduktion. Därför blir klimatpåverkan av energin så liten, att även andra faktorer blir signifikanta. För kruksallaten är förpackningens betydelse större än för andra produkter, på grund av att det i sallatsförpackningar används både en skyddspåse och odlingskruka.

En tredje betydande observation i resultaten är att energiförbrukningen för issallat är större än för kruksallat, och på så sätt förorsakar t.ex. i företag S3 producerad issallat större klimatpåverkan än kruksallat, även om i produktionen använd energi produceras med samma profil. Högre energiförbrukning är en direkt följd av att odlingstiden av issallaten är ca dubbel jämfört med vanlig kruksallat.

De erhållna resultaten jämförs med andra studier på sallat i figur 3.18.

Jämförelse av koldioxidavtryck (kgCO₂-ekv/1000 kpl sallat)



Figur 3.18. Studier om klimatpåverkan av sallats produktionskedja.

Klimatpåverkan varierar i sallatsjämförelsen mellan 58–2550 kgCO₂-ekv/1000 st. sallat. Vid jämförelsen bör dock noteras att det i jämförelsen finns olika sallater och sallatstypen i studierna har inte förtydligats. I varje fall är resultaten av denna studie klart bland de minsta i jämförelsen. Det finns dock lite material i jämförelsen och uppgifter om sallatstyper som jämförs finns inte.

3.2.3 Blomprodukter

Vid tulpanföretagen observeras att det är en signifikant skillnad mellan de två granskade företagen. Skillnaderna beror både på värmeförbrukningen och på produktionsformen av värme. I företag B11 är värmeförbrukningen under hälften av värmeförbrukningen i företag B12. Vidare används i företag B11 för det mesta biobränslen till värmeproduktion, medan det i företag B12 produceras värme av kol. Skillnaderna mellan företagen förklaras delvis också med att det i företag B12 inte används växtbelysning, som gör att det behövs mera värme. Detta återspeglas givetvis också i att företaget B12 har mindre elförbrukning. Totalenergiförbrukningen är dock signifikant större i företag B12 för att värmens andel är dominerande i energiförbrukningen.

För de båda rosenbegonior producerande företagen B13 och B14 var beräkningsresultaten för sin del mycket lika. Det var inga stora skillnader varken i energiförbrukningen eller i produktionsprofilerna. Den största skillnaden fanns i elproduktionen, som hos företag B14 var större än hos företag B13.

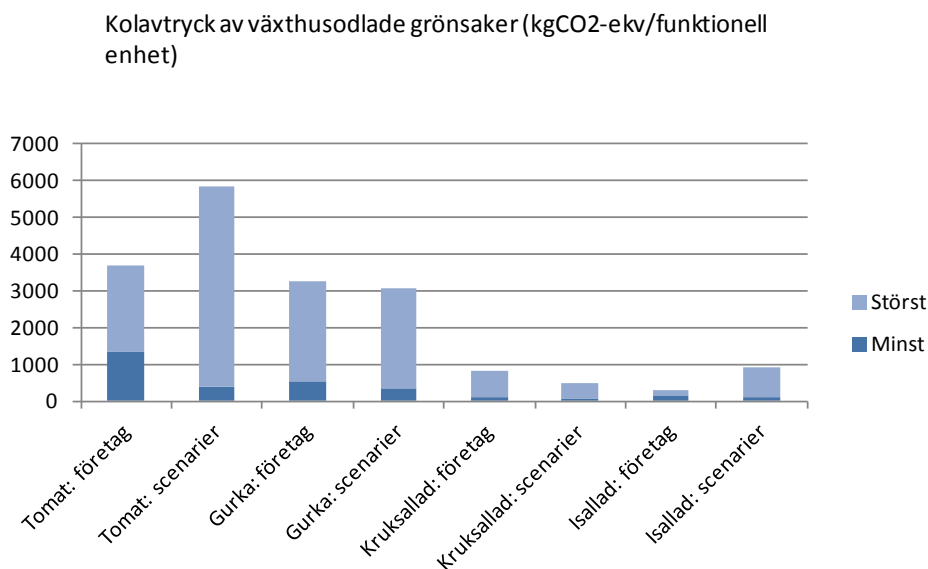
Vid granskning av energi var värmeförbrukningen för de båda blomprodukternas del mera dominerande än elförbrukningen. Vid beräkningar rörande blomprodukter skall dock beaktas de redan tidigare nämnda felmarginalerna som bror på problem vid modellering av energiförbrukning.

För tulpaner var förutom energin även tulpanlökarnas andel i klimatpåverkan signifikant. Givetvis har energin en viktig roll även vid produktion av lökar och plantor. Av klimatpåverkan av lök- och plantproduktionen förorsakas ca hälften av energiförbrukning i produktionen. Den näst viktigaste faktorn är använt material, såsom gödselmedel.

Vid scenariogranskning av blomprodukter observeras, att klimatpåverkan av tulpaner i företag B11 förblir t.o.m. mindre än i gröna linjens scenario (scenario 1). Detta beror på att scenarierna har modellerats enligt genomsnittliga energiförbrukningar, av vilka den genomsnittliga värmeförbrukningen i detta fall var betydligt större än värmeförbrukningen i företag B11. Klimatpåverkan av företag B11 är liten även på grund av användning av biobränslen i värmeproduktionen.

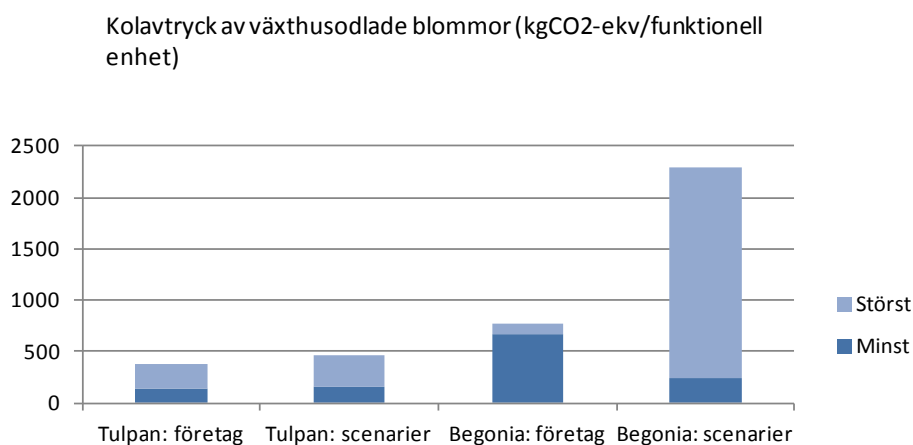
4 Sammanfattning och slutsatser

I undersökningen beräknad klimatpåverkan av grönsaker och dess variation sammanfattas i figur 4.1.



Figur 4.1. Klimatpåverkan av grönsaker i växthusproduktion i undersökningen.

Den funktionella enheten för tomat och gurka är 1000 kg produkt, för kruksallat 1000 st. sallat. Då man jämför dessa resultat med tidigare studier om klimatpåverkan kan det konstateras, att resultaten placeras sig inom en normal fluktuationsmarginal. Blomprodukternas klimatpåverkan illustreras i figur 4.2.



Figur 4.2. Klimatpåverkan av blomprodukter.

I blomprodukterna är funktionell enhet för tulpaner 1000 buntar med 10 tulpaner och för rosenbegonia 1000 stycken.

Mest relevanta för klimatpåverkan är energiförbrukningen i produktionen samt energins produktionsmetod. I företag och scenarier där energin produceras med fossila bränslen är resultatet betydligt större koldioxidavtryck än med förnybar energi. Produktion som baserar sig på fossila energikällor placerar sig också i jämförelsen bland dem med stor klimatpåverkan, medan produktion baserad på förnybar energi förorsakar minst klimatpåverkan i jämförelsen.

I denna studie är den viktigaste slutsatsen att klimatpåverkan av växthusproduktionen är mest beroende av de energikällor som används i produktionen. Studien visade inte på några signifikanta skillnader i klimatpåverkan t.ex. mellan säsons- och helårsproduktion, eftersom det för energiförbrukningen i förhållande till produktionsmängder inte hade någon större betydelse om det var säsong- eller helårsproduktion. Vid analys av månatliga fördelningar av värme- och elförbrukning kunde dock i storleksordningsnivå beräknas att för gurkans och tomatens del var både el- och värmeenergiförbrukningen från juni till augusti högst en tredjedel av den genomsnittliga förbrukningen på grund av mindre behov för värme och växtbelysning. På vintern under den kallaste och mörkaste fjärdedelen av året var energiförbrukningen 1,5 gånger högre än genomsnittet. Eftersom det mesta av klimatpåverkan förorsakas av energiförbrukning, är klimatpåverkan av under sommarsäsongen producerade växthusgrönsaker ungefär en fjärdedel av klimatpåverkan av under vintern producerade grönsaker. Allt som allt är det svårt att modellera effekterna av olika produktionsmetoder genom att jämföra kolavtryck, eftersom det alltid finns flera varierande faktorer när man jämför ett antal företag. Beträffande månatlig energiförbrukning måste jämförelsen betraktas som vägledande, eftersom uppgifter om månatlig energiförbrukning bara erhöles från ett fåtal företag.

Det är lättare att modellera inverkan av olika produktionsfaktorer genom att bara se på ett företag, eftersom det då är lättare att upptäcka effekten av förändringar i denna produktionsfaktor. Denna studie visualiserades med hjälp av scenarier. I scenarierna standardiserades alla andra faktorer utom bränslen i energiproduktionen. På det sättet kunde den viktigaste faktorn illustreras bäst, det vill säga effekten av energiproduktionsformen på totalklimatpåverkan.

Ett av de viktigaste resultaten var en räknare för klimatpåverkan med vilken företagen i fortsättningen kan modellera sin egen klimatpåverkan. Företaget kan med hjälp av räknaren beräkna sin klimatpåverkan, men också modellera effekterna av olika val till sin egen klimatpåverkan.

Vid granskning av resultaten från undersökningen är det bra att komma ihåg att man fokuserade enbart på klimatpåverkan. Dessutom kan andra miljöfaktorer studeras, till exempel vattenförbrukning och energiförbrukning i bredare perspektiv. Även om klimatpåverkan kan minskas genom att välja förnybara energikällor, är det värt att notera att vid inköp av förnybar energi, avlägsnas den mängden förnybar energi från användningen för övriga, och den måste ersättas med på annat sätt producerad energi för att förnybar energi är tillgänglig i begränsade mängder. Att allmänt öka produktionen av bara förnybar energi minskar klimatpåverkan. Potentiella medel för växthusföretag att öka egen förnybar produktion är ökad användning av biobränslen i värmeproduktion och att bygga nya anläggningar för förnybara elprodukter, såsom sol- och vindkraftanläggningar. Detta är dock inte möjligt utan stöd från en utomstående part, på grund av att sådana produktionsförändringar ofta kräver stora initiala investeringar.

Antón, M. A., Castells, F., Montero, J. I. & Muñoz, P. 2004. Most significant substances of LCA to Mediterranean Greenhouse Horticulture. I publikationen: Halberg, N. (red.) Life Cycle Assessment in the Agri-food sector. Proceedings from the 4th International Conference, October 6-8, 2003, Bygholm, Denmark: 199-204.

AGA. 2012. Hiilidioksidilannoitus. Tillgänglig:
http://www.aga.fi/international/web/lg/fi/like35agafi.nsf/docbyalias/sol_co2_fertil

Audsley, E., Brander, M., Chatterton, J., Murphy-Bokern, D., Webster, C. & Williams, A. 2009. How low can we go? An assessment of greenhouse gas emissions from the UK food system and the scope to reduce them by 2050. WWF-UK.

Boldrin, A., Hartling, K. R., Laugen, M. & Christensen, T. H. 2010. Environmental inventory modelling of the use of compost and peat in growth media preparation. Resources, Conservation and Recycling 54 (2010) 1250–1260

Carlsson-Kanyama, A. 1998. Food Consumption Patterns and Their Influence on Climate Change: Greenhouse Gas Emissions in the Life-Cycle of Tomatoes and Carrots Consumed in Sweden. *Ambio* 27: 528-534

EASEWASTE 2007. Life cycle assessment modeling of solid waste systems.

EASEWASTE modeling software. Landfill data from 6/2007.

Halberg, N., Dalgaard, R. & Rasmussen, M. D. 2006. Miljøvurdering af konventionel og økologisk avl af grøntsager. Livscyklusvurdering af produktion i væksthuse og på friland: Tomater, agurker, løg, gulerødder. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen Nr. 5. <http://www.lcafood.dk/>

Hartikainen, H., Katajajuuri, J. -M., Pulkkinen, H., Saarinen, M., Silvenius, F., Usva, K. & Yrjänäinen, H. 2012. Suositus elintarvikkeiden ilmastovaikutusten arvioimiseksi elinkaariarvioinnilla. Versio 1. MTT, Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, Vastuullinen ruokaketju – hyvinvoiva kuluttaja, Helsinki 7.11.2012, 37s. Tillgänglig:
https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/hankkeet/foodprint/laskentasuositus/Suositus_071112_Final.pdf.

Hospido, A., Mila I Canals, L., McLaren, S., Truninger, M., Edwards-Jones, G. & Clift, R. 2009. The role of seasonality in lettuce consumption: a case study of environmental and social aspects. *International Journal of Life Cycle Assessment* (2009) 14: 381–391.

Högberg, J. 2010. European Tomatoes. Comparing global warming potential, energy use and water consumption from growing tomatoes in Sweden, the Netherlands and the Canary Islands using life cycle assessment. MSc Thesis, 2010. SIK - Swedish Institute for Food and Biotechnology Sweden, Gothenburg.

IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (2006), Volume 5:Waste, Chapters 2-4, Tillgänglig: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>

IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (2006), Volume 4:Agriculture, Forestry and Other Land Use, Chapters 11 Chapter 11: N₂O Emissions from Managed Soils, and CO₂ Emissions from Lime and Urea Application. Tillgänglig: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_11_Ch11_N2O&CO2.pdf

Katajajuuri, J.-M., Mikkola, A., Näkkilä, J. & Voutilainen, P. 2007. Environmental impacts of Finnish greenhouse cucumber production systems

Keskitalo, A. 2009. Environmental Impacts of Conventionally and Year-round produced greenhouse Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Production Chain in Finland. Master's thesis, University of Helsinki.

Kool, A. & Blonk, H. 2011. An LCA of stone wool and coco substrate as growing media in the Netherlands. Blonk Milieu Advies BV, The Netherlands.

Lehto, T. 2005. Biojätteiden kierrätys ja ravinteiden virrat paikallisessa ruokajärjestelmässä. Etelä-Savon ympäristökeskuksen moniste 64. Mikkeli.

LIPASTO. 2012. VTT. Tillgänglig: www.lipasto.vtt.fi.

Myllymaa, T., Moliis, K., Tohka, A., Rantanen, P., Ollikainen, M., Dahlbo, H. Jätteiden kierrätyksen ja polton käsittelyketjujen ympäristökuormitus ja kustannukset. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 28/2008. 82 s.

Möller Nielsen, J. 2008. Energin & koldioxidens i svensk växthusodling 2008 - Tomat LCA. Cascada AB. Tillgänglig: <http://www.cascadaab.se/publicationer.html>

Pluimers, J. C., Bakker, E. J., Challa, H., Hordijk, L. & Kroeze, C. 2001. Environmental systems analysis of Dutch tomato cultivation under glass III: Analysis at the national scale. I publikationen: Pluimers, J. 2001. An environmental systems analysis of greenhouse horticulture in the Netherlands –the tomato case. Tohtorin väitöskirja. Wageningen. Netherlands.

Saarinen, M., Kurppa, S., Nissinen, A. & Mäkelä, J. 2011 (toim.). Aterioiden ja asumisen valinnat kulutuksen ja ympäristövaikutusten ytimessä. Suomen ympäristö 14. Helsinki 2011. Ympäristöministeriö. Tillgänglig: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=127955&lan=fi>

Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Alley, R.B., Berntsen, T., Bindoff, N.L., Chen, Z., Chidthaisong, A., Gregory, J.M., Hegerl, G.C., Heimann, M., Hewitson, B., Hoskins, B.J., Joos, F., Jouzel, J., Kattsov, V., Lohmann, U., Matsuno, T., Molina, M., Nicholls, N., Overpeck, J., Raga, G., Ramaswamy, V., Ren, J., Rusticucci, M., Somerville, R., Stocker, T.F., Whetton, P., Wood, R.A. ja Wratt, D. 2007. Technical Summary. Teoksessa: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge. s. 19-91.

Tike 2012. Puutarhatilastot 2011. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. Helsinki 2012. Tillgänglig: http://www.maataloustilastot.fi/sites/default/files/pure_2011_kansineen_ilman_leikk.varoja.pdf

Torrellas, M., Antón, A., Montero, J.I., Baeza, E.J., López, J.C. & Pérez Parra, J.J. 2012. Life cycle assessment of tomato crop production in a Mediterranean multispan tunnel greenhouse. ISHS Acta Horticulturae 927: XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): International Symposium on Greenhouse 2010 and Soilless Cultivation.

Torrellas, M., Antón, A., López, J.C., Baeza, E. J., Pérez Parra, J., Muñoz, P. & Montero, J. I. 2012b. LCA of a tomato crop in a multi-tunnel greenhouse in Almeria. International Journal of Life Cycle Assessment (2012) 17: 863–875

van der Putten, K. & Wildschut, J. 2012. Carbon Footprint bolbloemen. Praktijkonde

VETENSKAP GER LIVSKRAFT

MTT RAPPORT 91

www.mtt.fi/julkaisut

MTT, FI-31600 Jokio, Finland.
Tel. +358 29 5300 700, e-post julkaisut@mtt.fi

