



INSTITUTET FÖR LIVSMEDEL OCH BIOTEKNIK

svensk **mj**ölk  
SWEDISH DAIRY ASSOCIATION



Swedish University of  
Agricultural Sciences

SIK-rapport  
Nr 772 2008

**Version 1.1**

## **LCA-databas för konventionella fodermedel** - miljöpåverkan i samband med produktion

Anna Flysjö, Christel Cederberg, Ingrid Strid



SIK-rapport  
Nr 772 2008

**Version 1.1**

## **LCA-databas för konventionella fodermedel**

- miljöpåverkan i samband med produktion

*Anna Flysjö  
Christel Cederberg  
Ingrid Strid*

SR 772  
ISBN 978-91-7290-265-7



## Sammanfattning

Denna svenska LCA-databas för fodermedel är tänkt att underlätta för framtida, mer komplexa studier av svensk mjölkproduktion, liksom även annan animalieproduktion. Ett viktigt kvalitetskriterium för databaser är att de baseras på aktuella uppgifter och kontinuerligt uppdateras när produktionssystem förändras och förhoppningsvis effektiviseras. Denna databas har därför benämnts ”version 1” eftersom författarna menar att en uppdatering av indata bör göras ungefär vart tredje år.

I rapporten sammanställs miljöpåverkan, definierad som resursuttag och emissioner i produktionen fram till och med foderfabrik, för de mest förekommande fodermedlen i Sverige (uttryckt per kg produkt<sup>1</sup>). De fodermedel som studeras är:

- grovfoder (hö och ensilage),
- spannmål (höstvetete, havre, korn),
- proteinfoder (sojamjöl, rapsmjöl (ExPro®), rapsfrö, majs glutenmjöl, ärter/åkerböna),
- övriga (betfiber, melass, betfor, HP-massa, palmkärnexpeller, agrodrank, vetekli, mineraler, fetter) samt
- två färdiga kraftfoderblandningar till mjölkkor.

De miljöeffekter som har analyserats är energianvändning, bidrag till klimatförändringar, försurning, övergödning samt användning av mark, fosfor, kalium och pesticider.

Data har till stor del inventerats och uppdaterats, men även befintlig litteraturredata har använts. För bakgrundsdata, så som transporter, elproduktion, förbränning av olja mm har data från olika databaser använts, främst har dock databasen Ecoinvent använts.

Projektet har finansierats av SLF (Svensk Lantbruksforskning). Studien har utförts av SIK (Institutet för Livsmedel och Bioteknik), Svensk Mjölksamt Institutionen för Biometri och Teknik, SLU. Programvara för LCA-beräkningar är SimaPro7 (2007).

Resultaten visar att primärproduktionen (odlingen) är av mycket stor betydelse för alla miljöpåverkanskategorier. För importerade foder som transporterats en längre sträcka är även transporten av betydelse. En sammanfattning av resultaten för samtliga foderprodukter ges i Tabell 8.1.

---

<sup>1</sup> Samtliga fodermedel är uttryckta per kg produkt, förutom grovfoder (hö och ensilage) samt HP-massa vilka är redovisade som 100% TS.



# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>INLEDNING</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>BAKGRUND</b>	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>DEFINITION AV STUDIENS MÅL OCH OMFATTNING</b>	<b>14</b>
3.1	STUDIENS MÅL OCH SYFTE	14
3.2	STUDIENS OMFATTNING	14
3.3	FUNKTIONELL ENHET	15
3.4	SYSTEMGRÄNSER	15
3.4.1	<i>Avgränsningar</i>	16
3.5	ALLOKERING	18
3.6	DATAKVALITET	18
<b>4</b>	<b>INVENTERING</b>	<b>20</b>
4.1	GROVFODER	20
4.1.1	<i>Vallodling</i>	20
4.1.1.1	Direkt energianvändning för fältarbete	20
4.1.1.2	Torkning och hantering av vall	21
4.1.1.3	Gödsling – kväve (N)	21
4.1.1.4	Gödsling – fosfor (P) och kalium (K)	22
4.1.1.5	Kväveläckage	22
4.1.1.6	Avgång av lustgas	22
4.1.1.7	Ammoniakavgång	23
4.1.1.8	Fosforläckage	23
4.1.1.9	Bekämpningsmedel	23
4.1.1.10	Vallodling, sammanfattning	23
4.1.2	<i>Hö</i>	24
4.1.3	<i>Ensileringsmedel</i>	25
4.1.4	<i>Ensilage – rundbal</i>	25
4.1.5	<i>Ensilage – plansilo</i>	26
4.1.6	<i>Ensilage – torsilo</i>	26
4.2	SPANNMÅL	27
4.2.1	<i>Skördenivåer i olika områden</i>	27
4.2.2	<i>Direkt energianvändning för fältarbete</i>	28
4.2.3	<i>Torkning och hantering av spannmål</i>	28
4.2.4	<i>Utsäde</i>	28
4.2.5	<i>Gödsling – kväve (N)</i>	29
4.2.6	<i>Gödsling – fosfor (P) och kalium (K)</i>	30
4.2.7	<i>Kväve i skörderester</i>	30
4.2.8	<i>Kväveläckage</i>	30
4.2.9	<i>Ammoniakavgång</i>	31
4.2.10	<i>Fosforläckage</i>	31
4.2.11	<i>Bekämpningsmedel</i>	31
4.2.12	<i>Höstvete, sammanfattning</i>	33
4.2.13	<i>Havre, sammanfattning</i>	34
4.2.14	<i>Korn, sammanfattning</i>	35
4.3	PROTEINKRAFTFODER	36
4.3.1	<i>Soja</i>	36
4.3.2	<i>Raps</i>	38
4.3.2.1	<i>Skördenivåer i olika områden</i>	39
4.3.2.2	<i>Direkt energianvändning för fältarbete</i>	39
4.3.2.3	<i>Torkning och hantering av raps</i>	40
4.3.2.4	<i>Utsäde</i>	40
4.3.2.5	<i>Gödsling – kväve (N)</i>	40
4.3.2.6	<i>Gödsling – fosfor (P) och kalium (K)</i>	40
4.3.2.7	<i>Kväve i skörderester</i>	41
4.3.2.8	<i>Kväveläckage</i>	41
4.3.2.9	<i>Ammoniakavgång</i>	41
4.3.2.10	<i>Fosforläckage</i>	42
4.3.2.11	<i>Bekämpningsmedel</i>	42
4.3.2.12	<i>Växtföljseffekt</i>	42

4.3.2.13	Höstrapsodling, sammanfattning .....	42
4.3.2.14	Vårrapsodling, sammanfattning .....	44
4.3.2.15	Rapsfrö .....	45
4.3.2.16	ExPro® (rapsmjöl) .....	45
4.3.3	<i>Majs glutenmjöl</i> .....	45
4.3.4	<i>Ärter och åkerbönor</i> .....	47
4.3.4.1	Skördenivåer i olika områden .....	47
4.3.4.2	Direkt energianvändning för fältarbeten .....	48
4.3.4.3	Torkning .....	48
4.3.4.4	Gödsling .....	48
4.3.4.5	Kväveläckage .....	48
4.3.4.6	Ammoniakavgång .....	48
4.3.4.7	Avgång av lustgas .....	49
4.3.4.8	Fosforläckage .....	49
4.3.4.9	Bekämpningsmedel .....	49
4.3.4.10	Växtföljdseffekter .....	49
4.3.4.11	Ärter och åkerbönor, sammanfattning .....	50
4.4	ÖVRIGT .....	51
4.4.1	<i>Palmkärneexpeller</i> .....	51
4.4.2	<i>Biprodukter från sockerindustrin</i> .....	54
4.4.3	<i>Agrodrank</i> .....	56
4.4.4	<i>Vetekli</i> .....	58
4.4.5	<i>Fetter</i> .....	58
4.4.6	<i>Monocalciumfosfat (komponent i mineralfoder)</i> .....	59
4.5	FODERBLANDNINGAR .....	59
4.5.1	<i>Proteinkraftfoder</i> .....	59
4.5.2	<i>Färdigfoder</i> .....	59
<b>5</b>	<b>MILJÖPÅVERKANSBEDÖMNING</b> .....	<b>61</b>
5.1	KLASSIFICERING OCH KARAKTERISERING .....	61
5.2	BESKRIVNING AV VALDA MILJÖPÅVERKANSKATEGORIER .....	61
5.2.1	<i>Energianvändning</i> .....	61
5.2.2	<i>Resursanvändning (mark, P och K)</i> .....	62
5.2.3	<i>Klimatförändring</i> .....	62
5.2.4	<i>Utsläpp av försurande ämnen</i> .....	63
5.2.5	<i>Bidrag till övergödning</i> .....	63
5.2.6	<i>Pesticidanvändning</i> .....	64
<b>6</b>	<b>RESULTAT</b> .....	<b>65</b>
6.1	ENERGIANVÄNDNING FÖR OLIKA FODERMEDEL .....	65
6.1.1	<i>Grovfoder</i> .....	65
6.1.2	<i>Spannmål</i> .....	67
6.1.3	<i>Sojamjöl</i> .....	68
6.1.4	<i>ExPro®</i> .....	68
6.1.5	<i>Rapsfrö</i> .....	70
6.1.6	<i>Majs glutenmjöl</i> .....	71
6.1.7	<i>Ärter och åkerbönor</i> .....	72
6.1.8	<i>Palmkärneexpeller</i> .....	73
6.1.9	<i>Betfiber och betfor</i> .....	74
6.1.10	<i>Melass</i> .....	75
6.1.11	<i>HP-massa</i> .....	76
6.1.12	<i>Agrodrank</i> .....	77
6.1.13	<i>Vetekli</i> .....	78
6.1.14	<i>Foderfett</i> .....	79
6.1.15	<i>Monocalciumfosfat (komponent i mineralfoder)</i> .....	80
6.1.16	<i>Färdiga kraftfoderblandningar</i> .....	81
6.2	RESURSANVÄNDNING (MARK, P OCH K) FÖR OLIKA FODERMEDEL .....	82
6.3	BIDRAG TILL KLIMATFÖRÄNDRINGAR FÖR OLIKA FODERMEDEL .....	83
6.3.1	<i>Grovfoder</i> .....	83
6.3.2	<i>Spannmål</i> .....	83
6.3.3	<i>Sojamjöl</i> .....	84
6.3.4	<i>ExPro®</i> .....	85



6.3.5	Rapsfrö.....	85
6.3.6	Majs glutenmjöl .....	86
6.3.7	Ärter och åkerbönor.....	87
6.3.8	Palmkärneexpeller .....	87
6.3.9	Betfiber och betfor .....	88
6.3.10	Melass .....	89
6.3.11	HP-massa.....	89
6.3.12	Agrodrank, klimatförändringar .....	90
6.3.13	Vetekli .....	90
6.3.14	Foderfett .....	91
6.3.15	Monocalciumfosfat (komponent i mineralfoder).....	92
6.3.16	Färdiga kraftfoderblandningar.....	92
6.4	BIDRAG TILL FÖRSURNING FÖR OLIKA FODERMEDEL .....	93
6.4.1	Grovfoder.....	93
6.4.2	Spannmål .....	93
6.4.3	Sojamjöl.....	94
6.4.4	ExPro®.....	95
6.4.5	Rapsfrö.....	95
6.4.6	Majs glutenmjöl .....	96
6.4.7	Ärter och åkerbönor.....	96
6.4.8	Palmkärneexpeller .....	97
6.4.9	Betfiber och betfor .....	98
6.4.10	Melass .....	98
6.4.11	HP-massa.....	99
6.4.12	Agrodrank .....	100
6.4.13	Vetekli .....	100
6.4.14	Foderfett, .....	101
6.4.15	Monocalciumfosfat (komponent i mineralfoder).....	101
6.4.16	Färdiga kraftfoderblandningar.....	102
6.5	BIDRAG TILL ÖVERGÖDNING FÖR OLIKA FODERMEDEL .....	102
6.5.1	Grovfoder.....	102
6.5.2	Spannmål .....	103
6.5.3	Sojamjöl .....	104
6.5.4	ExPro®.....	104
6.5.5	Rapsfrö.....	105
6.5.6	Majs glutenmjöl .....	105
6.5.7	Ärter och åkerbönor.....	106
6.5.8	Palmkärneexpeller .....	107
6.5.9	Betfiber och betfor .....	107
6.5.10	Melass .....	108
6.5.11	HP-massa.....	108
6.5.12	Agrodrank .....	109
6.5.13	Vetekli .....	110
6.5.14	Foderfett .....	110
6.5.15	Monocalciumfosfat (komponent i mineralfoder).....	111
6.5.16	Färdiga kraftfoderblandningar.....	111
6.6	PESTICIDANVÄNDNING .....	112
<b>7</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>113</b>
<b>8</b>	<b>SLUTSATSER.....</b>	<b>115</b>
<b>9</b>	<b>REFERENSER .....</b>	<b>117</b>
	<b>BILAGA 1 TRANSPORTER.....</b>	<b>121</b>
	<b>BILAGA 2 TS-HALTER FÖR FODERPRODUKTER .....</b>	<b>123</b>
	<b>BILAGA 3 EMISSIONER FÖR TRAKTOR.....</b>	<b>124</b>
	<b>BILAGA 4 ENSILERINGSMEDEL .....</b>	<b>125</b>



# 1 Inledning

Detta projekt, med syftet att upprätta en LCA-databas för fodermedel, har huvudsakligen finansierats av Stiftelsen Lantbruksforskning, SLF och i liten utsträckning av MISTRA via forskningsprogrammet MAT 21. Studien har utförts av SIK (Institutet för Livsmedel och Bioteknik), Svensk Mjök samt Institutionen för Biometri och Teknik, SLU. Dessa aktörer har som gemensam ambition att verka för att den svenska mjökproduktionen skall bli miljömässigt mer hållbar. Ett led i denna strävning är att upprätta och publicera denna svenska LCA-databas för fodermedel, vilken kommer att underlätta för framtida, mer komplexa studier av svensk mjökproduktion, liksom även annan animalieproduktion.

För att göra beräkningarna har LCA-beräkningsprogrammet SimaPro7 (2007) använts. Programmet innehåller också en omfattande databas, EcoInvent (2003), som i viss utsträckning utnyttjats för att komplettera de svenska data som tagits fram eller sammanställts inom projektet. Användandet av SimaPro7 kräver ett licensavtal som innehas av SIK.

I och med att dessa LCA-data publiceras ökar möjligheten för studenter, forskare, rådgivare och andra intresserade att använda dem vidare i egna arbeten. Ett viktigt kvalitetskriterium för databaser är att de baseras på aktuella uppgifter och kontinuerligt uppdateras när produktionssystem förändras och förhoppningsvis effektiviseras. Denna databas har därför benämnts "version 1" eftersom författarna menar att en uppdatering av indata bör göras ungefär vart tredje år. T ex sker nu forskning om utsläpp av växthusgaser i samband med förändrad markanvändning som t ex avskogning och detta är viktiga utsläppsdata att beakta i fodermedels livscykelanalyser. I dag är kunskapen alltför liten för att ta hänsyn till utsläpp från avskogning men med ökad kunskap bör detta ske i framtiden. En annan förändring som har betydelse för växthusgasutsläpp är teknologin som används för rening i handelsgödselproduktionen. Det är rimligt att utsläppen från gödselproduktion kan minska väsentligt inom några år och sådana förändringar har betydelse för fodermedlens klimatpåverkan. Ambitionen måste således vara att denna databas kontinuerligt uppdateras.

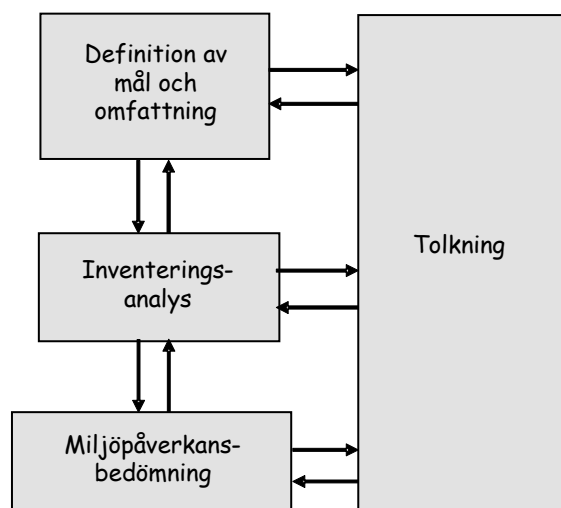
Ett stort tack riktas till anslagsgivarna SLF och MISTRA (MAT 21). I arbetet med att samla in data har vi fått stor hjälp från ett flertal företag och forskningsinstitut och till alla dessa riktas ett stort tack!

## 2 Bakgrund

Under senare år har det gjorts flera studier av animalieproduktion och dess miljöpåverkan. Dock finns det ännu ingen heltäckande databas som redovisar miljöpåverkan orsakad av fodermedlens produktion. Hur fodret produceras och var detta sker har stor betydelse för animalieproduktionens miljöbelastning. För att kunna göra rättvisa och relevanta analyser är det därför viktigt att ha aktuella och uppdaterade data eftersom det hela tiden sker förändringar och effektiviseringar inom produktionssystem. Vidare ökar kunskapen om emissioner från jordbrukssystem, t ex uppdateras IPCC:s<sup>2</sup> riktlinjer för beräkning av emissioner av växthusgaser ungefär vart femte år och under det senaste året har även växthusgasutsläppen från avskogning i samband med livsmedelsproduktion uppmärksammats och beräknats (Steinfeld et al., 2006).

Att ställa samman data från olika studier, med olika systemgränser och från olika tidsperioder kan ge missvisande resultat och denna rapport syftar till att göra en uppdatering av kunskapen om resursanvändning och emissioner från produktion av vanliga fodermedel. För flertalet fodermedel har en nyinventering av data genomförts eller så har data hämtats från studier publicerade under de senaste åren. Metodiken för livscykelanalys (LCA) har använts för att analysera hur stor miljöpåverkan är för de olika fodermedlen. LCA är en metod där man kartlägger den potentiella miljöbelastningen som orsakas av en produkt<sup>3</sup> under dess livslängd. Genom att följa produkten från ”vaggan till graven”, från utvinning av råmaterial till avfallshantering av produkten, kartläggs resursförbrukning, energianvändning samt utsläpp till luft, vatten och mark för de olika delarna av livscykeln. Metodiken för utförande av LCA finns standardiserad enligt ISO 14040 och 14044 (2006).

I en LCA ingår fyra obligatoriska delsteg, definierade i ISO standarden; definition av mål och omfattning, inventeringsanalys, miljöpåverkansbedömning och slutligen tolkning av resultat, se Figur 2.1.



Figur 2.1: LCA-studiens faser enligt ISO 14040 (2006)

<sup>2</sup> IPCC; Intergovernmental Panel on Climate Change, FN:s klimatpanel

<sup>3</sup> Även material, processer eller tjänster kan undersökas med LCA.

I *definition av mål och omfattning* ska syftet med studien anges, hur resultatet ska användas och skälen till varför studien utförs. En utförlig beskrivning av det undersökta systemet ska finnas med, i vilken systemets funktion, gränsdragningar och antaganden ska beskrivas och motiveras. En räknebas, så kallad funktionell enhet (FE), för studien ska definieras till vilken resursförbrukning, energianvändning och emissioner kan relatera. I *inventeringen* samlas all data in, detta steg är vanligtvis det mest tidskrävande i en LCA. I *miljöpåverkansbedömningen* åskådliggörs den miljöpåverkan som det undersökta systemet ger upphov till. I det fjärde och sista delsteget, *tolkning*, analyseras resultaten från inventeringsanalysen och miljöpåverkansbedömningen. Eftersom syftet med denna studie är att producera en databas som innehåller information om resursuttag och emissioner från produktionen av fodermedel innehåller denna rapport endast en mindre diskussion om tolkning av olika fodermedels miljöpåverkan.

### **3 Definition av studiens mål och omfattning**

I följande avsnitt beskrivs mål och syfte med projektet, samt de avgränsningar som varit nödvändiga att göra samt även betydande metodval.

#### **3.1 Studiens mål och syfte**

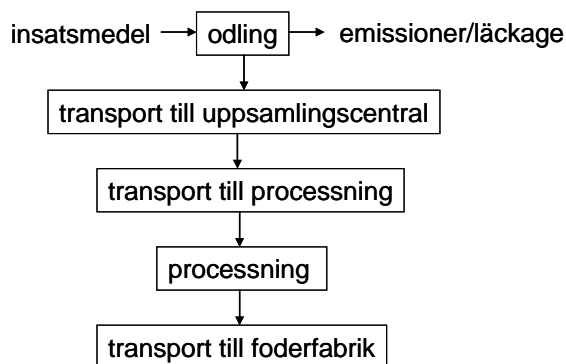
Målet med projektet är att bygga upp en databas med information om vilken miljöpåverkan (resursanvändning och utsläpp) olika fodermedel har orsakat under sin livscykel. Syftet är att databasen skall vara uppbyggd så att det är möjligt att plocka ut och använda data och resultat i studier av animalieproduktion, t ex när miljöpåverkan av olika foderstater jämförs.

Detta sker genom att emissioner och resursanvändning beräknas och analyseras i samband med uttag av insatsvaror för produktion av råmaterial och energianvändning vid tillverkning av fodermedlet. Samtliga fodermedel betraktas ur ett livscykelperspektiv, eller från ”vaggan” till ”grind”, eftersom slutprodukten är mängd färdigt foder till och med foderfabrik. För grovfoder, som antas användas på den gård det produceras på, ingår processer fram till och med utfodring på foderbord. Användning av fodermedlet samt vad om händer efter användning kommer inte att studeras inom ramen för det här projektet.

Studien beskriver skillnaden i miljöpåverkan mellan de olika produkterna i ett antal miljöpåverkanskategorier: energi, resursanvändning (mark, fosfor och kalium), klimatförändring, försurning, övergödning samt pesticidanvändning. De metoder som har använts för att beräkna miljöpåverkan för de olika miljöpåverkanskategorierna samt de karakteriseringsindex som använts finns beskrivna under avsnitt 4 Miljöpåverkansbedömning samt i tabell 4.1 till 4.3.

#### **3.2 Studiens omfattning**

För samtliga fodermedel börjar livscykeln med utvinning och produktion av råmaterial och energi för framställning av insatsmedel till odlingen. Emissioner och läckage från odlingen är inkluderade. Efter odlingen transporteras skördeprodukterna vanligen till en uppsamlingscentral. De produkter som inte processas vidare transporteras direkt till foderfabriken (t ex spannmål), medan andra transporteras till processning, processas för att sedan transporteras till foderfabrik (t ex oljeväxter). Grovfoder odlas/produceras på gården och har vanligen inga transporter. HP-massa transporteras inte till foderfabrik utan direkt till gård. De olika stegen som ingår i studien visas i Figur 3.1. Detaljerad beskrivning av de olika fodermedlen finns beskrivet i avsnitt 4 Inventering. Data för transporter finns redovisat i Bilaga 1.



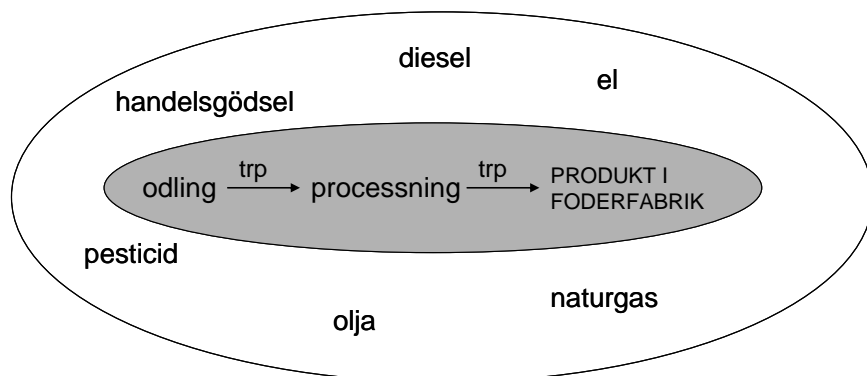
Figur 3.1: De olika stegen som ingår i studien.

### 3.3 Funktionell enhet

Den funktionella enheten utgör studiens räknebas och skall avspegla produktens nytta samt vara praktisk mätbar. Eftersom fodermedel skiljer sig åt sinsemellan och det inte är möjligt att ersätta de olika fodermedlen med varandra, har den funktionella i den här studien satts till **1 kg fodermedel vid foderfabrik för alla foder utom ensilage, hö och HP-massa som är vid gård**. Detta möjliggör jämförelser mellan likvärdiga foder samt att det på ett enkelt sätt går att sätta samman egna foderstater. Alla fodermedel utom ensilage, hö och HP-massa redovisas med den torrsubstanshalt (ts) som produkten har. För ensilage, hö samt HP-massa är ts-halten 100%. I Bilaga 2 redovisas ts-halterna för samtliga foderprodukter. I beräkningarna har foderfabriken antagits vara belägen i Lidköping.

### 3.4 Systemgränser

Systemgränserna i den här studien utgörs av utvinning och produktion av insatsvaror och energi, som används vid produktion av respektive produkt och visas i Figur 3.2. Systemet har delats upp i kärnsystem (skuggade området) respektive bakgrundssystem (icke-skuggade området). Kärnsystemet representerar odling, transporter och processning, där data har inventerats specifikt för den här studien. Data för bakgrundssystemet hämtas från olika databaser eller litteratur.



Figur 3.2: Systemgränser i studien.

### 3.4.1 Avgränsningar

#### *Produktion av utsäde*

Utsädet har beaktats genom att räkna skörden som nettoskörd efter avdragen utsädesmängd. Hantering och transport av utsäde är exkluderat i studien p.g.a. mycket små flöden som inte gör någon skillnad för slutresultaten (Schmidt, 2007).

#### *Produktion av maskiner och byggnader*

Produktionen av maskiner och byggnader ingår inte. Frischknecht et al (2007) har studerat vad denna exkludering innebär för LCA-studier inom olika näringsgrenar. Karakteristiskt för maskiner i jordbruket är att de används under begränsade tider under året och därför får en relativt stor påverkan framförallt för det totala energibehovet. Produktionen av lantbruksmaskiner och byggnader beräknas uppgå till 20 % av den primära energin (kumulativ energi). Det innebär att den redovisade energianvändningen i denna studie för produktion av fodermedel är underskattad med uppemot en femtedel. För övriga viktiga miljöeffekter har exkluderingen mindre betydelse. Eftersom växthusgasutsläpp från jordbruk domineras av andra växthusgaser än fossil koldioxid betyder utsläppen vid produktion av maskiner/byggnader lite. Vad gäller övergödning och försurning domineras bidraget av NH<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub> och P-emissioner, exkludering av maskiner har i stort sett ingen betydelse (Frischknecht et al, 2007).

I analysen av grovfoder ingår dock produktionen av lager (tornsilo/plansilo) för ensilaget. Detta för att kunna jämföra olika typer av ensilagehantering (tornsilo, plansilo, rundbal).

#### *Transporter, produktion av fordon och infrastruktur*

Analysen av Frischknecht et al (2007) visar att produktion av fordon och infrastruktur uppskattas utgöra 15 – 19 % av en transports utsläpp av växthusgaser i LCA-studier. I denna studie har vi hämtat data för transporter från databasen Ecoinvent, där produktion och avfallshantering för fordon samt infrastruktur är inkluderat och därför är detta medtaget. Detta gäller för samtliga miljöpåverkanskategorier förutom sekundär energi vilken grundas på data sammanställda av SIK. Eftersom det inte var möjligt att urskilja hur mycket sekundär energi som behövdes för att producera fordon, vägar etc har den sekundära energin för transporter begränsats till den mängd bränsle (MJ) som används för att transportera en produkt från ett ställe till ett annat. Detta innebär att i miljöpåverkan från transporterna har flera faktorer beaktats än för delstegen odling och processning.

#### *Förändringar i markens kolförråd*

Förändringar i markens kolinnehåll vid odling har exkluderats för svenska och europeiska fodergrödor. I svensk åkermark (mineraljordar) är kolinnehållet i skiktet 0-25 cm cirka 70 ton kol per ha i Skåne och cirka 90 ton kol per ha i Norrland och detta har varit stabila nivåer under de senaste 15 åren (Andrén & Kätterer, 2007). Gröda, tillförsel av organiskt material och jordbearbetning har stor betydelse för huruvida kol byggs in i humus (åkermarken blir en sänka) eller om kol frigörs (marken blir en källa). Danska studier visar att på gårdar med nötkreatursgödsel och vall ökade kolinnehållet i marken under en 10-årsperiod (1987-1997) medan svingårdar och rena växtodlingsgårdar fick minskade kolhalter i marken (Heidmann et al., 2002). Förändringar i positiv eller negativ riktning för markens innehåll av kol under svenska (och europeiska) förhållanden är dock mycket svåra att beräkna och verifiera och har därför exkluderats i denna studie.



I samband med förändrad markanvändning i tropikerna då regnskog omvandlas till odlingsmark för t ex oljepalm och soja, sker en nedbrytning av markens kol och koldioxid avges. De senaste åren har studier publicerats som har kvantifierat dessa kolförluster och dessa förluster inkluderats numera som en emission i Ecoinvents databas. Förändringar i markens kolförråd orsakade av förändrad markanvändning (från regnskog till odlingsmark) ingår därför i emissionsdata för foderprodukterna palmkärnexpeller och sojamjöl.

#### *Utsläpp av växthusgaser orsakade av avskogning*

När regnskogar huggs ner eller bränns upp för att marken skall omvandlas till odlings- eller betesmark frigörs stora mängder koldioxid. I FAO-rapporten "Livestock's long Shadow" (Steinfeld et al, 2006) vilken gav uppgiften att den globala animalieproduktionen står för 18 % av världens totala utsläpp av växthusgaser, framkom att koldioxid från avskogning utgör en tredjedel av dessa utsläpp. Endast enstaka studier har hittills kopplat växthusgaser från avskogning direkt till en produkt. Jungbluth & Frischknecht (2007) uppskattar att om utsläppen av den avskogning som expanderande sojaodling i Brasilien orsakar inkluderas i LCA-studier, skulle utsläppen av växthusgaser i sojabönors livscykel mer än fördubblas jämfört med om endast fossil koldioxid, lustgas och metan beaktas.

P g a bristande dataunderlag och metodik har inte utsläpp av växthusgaser orsakade av avskogning inkluderats i denna studie. Detta innebär en underskattning av miljöpåverkan, särskilt klimatförändring, för sojamjöl och palmkärnexpeller.

#### *Ammoniakavgång från grödor*

Ammoniakavgång från grödor har inte inkluderats i denna studie och detta utsläpp beaktas inte heller i svensk miljörapportering (SCB 2007). Danska estimeringar av ammoniakavgång från jordbruket inkluderar en källa om 3 – 5 kg NH<sub>3</sub>-N per ha vilken anses vara relativt osäker (Hutchings et al, 2001).

#### *Kväveläckage*

Vid modellberäkningar av kväveläckage från fodergrödor i olika delar i Sverige har uppskattningar endast gjorts för jordarten lättlera. Detta innebär en underskattning av kväveläckaget vid odling av foder på lätta jordar och sannolikt en viss överskattning av läckaget för tyngre jordar. Det har inte varit möjligt att beräkna och uppskatta kväveläckage för alla jordarter i olika delar av landet inom ramen för denna rapport och därför har skattningar av markläckage avgränsats till att endast gälla lättleror.

#### *Kväveoxider från gödsling*

I samband med kvävegödsling kan mindre utsläpp av kväveoxider (NO) ske. Detta utsläpp beaktas inte i svensk utsläppsstatistik men förekommer ibland i internationell. Förluster mellan 0 – 4 kg NO<sub>x</sub>-N per ha vid kvävegödslingsnivåer upp till 200 kg N per ha har uppmätts men det finns inget klart förhållande mellan tillförd kvävegiva och förlust av kväveoxid (FAO 2001). Kväveoxider från kvävegödsling har inte inkluderats i denna studie.

#### *Pesticider – glyfosat*

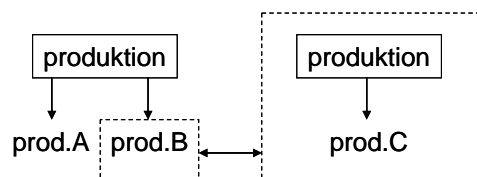
Användning av bekämpningsmedel har inventerats och redovisas som herbicider, fungicider och insekticider. Användningen av glyfosat (Roundup-produkter) som framförallt använts för kvickrotsbekämpning mellan grödor har inte inkluderats i inventeringen. Detta beror på att glyfosat används över hela växtföljden och det är svårt att allokeras dess användning till specifika grödor. 2005 användes försåldes ca 629 ton glyfosat i Sverige (KEMI 2006) och om

denna försålda mängd användes innebär det en medel dos om ca 0,25 kg per ha åkermark. Detta aktiva ämne är alltså inte inkluderad i resultaten för använda herbicider i fodergrödor.

### 3.5 Allokering

Allokering innebär i LCA-sammanhang hur miljöpåverkan och resursbehov fördelas mellan produkter i ett produktionssystem som genererar mer än en produkt. Allokeringssituationer uppkommer till exempel när det, som i många produktionsanläggningar, produceras mer än en produkt i en tillverkningsprocess, eller när vi får ut flera produkter från en råvara. Många viktiga fodermedel är biprodukter från livsmedelsindustrin, t ex rapsmjöl, betfor och melass. I denna studie har ekonomisk allokering använts för att fördela miljöpåverkan mellan produkter som alstras i så kallade ”multifunktionella processer” (t ex odling av rapsfrö ger både rapsolja och rapsmjöl).

I några enstaka fall har systemexpansion använts. I produktion av agrodrank produceras även, förutom bränsleetanolen, en del biogas vilken ersätter produktion av naturgas. Figur 3.3 visar schematisk bild över systemexpansion. I en produktionsanläggning produceras både produkt A och B. I en annan produktionsanläggning produceras produkt C, som är likvärdig produkt B (produkt C kan alltså ersätta produkt B). Då enbart miljöpåverkan av produkt A är av intresserad att undersöka kan systemexpansion tillämpas, där miljöpåverkan för produktion av C subtraheras från produktionen av A och B. Även bland annat återanvändning av ensilageplast har hanterats genom systemexpansion.



Figur 3.3: Systemexpansion: vid produktion av två produkter (A och B)

### 3.6 Datakvalitet

Data skall vara tidsmässigt representativa och beskriva systemet i dagsläget. Data skall även vara geografiskt och teknologiskt representativa, det vill säga ta hänsyn till de specifika systemens geografiska placering och tekniknivå. Specifik data har samlats in för de olika fodermedlen och är beskrivna mer i detalj i nästa avsnitt (4 Inventering). Uppgifterna kommer från vetenskaplig litteratur, offentlig statistik, forskningsrapporter eller personlig kontakt med andra forskare. Data för produktion av handelsgödsel (kväve och fosfor) har hämtats ur Davis & Haglund (1999), dock har koldioxid- och lustgasutsläpp uppdaterats för att representera medeldata för europeisk kvävegödselproduktion för 2003 (Jenssen & Kongshaug 2003). För kalium har data från databasen Ecoinvent (2003) använts. Data för produktion av bekämpningsmedel har hämtats från Audsley et al (1997). Data för andra insatsmedel, t ex el, diesel, transporter har hämtats ur databasen Ecoinvent (2003). I Tabell 3.1 finns en mer detaljerad sammanställning över de data som använts i studien.

**Tabell 3.1: Data som används i studien.**

Data för	hämtas från
<b>ENERGI</b>	
svensk medelel	Ecoinvent (2003)
europaisk medelel	Ecoinvent (2003)
eldningsolja	Ecoinvent (2003)
naturgas	Ecoinvent (2003)
diesel (traktor)*	Ecoinvent (2003) + Lindgren et al (2002)
<b>TRANSPORTER</b>	
stor lastbil	Ecoinvent (2003)
stort fraktfartyg	Ecoinvent (2003)
mindre fraktfartyg	Ecoinvent (2003)
tåg svenskt (el)	Ecoinvent (2003)
tåg (diesel)	Ecoinvent (2003)
traktor**	Ecoinvent (2003) + Lindgren et al (2002) + NTM
<b>HANDELSGÖDSEL</b>	
kvävegödsel	Davis & Haglund (1999) + Jenssen & Kongshaug (2003)
fosforgödsel	Davis & Haglund (1999)
kaliumgödsel	Ecoinvent (2003)
<b>PESTICIDER</b>	
herbicer	Audsley et al (1997)
fungicider	Audsley et al (1997)
insekticider	Audsley et al (1997)

\* produktion av diesel är hämtad från Ecoinvent och emissioner vid förbränning är hämtad från Lindgren (pers medd, 2003) (se även Bilaga 3)

\*\* produktion av diesel är hämtad från Ecoinvent och emissioner vid förbränning är hämtad från Lindgren et al (pers medd, 2003) och NTM (nätverket för transport och miljö) (se även Bilaga 3).

## 4 Inventering

I detta avsnitt beskrivs vilka indata som har använts för beräkna miljöpåverkan för de olika fodermedlen. Fodermedelen har indelats i följande grupper:

- grovfoder (hö och ensilage),
- spannmål (höstvetete, havre, korn),
- proteinfoder (sojamjöl, rapsmjöl (ExPro®), rapsfrö, majs glutenmjöl, ärter/åkerböna),
- övriga (betfiber, melass, betfor, HP-massa, palmkärnexpeller, agrodrink, vetekli, mineraler, fetter) samt
- två färdiga kraftfoderblandningar för mjölkkor.

För fodermedel med svenskt ursprung (spannmål, raps, ärter/åkerbönor) har olika indata använts för tre olika regioner av landet. För grovfoder har olika indata använts för rena gräsvallar och blandvallar.

### 4.1 Grovfoder

Två olika typer av grovfoder har studerats: hö och ensilage. Vidare har tre olika sorters ensilage undersökts: rundbal, plan- och tornsilo. För rundbalensilaget används endast plast som förvaring, medan de två andra ensilagen förvaras i olika typer av anläggningar. För dessa har även konstruktion av plansilon och tornsilon inkluderats i studien, för att göra de olika systemen jämförbara. För hö har endast extra energi för torkning etc inkluderats, lagringsbyggnaden av höet ingår inte. Odlingen av vall (uppdelad för gräs och blandvall) har antagits var densamma för de fyra olika hanteringssystemen (hö, ensilage i tornsilo, plansilo och rundbal).

#### 4.1.1 Vallodling

För vallodling har två alternativ studerats: ren gräsvall samt blandvall (ca 75% gräs och ca 25% klöver). Den vallodling som studerats är treårig vall i Västra Götaland med två skördar per år. Total bärgad skörd efter skördeförsluster är 7 ton TS per ha och år.

##### 4.1.1.1 Direkt energianvändning för fältarbete

Strid & Flysjö (2007) har beräknat den direkta energianvändningen i vallodling vilken beräknas till 41 l diesel per ha t o m gräset har huggits med slätterkross, se Tabell 4.1. Arbetsmoment efter slätterkrossen skiljer sig mellan de olika hanteringssystemen och redovisas under avsnitt 4.1.2 – 4.1.6. Fältarbetet i vallodlingen antas vara samma för både gräsvallen och blandvallen.

**Tabell 4.1: Antal körningar och dieselanvändning för olika moment i fältarbete i vallodling**

Åtgärd	antal körningar				liter diesel (medel) per ha och år
	år 0 *	år 1	år 2	år 3	
Stubbearbetning	1 (*0,5)	0	0	1	7,8
Plöjning	1 (*0,5)	0	0	0	2,9
Harvning	2 (*1)	0	0	0	1,1
Sådd	1 (*0,5)	0	0	0	1,7
Vältning	1 (*0,5)	0	0	0	0,2
Sprutn ogräs	1 (*0,5)	0	0	1	0,2
Mineralgödsel		1	1	1	0,5
Stallgödsel		1	1	1	14
Slätterkross		2	2	2	13

\* år 0 (d v s vallens insåningsår) har hälften av dieselanvändningen eftersom viss dieselanvändning har allokerats till vallen (övrigt till insåningsgrödan)

Enligt Dalgaard et al (2001) är mängden smörjolja proportionell mot dieselanvändningen. Användning av smörjolja har här, i likhet med Schmidt (2007), satts till 0,0024 kg smörjolja per MJ diesel, data för smörjolja hämtas från databasen Ecoinvent.

#### 4.1.1.2 Torkning och hantering av vall

Torkning eller annan hantering av vallen beskrivs under respektive kapitel för hö, rundbalensilage, plansilagensilage samt torrsilagensilage (4.1.3-4.1.5).

#### 4.1.1.3 Gödsling – kväve (N)

Enligt Jordbruksverkets riktlinjer för gödsling och kalkning (SJV 2006b) är kvävebehovet för gräsvall 145 kg N per ha och år (två skördar) och för blandvall 85 kg N per ha och år (två skördar). Med utgångspunkt från dessa rekommendationer har stall- och handelsgödselmängder beräknats. I båda fallen antas tillförsel av lika mängd stallgödsel men olika mängd handelsgödselkväve (mer till gräsvallen). Den tillförda stallgödseln är nötflytgödsel och antas innehåll 4 kg total-N per ton och 2 kg NH<sub>4</sub>-N per ton.

Till första skörd i Vall I används endast mineralgödsel och till andra skörden 20 ton nötflytgödsel per ha spridd med släpslang. Till Vall II sker gödslingen på hösten innan (alltså egentligen vallår I) med 20 ton nötflytgödsel per ha. Tredje året sker gödslingen tidig vår med 30 ton nötflytgödsel per ha med släpslangsspridare.

**Tabell 4.2: Tillförd mängd kväve (kg N per ha) från handelsgödsel och stallgödsel.**

kg N per ha	gräsvall		blandvall	
	handelsgödsel	stallgödsel	handelsgödsel	stallgödsel
Vall I (år 1)	125	80	65	80
Vall II (år 2)	115	80	55	80
Vall III (år 3)	103	120	43	120
<b>Medel</b>	<b>115</b>	<b>93</b>	<b>55</b>	<b>93</b>

Enligt gödselstatistiken (SCB 2006b) så gödslas 72 % av vallarealen med 105 kg växttillgängligt N per ha och 69 kg total-N per ha.

Totalt förbrukades 42 860 ton mineralkvävegödsel i slåttervallarna 2005 och om ca 72 % av arealen om totalt 804 000 ha gödslades var medelgivan 74 kg N per ha på denna gödslade areal. Denna ”medelgödselgiva” ligger alltså mitt i intervallet av de två tillförda givor 55 – 115 kg N per ha mineralgödsel som vi har använt i de två vallexemplen här (Tabell 4.2). I slåttervallar som endast tillfördes stallgödsel (20 % av arealen) tillfördes 95 kg total-N per ha med stallgödseln. I slåttervallar som tillfördes både stallgödsel och mineralgödsel tillfördes 112 kg total-N per ha med stallgödseln. Dessa värden skall jämföras med tillförda 93 kg total-N per ha och år i medeltal i beräkningsexemplet ovan vilket verkar helt rimligt. Enligt gödselstatistiken får ca hälften av vallarealen stallgödsel årligen. I beräkningsexemplet har vi räknat med stallgödsel två år av tre (till Vall II tillfördes ju gödseln på senhösten i Vall I så under kalenderåret för Vall II tillförs ingen stallgödsel). Utifrån detta resonemang bedöms skattad kvävegödselanvändning i vallexemplen vara rimlig.

#### **4.1.1.4 Gödsling – fosfor (P) och kalium (K)**

Eftersom slåttervallen generellt tillförs relativt mycket stallgödsel är behovet av mineralgödselfosfor litet. Detta framgår också ur gödselstatistiken där endast 2 380 ton P totalt tillfördes hela den svenska vallarealen om drygt 800 000 ha (SCB 2006b). På vallareal som endast tillfördes mineralgödsel (15 % av arealen) var medelgivan 15 kg P per ha. Det innebär att den största mängden av förbrukad mineralgödselfosfor används på vall som inte stallgödslas. Eftersom gödslingsstrategin som är beräknad i denna databas innefattar en relativt stor stallgödselförsel antas ingen fosfor i mineralgödsel tillföras.

Ingen tillförsel av kalium beräknas eftersom stallgödsel tillförs alla tre vallåren och odlingen sker på en lättlera.

#### **4.1.1.5 Kväveläckage**

Kväveläckage har skattats för en lättlera i Västra Götaland som bryts tidigt i september. Grundläckaget är satt till 37 kg N per ha (Aronsson & Torstensson, 2004) Hänsyn har också tagits till att året för vallinsådd (år 0) bidrar vallen med minskat läckage. N-läckaget för alla tre vallåren har skattats till i medeltal 28 kg NO<sub>3</sub>-N per ha och år för gräsvall och 30 kg NO<sub>3</sub>-N per ha och år för blandvallen.

#### **4.1.1.6 Avgång av lustgas**

Direkta lustgasemissioner från åkermark har beräknats enligt IPCC (2006). En gräsvall med en skörd om 7 ton TS per ha beräknas efterlämna ca 90 kg N per ha i ovan- och underjordiska rester. Detta fördelas över vallens hela livstid, tre år, d v s i medeltal 30 kg N per ha och år. En blandvall med en skörd om 7 ton TS per ha beräknas efterlämna 169 kg N per ha i ovan- och underjordiska rester enligt IPCC (2006) men denna beräkning bygger på ett förhållande om 2/1 för gräsklöver. Blandvallen i detta exempel har antagits innehåll 75 % gräs och 25 % klöver, d.v.s. förhållande 3/1. Blandvallen skattas därför till att lämna 150 kg N per ha totalt i skörderester vilket innebär i medeltal 50 kg N per ha för de tre åren.

**Tabell 4.3: Tillförd mängd kväve (kg N per ha och år i medeltal) samt beräknade lustgasemissioner.**

kg per ha	Gräsvall	Blandvall
Mineralgödsel-N	115	55
Stallgödsel-N, total	93	93
N i skörderester	30	50
<b>Summa tillfört N</b>	<b>238</b>	<b>198</b>
Förluster N <sub>2</sub> O (1% som N <sub>2</sub> O-N)		
kg N <sub>2</sub> O-N	2,4	2
kg N <sub>2</sub> O	<b>3,74</b>	<b>3,1</b>

De indirekta emissionerna (orsakade av förlusterna vid markläckage och ammoniakavgång) beräknas enligt IPCC (2006) och blir i båda fallen 0,37 kg N<sub>2</sub>O-N (0,58 kg N<sub>2</sub>O) per ha och år.

#### 4.1.1.7 Ammoniakavgång

Emissionsfaktorer (EF) för ammoniak har hämtats från Karlsson & Rodhe (2002). Vid gödselspridningen i Vall I är EF vid spridning av gödsel på sommaren 50 % av NH<sub>4</sub>-N och ca 1 % förluster av tillförd handelsgödsel. För andra årets spridning är EF 15% och för tredje årets spridning är EF 30 %. En sammanfattning av ammoniakavgång redovisas i Tabell 4.4.

**Tabell 4.4: Ammoniakförluster (kg NH<sub>3</sub>-N per ha) för gräsvall respektive blandvall.**

kg NH <sub>3</sub> -N per ha	gräsvall	blandvall
Vall I (år 1)	22	21
Vall II (år 2)	7	6,5
Vall III (år 3)	19	18,5
<b>Medel, tre år</b>	<b>16</b>	<b>15</b>

#### 4.1.1.8 Fosforläckage

Ett rimligt läckage av fosfor beräknas till ca 0,56 kg P per ha på slättbygderna i Västra Götaland (Johnsson et al, 2007). Till vallen i detta beräkningsexempel antas ett P-läckage om 0,5 kg P per ha, något lägre vilket motiveras av att marken ligger bevuxen på vintern och risken för yterrosion minskar.

#### 4.1.1.9 Bekämpningsmedel

De enda bekämpningsmedel som används är herbicid, totalt används 562 gram MCPA och 7,5 gram Gratil under insåningsåret, men av detta allokeras hälften till vallen och hälften till insåningsgrödan. Detta ger att 94 gram MCPA och 1,25 gram Gratil används i genomsnitt per ha och skördeår (Strid & Flysjö, 2007).

#### 4.1.1.10 Vallodling, sammanfattning

I Tabell 4.5 nedan redovisas en sammanställning av alla inflöde och utflöde till vallodling, uppdelat på gräsvall och blandvall, i Sverige.

**Tabell 4.5: Sammanställning av inflöde och utflöde för gräsvall och blandvall i Sverige.**

<b>VALL (per ha)</b>		<b>Alt 1 (enbart gräsvall)</b>	<b>Alt 2 (gräs- och klövervall)</b>
<b>INFLÖDEN</b>			
<i>Energi</i>			
Diesel	MJ	1494	1494
<i>Handelsgödsel</i>			
N	kg	115	55
P	kg	0	0
K	kg	0	0
<i>Stallgödsel</i>			
N	kg	93	93
<i>Pesticider</i>			
Herbucid (a.s.)	kg	0,095	0,095
Fungicid (a.s.)	kg	0	0
Insekticid (a.s.)	kg	0	0
<i>Övrigt</i>			
Utsäde	kg	Exkluderat*	Exkluderat*
Smörjolja	MJ	148	148
<b>UTFLÖDEN</b>			
<i>Emissioner till luft</i>			
N <sub>2</sub> O <sub>direkt</sub>	kg	3,74	3,1
N <sub>2</sub> O <sub>indirekt</sub>	kg	0,58	0,58
NH <sub>3</sub>	kg	20,6	19,3
<i>Emissioner till vatten</i>			
NO <sub>3</sub>	kg	124	132
P	kg	0,5	0,5
<i>Produkt</i>			
Vall (100% TS)	kg	7 000	7 000

\* Vallfrö är exkluderat p g a den lilla mängden; utsädesmängd ca 20 kg per ha för en treårig vall, vilket innebär en förbrukning om ca 7 kg per ha och år i medeltal

#### 4.1.2 Hö

Data för bärgning och torkning av hö har hämtats från Edström et al (2005). Efter slåtterkrossen så sprids och strängas vallgräset innan det pressas och transporteras till hölager där höet torkas på skulltork. Data för energianvändning för dessa moment redovisas i Tabell 4.6. Som tidigare beskrivits ingår inte produktionen av byggnaden och fläktar i analysen.

**Tabell 4.6: Energianvändning i samband med bärgning och torkning av hö**

<b>Energianvändning</b>	<b>per ton TS</b>	
<i>Höbärgning och skulltork</i>		
Spridning/strängning	liter diesel	0,98
Bärgning och transport	liter diesel	2,8
Inläggning och tork	kWh	102
<i>För utfodring</i>		
Utfodring	kWh	1,2



### 4.1.3 Ensileringsmedel

Det finns flera ensileringsmedel, men i denna studie har endast produkten Promyr studerats. Data för Promyr har hämtats från en miljövarudeklaration av myrsyra från Perstorps Speciality Chemicals AB (2001). Enligt denna gäller utsläppsdata för tillverkningen av myrsyra även tillverkning av Promyr. Dock är de data som använts gamla och fabriken varifrån data antagits är inte längre i drift, men eftersom inga andra data har hittats används dessa ändå i studien (Bilaga 4). I anläggningen där myrsyra idag produceras utnyttjas en ny teknik som löser upp natriumformiat i själva myrsyran, vilket gör att energianvändningen är väsentligt lägre än tidigare (Hjelm, pers medd 2007). Miljöpåverkan från ensileringsmedel i den här studien är alltså sannolikt överskattad.

### 4.1.4 Ensilage – rundbal

Data för rundbalsensilage är hämtad från Strid & Flysjö (2007). Efter slåtterkrossen vänds strängarna i hälften av vallarealen (skattad andel). Därefter pressas vallen till rundbal, plastas in och transporteras till ett lager. I Tabell 4.7 redovisas energianvändning, från vändning av strängar på fält till dess att ensilaget befinner sig på foderbordet, samt förbrukad mängd ensileringsmedel och plast. Data för produktion ensileringsmedel finns redovisat i Appendix 2 och data för plast har hämtats i databasen Ecoinvent (2003) i beräkningsprogrammet SimaPro (2007).

**Tabell 4.7: Användning av energi, ensileringsmedel och plast vid produktion av rundbalsensilage**

<b>Energianvändning</b>		<b>per ton TS</b>
<i>För insamling till lager</i>		
Strängvändning	liter diesel	0,49
Rundbalspressning	liter diesel	2,8
Inplastning och transport	liter diesel	3,6
<i>För utfodring</i>		
Hämtning av balar	liter diesel	0,80
Foderblandare	liter diesel	1,5
Utfodring	kWh	1,2
<b>Övriga insatsvaror</b>		
Ensileringsmedel	liter ensileringsmedel	10
Plast	kg	5,4

Större delen (ca 75 %) av plasten från rundbalarna samlas in för återvinning. Återvinningen sker i Asien (se vidare Strid & Flysjö 2007).

Ensilaget används främst på gården eller transporteras till granne, ingen transport till foderfabrik sker här.

#### 4.1.5 Ensilage – plansilo

Data för plansiloensilage är hämtad från Strid & Flysjö (2007). Vallen samlas in på fält med en exakthack och transporteras till plansilon där materialet packas. Data för energi och andra insatsvaror för produktion av ensilage i plansilo redovisas i Tabell 4.8.

**Tabell 4.8: Användning av energi, ensileringsmedel och plast vid produktion av ensilage i plansilo**

<b>Energianvändning</b>		<b>per ton TS</b>
<i>För insamling till lager</i>		
Extrahack	liter diesel	4,0
Transport till silo	liter diesel	0,74
Packning i silo	liter diesel	1,3
<i>För utfodring</i>		
Uttag från silo	liter diesel	1,8
Foderblandare	liter diesel	1,5
Utfodring	kWh	1,2
<b>Övriga insatsvaror</b>		
Ensileringsmedel	liter ensileringsmedel	17
Plast	kg	0,74

För att göra de olika systemen för ensilage jämförbara har även anläggning av plansilo (360 ton ts ensilage med en avskrivningstid på 30 år) inkluderats, följande material har beaktats:

- 150 ton prefabricerade betongväggar
- 98 m<sup>3</sup> betong till golv
- 22 m<sup>3</sup> betong till avlastaren
- 14 m stålgaller á 6 kg per meter till rännan
- 70 stycken armeringsnät á 26,4 kg stål

För anläggning av silon användes även 2 900 liter diesel (inklusive transport av byggmaterial). Data för produktion för de olika råvarorna för plansiloanläggningen är hämtad från databasen Ecoinvent (2003) i beräkningsprogrammet SimaPro (2007).

Ensilaget används främst på gården eller transporteras till granne, ingen transport till foderfabrik sker här.

#### 4.1.6 Ensilage – torsilo

Data för produktion av ensilage i torsilo är hämtad från Strid & Flysjö (2007).

Vallen samlas in på fält med en exakthack och transporteras till torsilon där materialet matas in. Data för energi och andra insatsvaror för produktion av ensilage i torsilo redovisas i Tabell 4.9.

**Tabell 4.9: Användning av energi, ensileringsmedel och plast vid produktion av ensilage i tornsilo**

Energianvändning		per ton TS
<i>För insamling till lager</i>		
Extrahack	liter diesel	4,0
Transport från fält	liter diesel	0,86
Fyllning av silo	liter diesel	1,5
Fyllning av silo	kWh	2,6
<i>För utfodring</i>		
Uttag från silo	kWh	10,8
Utfodring	kWh	1,2
<b>Övriga insatsvaror</b>		
Ensileringsmedel	liter ensileringsmedel	14

För anläggning av en tornsilo som rymmer 250 ton ts ensilage (avskrivningstid 20 år) har följande material beaktats:

- 11,5 ton rostfritt stål till väggar
- 1,5 ton stål till fylltömmare, rör, fläktar
- 0,5 ton stål till stegar, plattformar
- 0,5 ton stål till armeringsnät
- 25 m<sup>3</sup> betong till fundament

Ytterligare förbrukas 425 liter diesel samt 720 kWh el för anläggning av silon samt transport av material. Data för produktion för de olika råvarorna för plansiloeffläggningsen är hämtad från databasen Ecoinvent (2003) i beräkningsprogrammet SimaPro (2007).

Ensilaget används främst på gården eller transporteras till granne, ingen transport till foderfabrik sker här.

## 4.2 Spannmål

### 4.2.1 Skördenivåer i olika områden

Tre viktiga skördeområden för Sverige har identifierats (Tabell 4.10) samt andelen av den totala arealen för spannmålen i respektive område har beräknats. Inom dessa tre områden finns ca 90 % av landets höstvetearreal, 75 – 80 % av havren och drygt 70 % av kornarealen.

**Tabell 4.10: De tre identifierade skördeområdena för spannmål i Sverige.**

Område	Län
Öst	Stockholm, Uppland, Sörmland, Östergötland, Örebro, Västmanland
Väst	Västra Götaland
Syd	Skåne (höstvete), Skåne+Halland (havre och korn)

Underlaget för skattning av skördenivåer i dessa tre områden är den verkliga skördeavkastningen under 2004, 2005 och 2006 (SJV 2007, SJV 2006a, SJV 2005), samt normskörden för länen under dessa tre år (SCB 2006a, SCB 2005, SCB 2004). Baserat på dessa uppgifter har följande skördenivåer antagits (Tabell 4.11).

**Tabell 4.11: Skattade skördenivåer (kg per ha) för respektive spannmålsslag och område.**

Område	Höstvete	Havre	Korn
Öst	6 000	3 900	4 100
Väst	6 000	4 000	4 100
Syd	7 000	5 000	5 200

#### 4.2.2 Direkt energianvändning för fältarbete

Med hjälp av data från olika källor (Lindgren et al 2002, Odling i Balans´ databas: Törner L., pers medd 2007) har en skattning av en ”normal” dieselanvändning för olika maskinfunktioner fastställts, Tabell 4.12. Till summan dieselanvändning per hektar har lagts till 10 % som är en ”overhead” siffra för övrig dieselanvändning på gården som kan allokeras till växtodling, t ex körning med gårdsbil för inspektion av grödor, hämtning av reservdelar etc. Dieselanvändningen har därmed beräknats till 77 – 83 liter per ha för foderspannmålen (plöjning har förutsatts i samtliga fall).

**Tabell 4.12: Dieselanvändning för olika maskinfunktioner.**

Åtgärd	liter per ha och gång
Stubbearbetning	8
Plöjning	15
Harvning vår lätt	5
Sådd, Rapid	8
Sådd kombi Rapid	10
Mineralgödsel spridning	4
Sprutn ogräs	1,5-2
Sprutn insekt o svamp	1,5-2
Stallgödsel (spridning, omrörning, lastning)	15
Tröskning+trp (med hack)	25
Tröskning+trp (utan hack)	22

Enligt Dalgaard et al (2001) är mängden smörjolja proportionell mot dieselanvändningen. Användning av smörjolja har satts till 0,0024 kg smörjolja per MJ diesel (Schmidt 2007).

#### 4.2.3 Torkning och hantering av spannmål

Data om olje- och elbehov vid torkning har hämtats från Edström et al (2005). För varje kg borttorkat vatten åtgår 0,15 liter olja och för varje ton spannmål används även 19 kWh el vid torkningen. Vattenhalten i spannmålen vid skörd har som ett rimligt medeltal skattats till 17 % i syd och 19 % i områdena väst och öst. För samtliga områden torkas spannmålen till 14 % vattenhalt.

#### 4.2.4 Utsäde

En rimlig utsädesmängd har skattats utifrån egen erfarenhet och olika bidragskalkyler, se Tabell 4.13. Utsädet har beräknats genom att räkna skörden som nettoskörd efter avdragen utsädesmängd.

**Tabell 4.13: Utsädesmängd (kg per ha) för spannmålen i de olika områdena.**

Område	Höstvete	Havre	Korn
Öst	220	180	180
Väst	220	180	180
Syd	200	180	180

#### 4.2.5 Gödsling – kväve (N)

Källa för detta avsnitt är gödselmedelsstatistiken som avser odlingsåret 2005 (SCB 2006b). Av arealen höstvete som gödglas med handelsgödsel fick 80 % endast mineralgödsel och 20 % fick både mineral- och stallgödselkväve. För korn och havre är det ungefär 75 % av arealen som gödglas med mineralgödsel medan 25 % av arealen fick mineralgödsel i kombination med stallgödsel. Från uppgifterna i gödselmedelsstatistiken beräknades en ”medelgiva” för spannmålsgrödorna vilket inkluderar både mineralgödsel och stallgödsel. För korn och havre innebär det att i medeltalet beaktas att 25 % av arealen gödglades med stallgödsel (eller vart 4:e år) och för vete att 20 % av arealen stallgödselades (eller var 5:e år).

**Tabell 4.14: Medeltal tillfört kväve (kg N per ha) för höstvete, havre och korn enligt Gödselmedelsstatistiken**

	Höstvete	Havre	Korn
Mineralgödsel-N	146	81	85
Stallgödsel-N, total	19	26	24
Total tillförsel	165	107	109

Kvävegivorna varierar med skördenivåerna och med utgångspunkt från Jordbruksverkets rekommendationer för kvävegödsling (SJV 2004) samt användningen enligt gödselstatistiken (Tabell 4.14) har kvävegivor enligt Tabell 4.15 antagits i de olika områdena. Fodervete gödglas med ca 15 kg N mindre per ha än brödvete, därför är det rimligt att anta att gödselgivorna för fodervete också är något lägre än gödslingen som är framräknad enligt gödselstatistikens uppgifter vilken bygger på all veteodling i landet.

**Tabell 4.15: Kvävegivor (kg N per ha) som antagits för databasen, baserat på spannmålsslåg, skördenivåer och område.**

	Höstvete		Havre		Korn	
	syd	öst och väst	syd	öst och väst	syd	öst och väst
Mineragödsel-N	140	125	85	80	90	80
Stallgödsel-N, total	19	19	26	26	24	24

Tillförseln av stallgödsel har satts lika för hela landet vilket sannolikt inte överensstämmer verkligheten eftersom särskilt område Öst har förhållandevis mindre djurhållning. Om i medeltal 25 % av kornarealen i hela landet stallgödselades årligen är det mycket troligt att det är en större andel som stallgödselades i södra Sverige än i Mälardalen. Detta har inte beaktats p.g.a. Gödselstatistiken inte redovisar stallgödsling uppdelat på olika spannmålsgrödor i olika delar av landet.

#### 4.2.6 Gödsling – fosfor (P) och kalium (K)

Fosfor och kalium (särskilt P) kan förrådsgödsas vilket framgår av gödselstatistiken där runt 70 % av arealen gödslades med P från handelsgödsel och/eller stallgödsel 2005. Det är av intresse att beskriva hur mycket ändlig gödselresurs som årligen används i spannmålsproduktionen och därför har den totala användningen av P- och K-gödsel i landet fördelats på hela arealen för respektive gröda (SCB 2006b). Denna uppgift har använts som indata för PK-gödsling i medeltal, se Tabell 4.16.

**Tabell 4.16: Medelanvändning av P och K (kg per ha) som antagits för databasen, baserat på spannmålsslag.**

	Höstvete	Havre	Korn
Mineralgödsel, P	10	7	7
Mineralgödsel, K	13	11	13

#### 4.2.7 Kväve i skörderester

Tillförsel av kväve i skörderester tillför marksystemet kväve och har betydelse för markens avgång av lustgas (direkta emissioner). Andelen halm som nedbrukas för olika grödor och i olika områden har skattats av SCB (1999). Vid beräkning av bortförd halm har antagits att halmskörden är lika stor som kärnskörden (beräknat på torrsubstans).

**Tabell 4.17: Procent (%) av arealen där halm nedbrukas, baserat på spannmålsslag och olika områden.**

	Höstvete		Havre		Korn	
	syd	öst och väst	syd	öst och väst	syd	öst och väst
% av areal där halm nedbrukas	60	80	65	75	50	75

Kväve i nedbrukat halm, samt övriga ovanjordiska och underjordiska skörderester beräknades enligt IPCC:s riktlinjer för beräkning av direkta N<sub>2</sub>O-emissioner från mark (IPCC 2006). Kväve nedbrukat med skörderester beräknades till 37 – 40 kg N per ha för korn och havre och 52 – 54 kg N per ha för höstvete.

#### 4.2.8 Kväveläckage

Kväveutlakningens storlek beror på naturgivna förutsättningar och därmed varierar den mellan olika odlingsplatser. Viktiga faktorer som påverkar är jordart, nederbörd och temperatur. Genom odlingsåtgärder påverkas lantbrukaren genom utlakningen:

- tidpunkt för bearbetning,
- gödselgiva i förhållande till grödans behov,
- tidpunkt och teknik för spridning av stallgödsel,
- höstväxande grödors kväveupptag samt
- grödors kväveefterverkan.

De naturgivna förutsättningarna definieras som grundutlakningen (Aronsson & Torstensson, 2004). På en lättlera (15-25 % lerhalt) ligger denna runt 25 – 30 kg N per ha i Mälardalen (Öst), 30 – 40 kg N per ha i Västra Götaland och 30 – 38 kg N per ha i Skåne. Aronsson & Torstensson (2004) har gjort en modell för utlakningsberäkning där odlingsåtgärderna beaktas. I modellen kan spannmålsodling sägas vara normgröda medan andra grödor, såsom

ärter kan leda till ett möjligt ökat läckage efter grödan. Enligt gödselstatistiken är stallgödseln som tillförs höstvetet till 65 % lagd på hösten och 35 % på våren (SCB 2006b). Med denna spridningsteknik beaktad, samt att 20 % av arealen stallgödsas har ett rimligt N-läckage i höstvetet på lättlera skattats till:

Öst: 27 kg N per ha

Väst: 37 kg N per ha

Syd: 37 kg N per ha

Enligt gödselstatistiken läggs ca 75 % av stallgödseln på våren till korn och havre, resten på hösten framförallt sent (SCB 2006b). Med detta beaktat samt att ca 25 % av arealen stallgödsas har ett rimligt N-läckage i korn och havre på lättlera skattats till:

Öst: 25 kg N per ha

Väst: 36 kg N per ha

Syd: 36 kg N per ha

#### 4.2.9 Ammoniakavgång

Utifrån uppgifter i gödselstatistiken om stallgödselspridning har vi antagit att en giva om 20 ton stallgödsel sprids med ett innehåll av ammoniumkväve om 2,5 kg  $\text{NH}_4\text{-N}$  per ton stallgödsel vilket innebär att 50 kg  $\text{NH}_4\text{-N}$  per ha sprids om ett medeltal. Vi har antagit en EF om 20 % (Karlsson & Rodhe, 2002) för en vanlig spridningsmetodik (bandspridning på våren, nedbrukning 5-24 tim höst). Ammoniakavgången blir därmed 10 kg  $\text{NH}_3\text{-N}$  per ha men eftersom bara en mindre andel av höstvetet stallgödsas beräknas avgången till i medeltal 3 kg  $\text{NH}_3\text{-N}$  per ha. För mineralgödselkvävet har 1 % av tillfört N antagits förlorats. I medeltal har en ammoniakförlust motsvarande 3 – 4 kg  $\text{NH}_3\text{-N}$  per ha antagits i höstvetet.

Motsvarande beräkning gjordes för stallgödselspridningen i havre och korn. Här gödslades en något större andel av arealen med stallgödsel men EF vid spridning sattes något lägre 8-15 % än vid användning i höstvetet. Ammoniakförlusterna beräknades till ca 3 kg  $\text{NH}_3\text{-N}$  per ha i medeltal för korn och havre.

#### 4.2.10 Fosforläckage

Läckaget av fosfor uppskattades till ca 0,4 kg P per ha i Skånes slättbygder (Syd), 0,6 kg P per ha i Svealands slättbygd (Öst) och 0,56 kg P per ha på slättbygderna i Västra Götaland (Väst). De regionala skillnaderna beror framförallt på skillnad i jordarter där lerorna i Svealand generellt har något högre P-förluster än de mer varierande jordarna i Sydsverige. Av det totala fosforläckaget beräknas 0,13 kg P per ha vara bakgrundsläckage i Skåne, 0,24 kg P per ha i Svealand och 0,21 kg P per ha i Västra Götaland, dvs ett fosforläckage som sker oavsett om man odlar eller inte. I indata har vi dock inte avräknat bakgrundsläckaget utan satt hela förlusten som en årlig förlust orsakad av odlingen i de olika regionerna. Uppgifterna i detta avsnitt bygger på nya modellberäkningar från avdelningen för vattenvårdslära, SLU (Johnsson et al, 2007).

#### 4.2.11 Bekämpningsmedel

Bekämpningsmedelsanvändningen för höstvetet är uppskattad med utgångspunkt från Cederberg et al (2007) som har sammanställt verklig bekämpning i Sigill-höstvetet under åren 2002 – 2004 uppdelad för områdena Skåne, Västra Götaland och Mälardalen. Förutom

applicerad mängd aktiv substans (a.s.), finns bekämpningsmedelsanvändningen här dessutom beskriven som dosyteindex, DYI, för att ge en bild av intensiteten i användningen av bekämpningsmedel. Ett DYI (eller en hektardos) är när hela arealen behandlas med normal dos av en produkt.

Skattningarna för havre baseras på Jordbruksstatistisk årsbok (SJV 2007). Användningen av herbicid sker på 80 % av havrearealen (410 g per ha). För syd har här antagits en medeldos om 400 g per ha och för öst och väst 300 g per ha. Bekämpning av svampsjukdomar sker endast på 9 % av arealen (140 g per ha). Här har användningen skattats till 10 % av arealen i syd, en medeldos om 14 g per ha, och 8 % av arealen i väst och öst, motsvarande en medeldos om 11 g per ha. Användningen av insekticider sker på 13 % av arealen (70 g per ha). För syd har här antagits att 20 % av arealen är behandlad och 10 % för väst och öst. Detta ger en medeldos om 14 g per ha i syd och 7 g per ha i väst och öst.

Även skattningarna för korn baseras på Jordbruksstatistisk årsbok (SJV 2007). Av kornarealen besprutas 87 % med herbicid (470 g per ha). Här i databasen har antagits att 500 g per ha herbicid används i syd och 400 i väst och öst. För att bekämpa svamp besprutas 29 % av kornarealen med 200 g per ha. Här har det antagits att 50 % av arealen i syd och 25 % av arealen i väst och öst besprutas med en medeldos om ca 100 g per ha i syd och 50 g per ha i väst och öst. Användningen av insekticider sker på samma sätt som för havre, 13 % av arealen besprutas (70 g per ha) och här har antagits att 20 % av arealen är behandlad i syd och 10 % för väst och öst, vilket ger en medeldos om 14 g per ha i syd och 7 g per ha i väst och öst.

I Tabell 4.18 nedan redovisas en sammanställning av de data för bekämpningsmedelsanvändning som har använts i beräkningarna.

**Tabell 4.18: Sammanställning av de data som används för bekämpningsmedelsanvändning i den här databasen, uppdelat på spannmålsslag och område.**

	Höstvete			Havre		Korn	
	syd	väst	öst	syd	väst och öst	syd	väst och öst
Herbicider							
gram a.s.	800	240	175	400	300	500	400
DYI	1,25	1	1,1	-	-	-	-
Fungicider							
gram a.s.	300	150	120	14	11	100	50
DYI	0,8	0,5	0,4	-	-	-	-
Insekticider							
gram a.s.	12	3	4	14	7	14	7
DYI	0,75	0,2	0,3	-	-	-	-

En sammanfattning av alla inflöden och utflöden, uppdelat på de olika områdena, för respektive spannmål redovisas i nedanstående avsnitt.

### Transport av spannmål till foderfabrik

Transport av spannmål till foderfabrik antas ske med lastbil (90 % lastgrad) och avståndet är uppskattat till 150 km (Bilaga 1).



#### 4.2.12 Höstvetete, sammanfattning

I Tabell 4.19 nedan sammanfattas alla inflöden och utflöden för odling och torkning av ett hektar höstvetete, uppdelat på tre olika områden i Sverige: Skåne, Västra Götaland och Mälardalen.

**Tabell 4.19: Sammanställning av inflöden och utflöden för odling och torkning av ett ha höstvetete för olika områden i Sverige.**

<b>VETE (per ha)</b>		<b>Skåne</b>	<b>Västra Götaland</b>	<b>Mälardalen</b>
<b>INFLÖDEN</b>				
<i>Energi</i>				
Diesel	MJ	2 988	2 988	2 988
Olja (torkning)	MJ	1 368	2 016	2 016
El (torkning)	kWh	132	113	113
<i>Handelsgödsel</i>				
N	kg	140	125	125
P	kg	10	10	10
K	kg	13	13	13
<i>Stallgödsel</i>				
N	kg	19	19	19
<i>Pesticider</i>				
Herbucid (a.s.)	kg	0,8	0,24	0,18
Fungicid (a.s.)	kg	0,3	0,15	0,12
Insekticid (a.s.)	kg	0,012	0,003	0,004
<i>Övrigt</i>				
Utsäde	kg	200	220	220
Smörjolja	MJ	296	296	296
<b>UTFLÖDEN</b>				
<i>Emissioner till luft</i>				
N <sub>2</sub> O <sub>direkt</sub>	kg	3,3	3,1	3,1
N <sub>2</sub> O <sub>indirekt</sub>	kg	0,5	0,48	0,37
NH <sub>3</sub>	kg	4,9	3,6	3,6
<i>Emissioner till vatten</i>				
NO <sub>3</sub>	kg	164	164	120
P	kg	0,4	0,56	0,6
<i>Produkt</i>				
Vete	kg	7 000	6 000	6 000

#### 4.2.13 Havre, sammanfattning

I Tabell 4.20 nedan sammanfattas alla inflöden och utflöden för odling och torkning av ett hektar havre, uppdelat på tre olika områden i Sverige: Skåne, Västra Götaland och Mälardalen.

**Tabell 4.20: Sammanställning av inflöden och utflöden för odling och torkning av ett ha havre för olika områden i Sverige.**

<b>HAVRE (per ha)</b>		<b>Skåne</b>	<b>Västra Götaland</b>	<b>Mälardalen</b>
<b>INFLÖDEN</b>				
<i>Energi</i>				
Diesel	MJ	2 808	2 808	2 772
Olja (torkning)	MJ	972	1 332	1 296
El (torkning)	kWh	94	75	75
<i>Handelsgödsel</i>				
N	kg	85	80	80
P	kg	7	7	7
K	kg	11	11	11
<i>Stallgödsel</i>				
N	kg	26	26	26
<i>Pesticider</i>				
Herbucid (a.s.)	kg	0,4	0,3	0,3
Fungicid (a.s.)	kg	0,014	0,011	0,011
Insekticid (a.s.)	kg	0,014	0,007	0,007
<i>Övrigt</i>				
Utsäde	kg	180	180	180
Smörjolja	MJ	278	278	274
<b>UTFLÖDEN</b>				
<i>Emissioner till luft</i>				
N <sub>2</sub> O <sub>direkt</sub>	kg	2,4	2,3	2,3
N <sub>2</sub> O <sub>indirekt</sub>	kg	0,47	0,47	0,33
NH <sub>3</sub>	kg	3,6	3,6	2,4
<i>Emissioner till vatten</i>				
NO <sub>3</sub>	kg	159	159	111
P	kg	0,4	0,56	0,6
<i>Produkt</i>				
Havre	kg	5 000	4 000	3 900

#### 4.2.14 Korn, sammanfattning

I Tabell 4.21 nedan sammanfattas alla inflöden och utflöden för odling och torkning av ett hektar korn, uppdelat på tre olika områden i Sverige: Skåne, Västra Götaland och Mälardalen.

**Tabell 4.21: Sammanställning av inflöden och utflöden för odling och torkning av ett ha för olika områden i Sverige.**

<b>KORN (per ha)</b>		<b>Skåne</b>	<b>Västra Götaland</b>	<b>Mälardalen</b>
<b>INFLÖDEN</b>				
<i>Energi</i>				
Diesel	MJ	2 808	2 808	2 808
Olja (torkning)	MJ	1 008	792	792
El (torkning)	kWh	98	77	77
<i>Handelsgödsel</i>				
N	kg	90	80	80
P	kg	7	7	7
K	kg	13	13	13
<i>Stallgödsel</i>				
N	kg	24	24	24
<i>Pesticider</i>				
Herbucid (a.s.)	kg	0,5	0,4	0,4
Fungicid (a.s.)	kg	0,1	0,05	0,05
Insekticid (a.s.)	kg	0,014	0,007	0,007
<i>Övrigt</i>				
Utsäde		180	180	180
Smörjolja	MJ	278	278	278
<b>UTFLÖDEN</b>				
<i>Emissioner till luft</i>				
N <sub>2</sub> O <sub>direkt</sub>	kg	2,4	2,2	2,2
N <sub>2</sub> O <sub>indirekt</sub>	kg	0,47	0,47	0,35
NH <sub>3</sub>	kg	3,6	3,6	2,4
<i>Emissioner till vatten</i>				
NO <sub>3</sub>	kg	159	159	120
P	kg	0,4	0,56	0,6
<i>Produkt</i>				
Korn	kg	5 200	4 100	4 100

### 4.3 Proteinkraftfoder

De olika proteinfoder som redovisas i avsnittet är: sojamjöl, ExPo, rapsfrö, majs glutenmjöl samt ärter och åkerbönor. De olika produkterna beskrivs i detalj i avsnitten nedan.

#### 4.3.1 Soja

Data för odling av sojaböna har hämtats från tidigare arbeten (Cederberg & Flysjö, 2004) samt Ecoinvent (2007). Ecoinvent nyligen publicerade databas inkluderar numera även emissioner av koldioxid orsakad av kolförluster från mark efter avskogning. Dessa data bygger på Fearnside (2000) och ger att 12,3 ton C per ha förloras från mark på grund av ändrad markanvändning (från regnskog till jordbruksmark) i Brasilien. Observera att endast kol från mark ingår och inte utsläpp av koldioxid i samband med förbränning av regnskog för erhållandet av ny odlingsmark (s k "slash and burn").

För skördenivåer används samma data som i Ecoinvent (2007), vars uppgifter kommer från FAOSTAT (2006), och grundas på ett medelvärde för åren 2001-2005 motsvarande 2544 kg sojabönor per ha. En utsädesmängd på 70 kg per ha har antagits (Ecoinvent, 2007).

Data för handelsgödselanvändning har hämtats från Ecoinvent (2007) och vid jämförelse stämmer dessa mycket väl överens med Cederberg & Flysjö (2004). Ytterligare har 500 kg kalk per ha också antagits, i enlighet med Cederberg & Flysjö (2004). För användning av pesticider har data hämtats från Cederberg & Flysjö (2004). Dieselanvändning vid fältarbete motsvarar 65 liter per ha (Cederberg & Flysjö, 2004). För torkning av sojabönor har data hämtats från Schmidt (2007), där sojabönorna antas torkas med två procentenheter och 5 MJ per kg borttorkat vatten antas. Den borttorkade vattenmängden beräknas här till 51 kg och för detta åtgår 255 MJ. Denna energianvändning antas motsvara en 1/3-del el och 2/3-delar olja.

Data för direkta och indirekta emissioner av lustgas har uppdaterats här utifrån IPCC:s riktlinjer från 2006 vilket innebär att biologisk kvävefixering i leguminosor inte skall beräknas som ett inflöde av kväve till marksystemet utan endast beaktas mängden kväve som nedbrukas i skörderesterna. Rochette & Janzen (2005) gjorde nyligen en större översikt av direkta N<sub>2</sub>O-utsläpp från odling av leguminosor och här ingick ett stort antal observationer från sojaodlingar i USA och Canada. Översikten visar att en rimlig emission i ettåriga leguminosor dit sojan hör är 1 kg N<sub>2</sub>O-N per ha och år. Detta värde skall ungefärligen motsvara den N<sub>2</sub>O-avgång som sker när sojans kväverika skörderester omsätts i marken. Data för övriga emissioner och läckage har hämtats från Ecoinvent (2007).

En sammanställning av de data som har använts här visas i Tabell 4.22.

**Tabell 4.22: Sammanställning av inflöden och utflöden för odling och torkning av ett ha sojabönor i Brasilien.**

<b>SOJA (per ha)</b>			
<b>INFLÖDEN</b>			
<i>Energi</i>			
Diesel	MJ	2 340	Cederberg & Flysjö (2004)
Olja	MJ	170	Schmidt (2007)
El	MJ	85	Schmidt (2007)
<i>Handelsgödsel</i>			
N	kg	9	Ecoinvent (2007)
P	kg	29	Ecoinvent (2007)
K	kg	51	Ecoinvent (2007)
Kalk	kg	500	
<i>Pesticider</i>			
Herbucid (a.s.)	kg	1,35	Cederberg & Flysjö (2004)
Fungicid (a.s.)	kg	0,050	Cederberg & Flysjö (2004)
Insekticid (a.s.)	kg	0,235	Cederberg & Flysjö (2004)
<i>Övrigt</i>			
Utsäde	kg	70	Ecoinvent (2007)
Smörjolja	MJ	232	Schmidt (2007)
<b>UTFLÖDEN</b>			
<i>Emissioner till luft</i>			
N <sub>2</sub> O <sub>direkt</sub>	kg	1,57	IPCC (2006) och Rochette & Janzen (2005)
N <sub>2</sub> O <sub>indirekt</sub>	kg	0,28	IPCC, 2006
NH <sub>3</sub>	kg	2,8	Ecoinvent (2007)
CO <sub>2</sub> (land trans.)*	kg	715	Ecoinvent (2007)
<i>Emissioner till vatten</i>			
NO <sub>3</sub>	kg	93	Ecoinvent (2007)
P	kg	0,87	Ecoinvent (2007)
<i>Produkt</i>			
Sojabönor	kg	2 544	Ecoinvent (2007)

\*mängd CO<sub>2</sub>-emissioner från kol i mark vid transformation från regnskog till åkermark

Efter odlingen antas sojabönorna transporteras 50 km till extraktionen (se Bilaga 1).

### Sojamjöl

Data för extraktion av sojabönor har hämtats från Cederberg (1998). En skillnad mellan Cederberg (1998) och andra studier (Ecoinvent, 2007 samt Schmidt, 2007) är att biobränsle används (för framställning av ånga), medan mer fossila bränslen används i de senare studierna. Vid extraktionen behövs uppskattningsvis 280 kg ånga och för produktion av denna åtgår ca 3,5 MJ per kg (Cederberg, 1998). Biobränsle är den dominerande energikällan för dessa anläggningar i Brasilien (Galerani pers. medd. 1997). Förutom biobränsle används även en del el (brasiliansk medel har använts). Vid utvinningen används även hexane som lösningsmedel. Förlusterna av detta är mellan 0,02 % och 0,06 % (Cederberg, 1998). Här har

0,02 % antagits avgå som emissioner till luft. Data för extraktion av sojabönor redovisas i Tabell 4.23.

**Tabell 4.23: Data för processning av ett ton soja i Brasilien.**

<b>INFLÖDEN</b>		
<i>Material</i>		
Sojabönor	kg	1 000
Hexane	kg	0,4
<i>Energi</i>		
El (nätet)	MJ	166
Biomassa (för ånga)	MJ	973
<b>UTFLÖDEN</b>		
<i>Emissioner**</i>		
Hexane	gram	80
<i>Avfall</i>		
Sojarester	kg	30
<i>Produkter</i>		
Sojaolja	kg	170
Sojamjöl	kg	800

Från 1 000 kg sojabönor fås 170 kg sojaolja och 800 kg sojamjöl. Tabell 4.24 visar priser för de olika produkterna samt mass- och prisallokering.

**Tabell 4.24: Allokering mellan sojaolja och sojamjöl.**

	massallokering %	Världsmarknadspris* (USD per ton)	prisallokering %
Sojaolja	18	1 031	35
Sojamjöl	82	409	65

\*Oil World, November 2007

Ungefär tre fjärdedelar av sojan som importeras till Sverige kommer från delstaten Mato Grosso i inre Brasilien och en fjärdedel från kustområden i södra Brasilien (Kämpe G., pers medd 2003). Transport av sojamjöl kan ske med bil, tåg eller båt på Amazonasfloden. Data för transport av sojamjöl har hämtats från Cederberg & Flysjö (2004) och redovisas i Bilaga 1.

#### 4.3.2 Raps

Två olika svenska rapsprodukter redovisas, dels rapsfrö som inte processas och förädlas utan transporteras direkt till foderfabrik för inblandning i koncentrat och dels värmebehandlat rapsmjöl (ExPro®) vilket erhålls som biprodukt vid extraktion av rapsolja i AAK i Karlshamn. Värmebehandling gör proteinet mer värdefullt som foder för nötkreatur. ExPro® är, utan jämförelse, den största rapsfoderprodukten som produceras i Sverige. Data för rapsfrö och ExPro® har hämtats från en studie av rapsmetylester (Cederberg & Flysjö, 2007) vilken genomförts på uppdrag av Svensk Raps.

### 4.3.2.1 Skördenivåer i olika områden

Liksom för spannmålen har tre skördeområden identifierats (Tabell 4.25) och andelen av den totala arealen för vårraps och höstraps som finns i respektive område har beräknats.

**Tabell 4.25: De tre identifierade skördeområdena för raps i Sverige.**

Område	Län
Öst	Sörmland, Östergötland, Stockholm, Uppsala, Örebro, Västmanland
Väst	Västra Götaland
Syd	Skåne

Nuvarande skördenivåer för höst- respektive vårraps i olika områden i Sverige skattades m h a data om skördenivåer de senaste åren och redovisas i Tabell 4.26.

**Tabell 4.26: Nuvarande skördenivåer (kg per ha) för höst- och vårraps i Sverige.**

Område	Höstraps	Vårraps
Öst	3 050	2 100
Väst	3 150	2 100
Syd	3 300	2 100

För att kunna beräkna hur den raps som levereras till Karlshamn produceras i genomsnitt, har en sammansättning av ”medel-tonnet” rapsfrö beräknats vilken grundar sig på skördenivåer, hur odlingen fördelas mellan olika delar av landet och mellan höst- och vårform (Tabell 4.27).

**Tabell 4.27: Skattning av sammansättning av ”medeltonnet” rapsfrö i Sverige**

Område	Höstraps	Vårraps	Totalt
Öst	0,14	0,28	0,42
Väst	0,13	0,13	0,26
Syd	0,28	0,038	0,33
Totalt	0,55	0,45	1

### 4.3.2.2 Direkt energianvändning för fältarbete

Uppgifter för dieselanvändningen för de olika momenten i odlingen har hämtats från bidragskalkyler från Hushållningssällskapen Skåne och Halland samt Odling i Balans' databas (Törner L, pers medd 2007).

**Tabell 4.28: Dieselanvändning för olika maskinfunktioner (liter per ha).**

Åtgärd	höstraps	vårraps
Jordbearb, plöjning	45	45
Sådd, Rapid	8	8
Stallgödselspridning	4 (ca 25 % av arealen)	3 (ca 20 % av arealen)
Gödsling+växtskydd	11	8
Tröskning+trp	22	22
Totalt	90	86

Ytterligare har 6 liter diesel per ha lagts till för tillsyn av fält mm baserat på uppgift från Schmidt (2007). Enligt Dalgaard et al (2001) är mängden smörjolja proportionell mot dieselanvändningen. Användning av smörjolja har satts till 0,0024 kg smörjolja per MJ diesel (Schmidt 2007)

#### 4.3.2.3 Torkning och hantering av raps

Data om olje- och elbehov vid torkning har hämtats från Edström et al (2005). För varje kg borttorkat vatten åtgår 0,15 liter olja och för varje ton rapsfrö används även 18 kWh el vid torkningen. Vattenhalterna i höstraps torkas i medeltal ned från 12,5 % till 9 % och för vårraps från 14 % till 9 % (Biärsjö J, pers medd 2007).

#### 4.3.2.4 Utsäde

Utsädet har beräknats genom att räkna skörden som nettoskörd efter avdragen utsädesmängd. I medeltal används mellan 5 och 7 kg utsäde per ha beroende på höst/vårform.

#### 4.3.2.5 Gödsling – kväve (N)

Källa för detta avsnitt är gödselmedelsstatistiken vilken avser odlingsåret 2005 (SCB 2006b) och i denna redovisas gödslingen för olika grödor, men inte uppdelad mellan olika regioner. För höstraps anges att 94 % av arealen gödglas och denna areal tillförs totalt 159 kg växttillgängligt N per ha, varav 149 kg N per ha är mineralgödsel och 10 kg N per ha är stallgödselkväve (som ammoniumkväve). Denna medelgiva för höstraps har justerats något för de olika skördenivåerna i södra, östra och västra Sverige. Tillförseln med stallgödselkväve räknat som totalkväve är i medeltal 26 kg total-N per ha (SCB 2006b). För vårraps anger statistiken att 96 % av arealen gödglas och att mineralgödselgivan på denna areal är 113 kg N per ha. Eftersom vi har satt samma medelskörd för vårraps i hela landet får denna N-giva gälla för hela landet. 19 % av vårrapsarealen gödglas med stallgödsel vilket anges till en medelgiva på all areal om 10 kg total-N per ha i stallgödsel (se vidare Tabell 4.29)

**Tabell 4.29: Medelgiva av kvävegödsel för höstraps, kg N per ha, (skattad efter skördenivå för höstraps) och enligt gödselstatistik för vårraps**

	Höstraps			Vårraps
	syd	väst	öst	alla
Mineragödsel-N	160	140	140	113
Stallgödsel-N, total	26	26	26	10
Total tillförsel	186	166	166	123

#### 4.3.2.6 Gödsling – fosfor (P) och kalium (K)

Gödselmedelsstatistiken (SCB 2006b) visar att av den fosforgödsel som tillförs höstraps kommer ungefär hälften från stallgödsel och resten från mineralgödsel, medan för vårraps är andelen mindre (ca 25 % från stallgödsel). När den totala mängden förbrukad mineralgödsel fosfor fördelas på arealen blir medelanvändningen 10-12 kg P per ha och år (Tabell 4.30). Motsvarande beräkning för kaliumgödsel innebär en medelgiva om ca 17 kg K per ha och år (Tabell 4.30).



**Tabell 4.30: Medelanvändning av mineralgödsel, fosfor och kalium (kg per ha) för höst- respektive vårraps.**

	Höstraps	Vårraps
Mineralgödsel, fosfor (P)	10	12
Mineralgödsel, kalium (K)	17	16

#### 4.3.2.7 Kväve i skörderester

Tillförsel av kväve i skörderester tillför marksystemet kväve och har betydelse för markens avgång av lustgas (direkta emissioner). Kväve nedbrukat i skörderester beräknades till 52 kg N per ha för höstraps i syd, 48 kg N per ha för höstraps i väst och öst samt 36 kg N per ha för vårraps (Cederberg & Flysjö, 2007).

#### 4.3.2.8 Kväveläckage

Enligt Aronsson & Torstenssons (2004) modell i växtföljd med raps (15-25 % ler, lättlera) beräknas N-läckage för syd till 38 kg N per ha vilket kan relateras till verkligt uppmätt läckage i höstrapsodling vid Lönnstorp 1993 – 2002 om 35 kg N per ha. Data saknades för väst och här användes då samma värden som för syd. Det skattade N-läckaget för östra regionen bygger på beräkningar med Aronsson & Torstenssons modell vid Odling i Balans växtodlingsgårdar i Enköpingsområdet (Törner, L pers medd, 2007). Data för de beräknade kväveförlusterna framgår av Tabell 4.31.

**Tabell 4.31: Skattat kväveläckage i odlingen (kg N per ha).**

Område	Höstraps	Vårraps
Öst	20	20
Väst	38	38
Syd	38	38

#### 4.3.2.9 Ammoniakavgång

Stallgödseln i höstraps beräknas från gödselstatistikens uppgifter uppgå till ca 25 ton per ha på ca 25 % av arealen. Innehållet av  $\text{NH}_4\text{-N}$  skattas till 3 kg N per ton och att den mesta gödseln myllas inom 4 tim, förlusten skattas till 10% av ammoniumkväve. Av tillförd mineral-N skattas 1 – 2 % avgå som ammoniumkväve, den totala förlusten för höstraps blir därmed ca 5 kg  $\text{NH}_3\text{-N}$  per ha och för vårraps något lägre p g a lägre gödselgivor (Tabell 4.32).

**Tabell 4.32: Skattade ammoniakförluster från odlingen (kg  $\text{NH}_3\text{-N}$  per ha).**

Område	Höstraps	Vårraps
Öst	5	4
Väst	5	4
Syd	5	4

#### 4.3.2.10 Fosforläckage

Läckaget av fosfor uppskattades till ca 0,4 kg P per ha i Skånes slättbygder (Syd), 0,6 kg P per ha i Svealands slättbygd (Öst) och 0,56 kg P per ha på slättbygderna i Västra Götaland (Väst). De regionala skillnaderna beror framförallt på skillnad i jordarter där lerorna i Svealand generellt har något högre P-förluster än de mer varierande jordarna i Sydsverige. Av det totala fosforläckage beräknas 0,13 kg P per ha vara bakgrundsläckage i Skåne, 0,24 kg P per ha i Svealand och 0,21 kg P per ha i Västra Götaland, d v s ett fosforläckage som sker oavsett om man odlar eller inte. I indata har vi dock inte avräknat bakgrundsläckaget utan satt hela förlusten som en årlig förlust vid odlingen i de olika regionerna. Uppgifterna i detta avsnitt bygger på nya modellberäkningar från avdelningen för vattenvårdslära, SLU (Johnsson et al, 2007).

#### 4.3.2.11 Bekämpningsmedel

En nyligen genomförd intervjuundersökning om användning av bekämpningsmedel i rapsodling har nyligen genomförts och publicerats i Jordbruksstatistisk Årsbok (SJV 2007), se Tabell 4.33.

Tabell 4.33: Användning av bekämpningsmedel i medeltal för oljeväxter 2006 (kg aktiv substans per ha).

	Höstraps	Vårraps
Herbicider	0,69	0,19
Fungicider	0,042	0,008
Insekticider	0,07	0,09

#### 4.3.2.12 Växtföljdseffekt

God växtföljd, så som att odla oljeväxter före höstvetete, kan ge flera positiva effekter. Tex kan både dieselanvändningen (tack vare reducerad jordbearbetning) och kvävegödslingen minska. Dessutom ger oljeväxter eller arter som förfrukt en ökad skörd med ca ett ton per ha för den efterföljande vetegrödan, jämfört med om havre hade varit förfrukt (Svensk Frötidning 2005).

Förfruktseffekterna p g a oljeväxter jämfört med spannmål som förfrukt till höstvetete kvantifieras här till 20 l diesel per ha inbesparad bränsle i jordbearbetningen till efterföljande vetegröda och till 25 kg N per ha minskad handelsgödsel p g a lägre kvävegödsloptimum i efterföljande vetegröda (Cederberg & Flysjö 2007). Energianvändning och utsläpp av växthusgaser för dessa slupna miljöeffekter krediteras oljeväxterna.

#### 4.3.2.13 Höstrapsodling, sammanfattning

En sammanfattning av alla inflöden och utflöden, uppdelat på de olika områdena, för höstraps (Tabell 4.34) respektive vårraps (Tabell 4.35) redovisas i nedanstående avsnitt.

Tabell 4.34: Sammanställning av inflöden och utflöden för odling och torkning av ett ha höstraps för olika områden i Sverige.

<b>RAPS (per ha)</b>		<b>Syd</b>	<b>Väst</b>	<b>Öst</b>
<b>INFLÖDEN</b>				
<i>Energi</i>				
El (utsäde)	kWh	1	1	1
Trp (utsäde)	tkm	0,65	0,65	0,65
Diesel	MJ	3 456	3 456	3 456
Olja (torkning)	MJ	698	680	659
El (torkning)	kWh	59	57	55
<i>Handelsgödsel</i>				
N	kg	160	140	140
P	kg	10	10	10
K	kg	17	17	17
<i>Stallgödsel</i>				
N	kg	26	26	26
<i>Pesticider</i>				
Herbucid (a.s.)	kg	0,69	0,69	0,69
Fungicid (a.s.)	kg	0,042	0,042	0,042
Insekticid (a.s.)	kg	0,07	0,07	0,07
<i>Övrigt</i>				
Utsäde		6,6	6,6	6,6
Smörjolja	MJ	324	324	324
<b>UTFLÖDEN</b>				
<i>Emissioner till luft</i>				
N <sub>2</sub> O <sub>direkt</sub>	kg	3,7	3,4	3,4
N <sub>2</sub> O <sub>indirekt</sub>	kg	0,54	0,54	0,33
NH <sub>3</sub>	kg	7,4	6,9	6,9
<i>Emissioner till vatten</i>				
NO <sub>3</sub>	kg	168	133	89
P	kg	0,4	0,56	0,6
<i>Produkt</i>				
Höstraps	kg	3 300	3 150	3 050

#### 4.3.2.14 Vårropsodling, sammanfattning

Tabell 4.35: Sammanställning av inflöden och utflöden för odling och torkning av ett ha vårrops för olika områden i Sverige.

<b>RAPS (per ha)</b>		<b>Syd</b>	<b>Väst</b>	<b>Öst</b>
<b>INFLÖDEN</b>				
<i>Energi</i>				
El (utsäde)	kWh	1,5	1,5	1,5
Trp (utsäde)	tkm	0,91	0,91	0,91
Diesel	MJ	3 312	3 312	3 312
Olja (torkning)	MJ	648	648	648
El (torkning)	kWh	38	38	38
<i>Handelsgödsel</i>				
N	kg	113	113	113
P	kg	12	12	12
K	kg	16	16	16
<i>Stallgödsel</i>				
N	kg	10	10	10
<i>Pesticider</i>				
Herbucid (a.s.)	kg	0,19	0,19	0,19
Fungicid (a.s.)	kg	0,008	0,008	0,008
Insekticid (a.s.)	kg	0,09	0,09	0,09
<i>Övrigt</i>				
Utsäde	kg	9,3	9,3	9,3
Smörjolja	MJ	310	310	310
<b>UTFLÖDEN</b>				
<i>Emissioner till luft</i>				
N <sub>2</sub> O <sub>direkt</sub>	kg	2,5	2,5	2,5
N <sub>2</sub> O <sub>indirekt</sub>	kg	0,51	0,51	0,3
NH <sub>3</sub>	kg	4,6	4,6	4,6
<i>Emissioner till vatten</i>				
NO <sub>3</sub>	kg	168	168	89
P	kg	0,4	0,56	0,6
<i>Produkt</i>				
Vårrops	kg	2 100	2 100	2 100

Från odlingen transporteras oljeväxterna (med traktor, tom retur) till uppsamlingscentral ca 5 km.

#### 4.3.2.15 Rapsfrö

För rapsfrö sker ingen ytterligare processning, utan dessa transporteras direkt från spannmålmottagningen till foderfabrik. Transporten antas ske med lastbil (90% lastgrad) och avståndet är uppskattat till 150 km (Bilaga 1).

#### 4.3.2.16 ExPro® (rapsmjöl)

Från spannmålmottagningen transporteras oljeväxterna sedan vidare till Karlshamn. Medelavståndet från södra Sverige till Karlshamn beräknas till 150 km och sker med tung lastbil (40 ton, 70 % lastgrad antas). Även transport från västra Sverige sker med lastbil (40 ton, 70 % lastgrad antas) och avståndet är uppskattat till 340 km. Från östra Sverige sker ca 70 % av transportererna med lastbil (40 ton, 70 % lastgrad antas) och ca 30 % med båt. Alla transportdata finns även beskrivna i Bilaga 1.

Vid AAK i Karlshamn pressas och extraheras rapsfröna till rapsolja och rapsmjöl. I det första steget, pressningen, pressas fröna genom en skruvpress där oljan avskiljs och resten, presskakan, går vidare till extraktionssteget. Extraktionen av presskakan sker med hjälp av hexan och förutom olja fås även rapsmjöl. Hexanet återanvänds inom fabriken, men ca 0,4 kg hexane per ton rapsfrö behöver tillföras och 0,2 kg antas vara utsläpp till luft. Rapsmjölet går sedan igenom en värmebehandling, vilket påverkar proteinets nedbrytbarhet, och produkten ExPro® erhålls. Denna process skapar ett högre värde på produkten jämfört med vanligt rapsmjöl. Den totala energianvändningen för pressning och extraktion är ca 918 MJ per ton rapsfrö (el, naturgas samt biobränsle, fördelningen mellan dessa är dock konfidentiell). Under de senare åren har biobränsle ersatt naturgas i allt större utsträckning och fördelningen som använts här är 20 % naturgas och 80 % biobränsle (pers. medd. Broberg, 2007).

För fördelningen av miljöbelastning mellan rapsolja och foderprodukten ExPro® används prisallokering. I Tabell 4.36 visas både mass- och prisallokering för rapsolja och ExPro®. Eftersom ExPro® har ett högre värde än vanligt rapsmjöl, har data för fördelningen mellan de två produkterna erhållits från AAK (Broberg, pers medd 2007) och inte från nuvarande världsmarknadspris.

**Tabell 4.36: Mass- och prisallokering för rapsolja och ExPro®.**

	massallokering	prisallokering
	%	%
Rapsolja	42	72
ExPro®	58	28

Från Karlshamn transporteras ExPro® till foderfabriken, se Bilaga 1.

#### 4.3.3 Majs glutenmjöl

Majs glutenmjöl som används i Sverige är av europeiskt ursprung, eftersom GMO inte får användas i fodret (GMO-majs odlas i USA). Majs glutenmjöl är en väldigt proteinrik foderingrediens (> 60 % protein) som är en biprodukt vid extraktion av majsstärkelse. Odling av majs sker i stor utsträckning i Frankrike och data för odling som använts i studien är

representativa för Bretagne i västra Frankrike. Skördenivåer baseras på medeltal mellan 1996-2000 och sammanställning av data är från 2002 från INRA (van der Werf, H., pers medd 2007).

**Tabell 4.37: Odlingsdata för majs i Bretagne, Frankrike.**

<b>MAJS (per ha)</b>		
<b>INFLÖDEN</b>		
<i>Energi</i>		
Diesel	MJ	3 915
<i>Handelsgödsel</i>		
N	kg	100
P	kg	22
K	kg	25
kalk	kg	335
<i>Pesticider</i>		
Herbucid (a.s.)	kg	3,3
Fungicid (a.s.)	kg	-
Insekticid (a.s.)	kg	0,23
<b>UTFLÖDEN</b>		
<i>Emissioner till luft</i>		
N <sub>2</sub> O <sub>direkt</sub>	kg	3,5
N <sub>2</sub> O <sub>indirekt</sub>	kg	-
NH <sub>3</sub>	kg	2,4
<i>Emissioner till vatten</i>		
NO <sub>3</sub>	kg	177
P	kg	0,22
<i>Produkt</i>		
Majs (netto)	kg	7 580

Processningen av majs inkluderar torkning av majs, extraktion av majsstärkelse samt torkning av stärkelsen. Energin samt emissioner för att processa ett ton majs redovisas i Tabell 4.38. För elen används europeisk medel och gasen antas vara naturgas.

**Tabell 4.38: Data för processning av ett ton majs.**

per 1 ton majs		
<i>Energi</i>		
El	kWh	245
Gas	MJ	5 900
<i>Emissioner</i>		
BOD	gram	0,61
COD	gram	3,1

Från 1 000 kg majs fås 950 kg produkter (86 % TS): majsstärkelse (630 kg), *maize-glutenfeed* (eng) (200 kg), majs glutenmjöl (50 kg) samt *maize-germmeal* (eng) (70 kg). Tabell 4.39 visar priser för de olika produkterna samt mass- och prisallokering.

**Tabell 4.39: Allokering mellan majsstärkelse och dess biprodukter.**

	massallokering %	pris* USD per ton (2001)	pris** USD per ton (2003)	prisallokering % (2001/2003)
Majsstärkelse	66	322	250	53/79
<i>Maize-glutenfeed</i>	21	114	102	6/10
Majsglutenmjöl	5	456	250	6/6
<i>Maize-germmeal</i>	7	1 913	123	35/4

\*van der Werf, H., pers medd 2007

\*\*Pelletier, N., 2006

Data för transport av majsglutenmjöl har hämtats från Cederberg (1998), dock ändrad för att processningen sker i Frankrike och inte i Belgien. Transporten från Frankrike till hamn i Rotterdam antas ske med lastbil (40 ton, 90 % lastgrad) och sträckan har satts till 700 km, vidare transporteras majsglutenmjölet med båt 1 000 km till foderfabrik (Bilaga 1).

#### 4.3.4 Ärter och åkerbönor

Ärter och åkerbönor redovisas tillsammans i Jordbruksverkets arealstatistik. Odling av åkerbönor har ökat under senare åren på bekostnad av ärtodling, 2006 utgjordes ca 25 % av arealen trindsäd utav åkerbönor och 75 % av ärter. Endast under de senaste åren har skördar av åkerbönor börjat registreras i Jordbruksverkets skördestatistik. Eftersom antalet observationer är så små har vi i denna rapport behandlat ärter och åkerbönor i gemensam grupp med samma skördenivåer.

##### 4.3.4.1 Skördenivåer i olika områden

Liksom för spannmål har tre viktiga skördeområden identifierats i landet (Tabell 4.40). I dessa tre områden fanns knappt 90 % av arealen under åren 2004 – 2006. Under denna treårsperiod varierade den årliga totalarealen ärter/åkerbönor mellan 26 000 – 31 000 ha.

**Tabell 4.40: De tre identifierade skördeområdena för ärter och åkerbönor i Sverige.**

Område	Län
Öst	Stockholm, Uppland, Sörmland, Östergötland, Örebro, Västmanland
Väst	Västra Götaland
Syd	Skåne+Halland

Grödorna ärter och åkerbönor ingår inte i Jordbruksverkets normskördeberäkningar. De använda skördenivåerna har därför skattats efter de faktiska skördenivåerna för åren 2004, 2005 och 2006 (SJV 2007, SJV 2006a, SJV 2005). I motsats till spannmål och höstoljeväxter har område Syd de senaste åren uppvisat lägre medelskördar av ärter/åkerbönor än odlingsområdena Väst och Öst (Tabell 4.41)

**Tabell 4.41: Skattade skördenivåer för ärter/åkerbönor mellan 2004 – 2006 (kg per ha).**

Område	kg per ha
Öst	3 100
Väst	3 200
Syd	2 500

Utsädesmängden är satt till 250 kg per ha för samtliga områden och har beaktats genom en enkel nettoberäkning. Slutlig skörd är satt till den skattade medelskörden efter avdragen utsädesmängd.

#### **4.3.4.2 Direkt energianvändning för fältarbeten**

Dieselanvändning i fältarbeten beräknades med samma princip beskriven under spannmål (Tabell 4.12). Plöjning har förutsatts samt en extra harvning jämfört med spannmål före Rapidsådd. Användningen av diesel skattas till 78 liter per ha för samtliga områden.

#### **4.3.4.3 Torkning**

Torkningen har antagits utföras från 18 % till 14 % vattenhalt i område Syd och från 20 % till 14 % vattenhalt i områdena Öst och Väst. Data om olje- och elbehov vid torkning har hämtats från Edström et al (2005).

#### **4.3.4.4 Gödsling**

Eftersom ärter/åkerbönor är en baljväxt tillförs ingen mineralkvävegödsel. Däremot visar gödselmedelsstatistiken att 14 % av arealen erhöll stallgödsel 2005 (SCB 2006b). Som ett medeltal för hela arealen innebär denna stallgödsling att 18 kg total-N per ha har tillförts och denna input används vid beräkningen av direkta emissioner av lustgas från odlingen.

Totalt förbrukades 100 ton mineralfosforgödsel till drygt 24 000 ha ärter och knappt 20 % av arealen gödslades med mineralfosforgödsel (SCB 2006b). Detta innebär en medelgiva om ca 4 kg P per ha på hela arealen. Denna avrundas uppåt till 6 kg P per ha för konventionella ärter/åkerbönor eftersom det för denna grödgrupp är en förhållandevis stor andel av arealen som är ekologiskt certifierad eller i miljöstödsprogram. 2006 var 16 respektive 56 % av landets ärt- och åkerbönskörden från certifierade odlingar eller miljöstödsodlingar (SJV 2007).

Totalt förbrukades 150 ton mineralkaliumgödsel vilket innebär en medelgiva om drygt 6 kg K per ha. Enligt motsvarande resonemang ovan så avrundas denna giva uppåt till 8 kg K per ha.

#### **4.3.4.5 Kväveläckage**

Markläckaget av kväve vid odling av ärter/åkerbönor har skattats med hjälp av Aronsson & Torstenssons (2004) modell. I beräkningen är det antaget ett grundläckage om 28 kg N per ha i områden Öst och 35 kg N per ha i område Väst och Syd (jordarten har i samtliga fall antagits vara lättlera). En tidig bearbetning efter skörden har antagits eftersom höstveten vanligen odlas efter baljväxter. Vidare har gjorts ett tillägg för N-läckage orsakat av grödans efterverkan vilket är klimat- och områdes beroende. Kväveläckaget har därmed slutligen skattats till 32 kg N per ha i öst, 42 kg N per ha i Väst och 45 kg N per ha i Syd.

#### **4.3.4.6 Ammoniakavgång**

Eftersom stallgödsel tillförs knappt 15 % av ärtarealen med en giva om drygt 50 kg NH<sub>4</sub>-N per ha (SCB 2006b) så beräknas en mindre förlust av ammoniak från medeltalsodlingen. Emissionsfaktorn skattades till 20 % vilket motsvarar en medelförlust sett över hela arealen om ca 1,5 kg NH<sub>3</sub>-N per ha vilket avrundas till 2 kg NH<sub>3</sub>-N per ha.



#### 4.3.4.7 Avgång av lustgas

I den senaste versionen av IPCC:s riktlinjer för beräkning av direkta markemissioner av lustgas ingår inte längre baljväxternas kvävefixering som N-input till marken utan det är istället det kväve som tillförs marksystemet när skörderesterna nedbrukas som är den kritiska faktorn (IPCC 2006). Kväve i skörderesterna som nedbrukas har beräknats till 57 – 70 kg N per ha och varierar med skördenivån. Grunden för beräkningen är IPCC:s riktlinjer Tabell 11.2 (sid 11.17) (IPCC 2006) samt justerat med en högre N-halt i ärthalmen (1,5 % N) som bygger på danska uppgifter (Hogh-Jensen et al, 1998). Med dessa förutsättningar har de direkta förlusterna av lustgas orsakat av ärternas skörderester beräknats till 0,57 – 0,7 kg N<sub>2</sub>O-N per ha. Detta kan jämföras med Rochette & Janssen (2005) som gjorde en stor genomgång av lustgasavgång från baljväxtodling i olika delar av världen. I denna varierade förlusterna från ärter mellan 0,38 – 0,74 kg N<sub>2</sub>O-N per ha och år.

I medeltal tillfördes 18 kg total-N från stallgödsel till ärt/åkerbönsodlingen vilket ger en direkt emission av 0,18 kg N<sub>2</sub>O-N per ha i medeltal.

De indirekta emissionerna (orsakade av förlusterna vid markläckage och ammoniakavgång) beräknas med IPCC:s riktlinjer (IPCC 2006) till 0,25 – 0,35 kg N<sub>2</sub>O-N per ha.

#### 4.3.4.8 Fosforläckage

Markförlusterna av fosfor skattas på samma sätt som för spannmål (se 3.2 10) och sätts till ca 0,4 kg P per ha i område Syd, 0,56 kg P per ha i Väst och 0,6 kg P per ha i Öst.

#### 4.3.4.9 Bekämpningsmedel

Enligt senaste statistiken om bekämpningsmedelsanvändning (SJV 2007) behandlades 79 % av arealen ärter och åkerbönor med 0,86 kg per ha aktiv substans herbicid. Eftersom en förhållandevis stor andel av arealen är ekologisk för denna gröddgrupp antas här att den obehandlade arealen är ekologisk och därför sätts 0,86 kg per ha aktiv substans herbicid som rimligt medeltal för den konventionella trindsädesodlingen.

Ingen användning av fungicider registrerades i odlingarna. 27 % av den totala arealen ärter behandlades med insekticid motsvarande 0,22 kg per ha. Från dessa uppgifter görs en skattning att ca 40 % av den konventionella arealen behandlades, medeldosen på hela arealen beräknas därvid till ca 0,08 kg insekticid per ha.

#### 4.3.4.10 Växtföljdseffekter

God växtföljd, så som att odla baljväxter före höstvetete, kan ge flera positiva effekter. T ex kan både dieselanvändningen (tack vare reducerad jordbearbetning) och kvävegödslingen minska. Dessutom ger en baljväxter som förfrukt en ökad skörd med ca ett ton per ha för den efterföljande vetegrödan, jämfört med om havre hade vart förfrukt (Svensk Frötidning 2005).

Samma data som för rapsen har använts för att beräkna växtföljdseffekterna. Förfruktseffekterna p g a baljväxter jämfört med spannmål som förfrukt till höstvetete kvantifieras här till 20 liter diesel per ha inbesparad bränsle i jordbearbetningen till efterföljande vetegröda och till 25 kg N per ha minskad handelsgödsel p g a lägre

kvävegödseloptimum i efterföljande vetegröda (Cederberg & Flysjö 2007).  
Energianvändning och utsläpp av växthusgaser för dessa slupna miljöeffekter krediteras oljeväxterna.

#### 4.3.4.11 Ärter och åkerbönor, sammanfattning

I Tabell 4.42 redovisas en sammanställning över alla in- och utflöden från odling av ärter/åkerbönor.

Tabell 4.42: In- och utflöden för odling och torkning av ett ha ärter/åkerbönor i olika områden i Sverige.

<b>ÄRTER OCH ÅKERBÖNOR (per ha)</b>		<b>Syd</b>	<b>Västra Götaland</b>	<b>Öst</b>
<b>INFLÖDEN</b>				
<i>Energi</i>				
Diesel	MJ	2 808	2 808	2 808
Olja (torkning)	MJ	648	1 296	1 260
El (torkning)	kWh	56	66	66
<i>Handelsgödsel</i>				
N	kg	0	0	0
P	kg	6	6	6
K	kg	8	8	8
<i>Stallgödsel</i>				
N	kg	18	18	18
<i>Pesticider</i>				
Herbucid (a.s.)	kg	0,86	0,86	0,86
Fungicid (a.s.)	kg	0	0	0
Insekticid (a.s.)	kg	0,08	0,08	0,08
<i>Övrigt</i>				
Utsäde	kg	250	250	250
Smörjolja	MJ	278	278	278
<b>UTFLÖDEN</b>				
<i>Emissioner till luft</i>				
N <sub>2</sub> O <sub>direkt</sub>	kg	1,2	1,4	1,4
N <sub>2</sub> O <sub>indirekt</sub>	kg	0,55	0,51	0,39
NH <sub>3</sub>	kg	2,4	2,4	2,4
<i>Emissioner till vatten</i>				
NO <sub>3</sub>	kg	199	186	142
P	kg	0,4	0,56	0,6
<i>Produkt</i>				
Ärter och åkerbönor	kg	2 500	3 200	3 100

Transport av ärter och åkerbönor från uppsamlingscentral till foderfabrik antas ske med lastbil (40 ton, 90% lastgrad) och sträckan uppskattas vara 150 km (Bilaga 1).

## 4.4 Övrigt

Foderprodukterna som beskrivs i följande avsnitt är: palmkärneexpeller, biprodukter från sockerindustrin, agrodrank, vetekli, fetter samt mineraler.

### 4.4.1 Palmkärneexpeller

Palmkärneexpeller är en foderbiprodukt från framställning av palmolja och palmkärneolja. De största produktionsländerna är Malaysia och Indonesien. Efterfrågan på oljebaserade biobränsle ökar och detta leder till ökad efterfrågan och produktion av palmolja. Data för produktion av palmkärneexpeller har hämtats från Schmidt (2007) och även jämförts med tidigare studie av palmolja (Stadig et al 2000).

Oljepalmen är en perenn växt som blir runt 25 år. Palmodlingen sker i tre steg, där palmplantorna först drivs upp tills de är tillräckligt stora för att planteras ute på fältet (efter ca ett år) och sedan tar det ytterligare ca två år innan det går att skörda fruktklasarna (FFB – fresh fruit bunches). Efter denna inledande period ger oljepalmen en medelskörd om ca 19 ton FFB per ha under resten av sin livslängd (Schmidt, 2007). I Tabell 4.43 redovisas in- och utflöden till palmodling hämtad från denna källa.

Tabell 4.43: In- och utflöden för palmodling i Malaysia

<b>ODLING AV OLJEPALM</b>		<b>per ha och år</b>
<b>INFLÖDEN</b>		
<i>Energi</i>		
Diesel	MJ	2 118
El	MJ	0,053
<i>Handelsgödsel</i>		
N	kg	104
P	kg	30,8
K	kg	169
<i>Pesticider</i>		
Herbucid (a.s.)	kg	2,4
Fungicid (a.s.)	kg	0,31
Insekticid (a.s.)	kg	0,013
<b>UTFLÖDEN</b>		
<i>Emissioner till luft</i>		
N <sub>2</sub> O <sub>direkt</sub>	kg	10,1
N <sub>2</sub> O <sub>indirekt</sub>	kg	-
NH <sub>3</sub>	kg	18,3
CO <sub>2</sub>	kg	1 500
<i>Emissioner till vatten</i>		
NO <sub>3</sub>	kg	353
P	kg	1,6
<i>Produkt</i>		
FFB	kg	18 870

\* mängd CO<sub>2</sub> emissioner från kol i mark, från torvjord

Det relativt höga bidraget av N<sub>2</sub>O beror på att en del av palmodlingen i Malaysia sker på torvjord (ca 4 %). Emissioner av N<sub>2</sub>O har beräknats utifrån IPCC:s modell år 2000 av Schmidt (2007).

Transport av olika insatsmedel har sats till 1 152 tkm lastbil (40ton) och 11 520 tkm (transoceanisk lastfartyg) enligt Schmidt (2007).

Från fruktklasarna erhålls ca 20 % palmolja och 5 % kärnor, resten är tomma fruktklasar, fibrer och skal utan eller med ett mycket lågt värde. Dessa skörderester kan användas till bränsle eller som utfyllnadsmaterial i vägar etc. På ett hektar erhålls ca 3 770 kg palmolja och 1 004 kg palmkärnor. Från palmkärnorna fås 45% palmkärneolja och 52% palmkärneexpeller, vilket ger 451 kg palmkärneolja och 523 kg palmkärneexpeller per ha. I Tabell 4.44 redovisas fördelning av massa och ekonomiska intäkter för produkterna i palmoljeodling. Eftersom ekonomiska allokering har använts innebär det att 3 % av odlingens miljöpåverkan allokeras till foderbiprodukten palmkärneexpeller.

**Tabell 4.44: Fördelning av vikt och ekonomiska intäkter i odlingen av oljepalm**

	produkt kg per ha	massallokering (%)	Världsmarknadspris* (USD per ton)	Prisallokering (%)
Palmolja	3 770	79	890	85
Palmkärneolja	451	10	1 116	12
Palmkärneexpeller	523	11	241	3

\*Oil World, November 2007

Data för utvinning av palmolja enligt Schmidt (2007) redovisas i Tabell 4.45. Från ett ton FFB fås ca 200 kg palmolja och 53 kg palmkärnor, dessutom erhålls 225 kg tomma fruktklasar (återgår till odlingen som jordförbättringsmedel) och 676 kg POME (palm oil mill effluent). Emissioner för rening av POME ingår också i Tabell 4.45. På oljeplantager beskrivna av Schmidt (2007) finns även egen energiproduktion där fiber och skal från odlingen eldas för att producera el och ånga. Den el som inte behövs för extraktion levereras till elnätet och detta beaktas genom systemexpansion (ersätter malaysisk elproduktion).

**Tabell 4.45: In- och utflöden för utvinning av palmolja i Malaysia.**

<b>INFLÖDEN</b>		
<i>Material</i>		
FFB	kg	1 000
Vatten	kg	1 370
<i>Energi</i>		
El (nätet)		0,8
El (egen elcentral)*	MJ	73
Ånga (egen elcentral)*	MJ	1 691
Diesel	MJ	21,6
<b>UTFLÖDEN</b>		
<i>Emissioner**</i>		
CH <sub>4</sub>	gram	8 744
NH <sub>3</sub>	gram	39
N <sub>2</sub> O	gram	1,0
H <sub>2</sub> S	gram	58
<i>Avfall</i>		
POME	kg	675,5
tomma fruktklasar	kg	225
<i>Produkter</i>		
Palmolja	kg	199,8
Palmkärnor	kg	53,2
El (egen elcentral)*	MJ	31

\* emissioner i samband med produktion av el och ånga från eget kraftverk har tagits från Schmidt, 2007 (Tabell 10.10, s 168), totalt produceras 104 MJ el, varav 73 används vid processningen och resterande 31 MJ antas ersätta motsvarande mängd i elnätet.

\*\*samtliga emissioner redovisade här kommer från rening/behandling av POME (palm oil mill effluent)

Efter att palmoljan har utvunnits ur palmfruktsklasarna finns palmkärnorna (och en del andra biprodukter) kvar. Palmoljan går till fortsatt rening medan palmkärnorna går till fortsatt till mekanisk processning för utvinning av palmkärneolja och foderprodukten palmkärneexpeller. Avstånd till processanläggning för palmkärnor är 79 km och antas ske med lastbil (28 ton). Data för utvinningen återfinns i Tabell 4.46 (Schmidt 2007).

**Tabell 4.46: In- och utflöden från processning av palmkärnor.**

<b>INFLÖDEN</b>		
<i>Material</i>		
Palmkärnor	kg	2 228
Vatten	kg	400
<i>Energi</i>		
El	MJ	755

<b>UTFLÖDEN</b>		
<i>Emissioner</i>		
NO <sub>3</sub>	kg	0,003
<i>Produkter</i>		
Palmkärneolja	kg	1 000
Palmkärneexpeller	kg	1 161

Data för transportavstånd för palmkärneexpeller till foderfabrik i Sverige har hämtats från Cederberg & Flysjö (2004). Transport 150 km från extraktion till hamn antas ske med lastbil (40 ton, 50 % lastgrad). Därefter transporteras palmkärneexpellerna med stort lastfartyg till Rotterdam (15 500 km) där omlastning till mindre fartyg sker (1 000 km) för transport till foderfabrik i Lidköping (Bilaga 1).

#### 4.4.2 Biprodukter från sockerindustrin

Från sockerbetor fås, förutom socker, även biprodukterna betfiber, melass, betfor och HP-massa, som är viktiga fodermedel till mjölkkor. Betfiber och melass är de två produkter som fås direkt från sockerproduktionen, där betfiber torkas till ca 90 % TS. Melassen torkas inte och har en TS motsvarande ca 78 %. HP-massa är ensilerade betfiber där även en del melass tillsätts, produkten har ca 25 % TS. Betfor är torkad betfiber med en del melass inblandad som gör produkten sötare. Betforprodukten torkas och har en TS halt på ca 90 %. Data om produktionen av dessa fodermedel insamlades 2003 från Danisco Sugar och har till vissa delar uppgraderats i denna rapport (Landqvist B., pers medd 2003 och 2007). Under början av 2000-talet var medelavkastningen av sockerbetor ca 46 ton per ha i Sverige. Data om odlingen och användningen av gödselmedel och pesticider har samlats in av Danisco Sugar och redovisas i Tabell 4.47. Data gäller början av 2000-talet

I Tabell 4.47 redovisas även beräknade emissioner av reaktiva kväveföreningar och fosfor från odlingen. Markläckaget bygger på uppgifter från Danisco och fosforläckaget har skattats enligt ett medelläckage all åkermark i Skåne (Johnsson et al, 2007). Förluster av lustgas är beräknade enligt IPCC (2006) och i de direkta emissionerna inkluderas medelkvävegivan 120 kg N per ha (se Tabell 4.47) samt att 75 kg N per ha tillförs marken i skörderester efter odlingen, detta bygger på modellberäkningar för kväve i skörderester enligt IPCC (2006).

**Tabell 4.47: Energi och insatsmedel samt emissioner och skörd för odling av sockerbetor (per ha).**

<b>SOCKERBETOR (per ha)</b>		
<b>INFLÖDEN</b>		
<i>Energi</i>		
Diesel	MJ	7200
<i>Handelsgödsel</i>		
N	kg	106
P	kg	16
K	kg	44
<i>Stallgödsel</i>		
N	kg	14
<i>Pesticider</i>		
Herbucid (a.s.)	kg	2,74
<b>UTFLÖDEN</b>		
<i>Emissioner till luft</i>		
N <sub>2</sub> O <sub>direkt</sub>	kg	3,1
N <sub>2</sub> O <sub>indirekt</sub>	kg	0,3
NH <sub>3</sub>	kg	2,9
<i>Emissioner till vatten</i>		
NO <sub>3</sub>	kg	99,7
P	kg	0,4
<i>Produkt</i>		
Sockerbetor	kg	45 900

Efter odlingen transporteras betorna till bruk och för detta anges ett energibehov motsvarande 28,8 MJ diesel per ton sockerbetor. Halten TS i sockerbetorna är ca 24 - 25%, vilket gör att på ett hektar produceras ca 11 ton produkter med 100 % TS. I Tabell 4.48 anges fördelningen mellan produkterna från sockerproduktionen, dels i mängd produkt och dels i mängd TS per produkt, även massfördelning (baserat på TS) och pridfördelning är redovisad. Fördelning efter produkternas pris (prisallokering) användes för att fördela resursanvändning och emissioner från odlingen mellan huvudprodukten socker och biprodukterna i form av betfiber, melass och HP-massa. Dessa bygger på förhållandena 2003 och små/inga förändringar har skett sedan dess.

**Tabell 4.48: Fördelning av produkterna socker, betfiber och melass.**

	kg produkt per ha	kg (TS) per ha	massfördelning (på TS), %	pridfördelning, %
Socker	7 500 (TS)	7 500	70	80
Betfiber	2 380 (90 % TS)	2 143	20	15
Melass	1 373 (78 % TS)	1 071	10	5
Summa produkter	11 253	10 714	100	100

### Betfiber (och betfor)

För att torka betfiber används 5,1 MJ naturgas och 0,1 kWh el per kg betfiber (produkt med 90 % TS). Runt 150 000 ton ts betfiber/betfor konsumeras årligen av Sveriges nötkreatur och ca hälften av detta importeras framförallt från Tyskland (Emanuelson et al, 2006). Inom detta projekt har vi inte gjort någon inventering med specifika data från tysk sockerindustri. Tidigare data och intervjuer med foderindustrin har visat att kol och olja används i större omfattning som energikälla av sockerindustrin jämfört med i Sverige. För importerad tysk betfiber har vi därför antagit samma odlingsförhållande som för svensk med ändrad energianvändning i torkprocessen till hälften vardera av kol och olja. Resultaten för betfiber/betfor redovisas som produkt, alltså med en ts-halt motsvarande 90 %.

### Melass

Ingen extra behandling eller torkning sker. Fördelningen (%) för massa (baserat på TS) och pris för melass och dess biprodukter redovisas i Tabell 4.48. Även resultatet för melass redovisas som produkt, alltså med ts-halt om 78 %.

### HP-massa

HP-massa är en ”blöt” produkt som ensileras och transporteras direkt ut till gårdarna (går inte via foderfabrik). Den våta betfibern blandas med lite melass och pressas samman till en torrsubstanshalt på ca 25 % (som består till 83 % av betfiber och 17 % melass).

1 000 kg våt HP-massa (dvs med 25 % ts-halt, den produkt som levereras till mjölkgårdar) motsvarar således ca 830 kg betfiber (våt produkt) och 170 kg melass (våt produkt).

Fördelningen (%) för massa (baserat på TS) och pris mellan socker, HP-massa och melass redovisas i Tabell 4.49. För hantering och lastning av HP-massa åtgår 0,064 liter diesel per ton produkt på bruket och därtill kommer transporten av HP-massan ut till gårdarna.

Resultaten för HP-massa redovisas per kg ts foder eftersom den vanligen jämförs med grovfoder.

Tabell 4.49: Fördelning av produkterna socker, HP-massa och melass.

	kg produkt per ha	kg (TS) per ha	massfördelning (på TS), %	pridfördelning, %
Socker	7 500 (TS)	7 500	70	80
HP-massa	9 920 (27% TS)	2 678	25	15
Melass	687 (78% TS)	536	5	5
Summa produkter	18 107	10 714	100	100

Betfiber/betfor och melass transporteras från sockerbruket till foderfabriken (390 km) med lastbil (40 ton, 90 % lastgrad) och HP-massa transporteras direkt ut till gård (antagit avstånd 200 km) med lastbil (40 ton, 90 % lastgrad). Data för de olika transporterna redovisas även i Bilaga 1.

### 4.4.3 Agrodrank

Agrodrank är en biprodukt från etanolfabriken i Norrköping, som använder en mix av vete, rågvete och korn som råvara för framställning av biobrännset etanol (E100). Årligen produceras 55 000 m<sup>3</sup> etanol och 45 000 ton foder (agrodrank). Data för produktion av agrodrank har hämtats från Paulsson (2007) vars studie dock endast behandlar energiflöden i



etanolproduktionen. Vi har därför kompletterat med data för odling av spannmål utifrån odling av höstvet i Mälardalen (region öst) (se Tabell 4.19).

I Tabell 4.50 redovisas den sekundära energi som behövs för att framställa 0,8 ton foder, 1 m<sup>3</sup> etanol samt 29 Nm<sup>3</sup> biogas enligt Paulsson (2007). Dessa data har dock modifierats genom att byta ut ”Odling” samt ”Grot bränslehantering” (se kursiv text i tabell nedan). Grot bränslehantering har bytts ut eftersom Paulsson (2007) inte inkluderar energin i själva biobränslet, utan bara inkluderar energi för insamling, transport etc. Eftersom vi i denna studie även är intresserade av att få med emissioner vid förbränning av biobränsle har data för biobränsle hämtats från databasen Ecoinvent (2003).

**Tabell 4.50: Total mängd använd sekundärenergi för att producera 0,8 ton foder, 1 m<sup>3</sup> etanol och 29 Nm<sup>3</sup> biogas (tabell hämtad från Paulsson 2007, Bilaga D).**

MJ	Diesel	Olja	Gas	Kol	El	Ospec	Totalt
<i>Odling*</i>	1 231	1 257	1 872	224	482	-62	5 004
Transport spannmål	132	0	0	0	5	0	137
<i>Grot bränslehantering**</i>	199	0	0	0	14	0	213
Övriga transporter	33	0	0	0	1	0	35
Etanolanläggning	0	30	338	13	1 271	327	1 979
Kraftvärmeverk	0	7	40	5	423	0	476
Biogasanläggning	0	0	0	0	51	0	51
<b>Totalt</b>	<b>1595</b>	<b>1295</b>	<b>2250</b>	<b>242</b>	<b>2 247</b>	<b>266</b>	<b>7895</b>

\*dessa data har ej använts, istället har data för veteodling i Mälardalen antagits (Tabell 4.19)

\*\*dessa data har ej använts, istället har data för biomassa hämtats från databasen Ecoinvent (2003)

Enligt Paulsson (2007) används 167 MJ diesel och 12 MJ el (sekundärenergi) per ton flis för uppsamling, transport etc, vilket innebär att 1,19 ton biobränsle används för framställning av 0,8 ton foder, 1 m<sup>3</sup> etanol samt 29 Nm<sup>3</sup> biogas. Dessa 1,19 ton biobränsle läggs alltså till i våra beräkningar.

Från etanolfabriken fås, förutom etanol och agrodrank, även biogas och biogödsel (Paulsson, 2007). För biogasen görs systemexpansion, där den producerade mängden biogas antas ersätta motsvarande mängd producerad naturgas. Ingen energi eller miljöpåverkan allokeras till biogödseln, som alltså antas vara en avfallsprodukt utan ekonomiskt värde. För fördelning mellan etanolen och agrodranken används ekonomisk allokering (Tabell 4.51). Prisuppgifter för dessa har erhållits från Lantmännen Agroetanol (Beckman, pers medd 2007).

**Tabell 4.51: Mass- och pridfördelning mellan etanolen och agrodranken.**

	massa kg	massallokering %	pris SEK per kg (2007)	prisallokering %
Etanol	790*	50,3	6,80	82
Agrodrank	800	49,7	1,50	18

\*densitet för etanol 790 kg per m<sup>3</sup>

Från etanolfabriken i Norrköping transporteras agrodranken 250 km med lastbil (40 ton, 90 % lastgrad) till foderfabriken i Lidköping (Bilaga 1).

#### 4.4.4 Vetekli

Vetekli är en biprodukt från produktionen av vetemjöl. För odling av vete har data för Mälardalen och Skåne antagits, se Tabell 4.19. Transport från odling till kvarn har uppskattats till 50 km med lastbil (28 ton, 50% lastgrad), se Bilaga 1. Data för malning har hämtats från Stadig et al (2001) där uppgifter från en stor kvarn i Östergötland (Mjölby) samlades in (se Tabell 4.52).

**Tabell 4.52: In- och utflöden vid Mjölbykvarn för ett ton vete.**

<b>INFLÖDEN</b>		
<i>Material</i>		
Vete	kg	1 000
Vatten	kg	710
<i>Energi</i>		
El	MJ	3 985
Olja	MJ	302,6
<b>UTFLÖDEN</b>		
<i>Avfall</i>		
Avfall från vete	kg	39
<i>Produkter</i>		
Vetemjöl		692
Vetekli	kg	163
Vetefodermjöl	kg	106

I Tabell 4.53 nedan redovisas allokeringsfaktorerna för vetemjöl, vetekli och vetefodermjöl. Dessa är hämtade från Stadig et al (2001).

**Tabell 4.53: Mass- och prisallokering för vetemjöl och dess biprodukter.**

	massallokering	prisallokering
	%	%
Vetemjöl	72	91
Vetekli	17	4
Vetefodermjöl	11	5

Transport av vetekli till foderfabrik antas ske med lastbil (40 ton, 90% lastgrad) och avståndet motsvarar 230 km (Bilaga 1).

#### 4.4.5 Fetter

Data för produktion av vegetabiliska foder fetter har hämtats från en rapport om LCA av foderfetter (Wallén et al, 2000). De fetter som redovisas är standard foderfett som består till ca 55% av rapsfettsyra, 37% av palmfettsyra och 8% av sojafettsyra. Kalkfett består av 85% palmfettsyra och 15% kalciumhydroxid. Data för produktion av de olika fetterna är hämtade från en konfidentiell rapport, men resultaten redovisas i 6 Resultat.

#### 4.4.6 Monocalciumfosfat (komponent i mineralfoder)

Det finns flera viktiga mineraler som används i foder, men här har endast monocalciumfosfat studerats, vilken främst består av kalk och fosfor. Monocalciumfosfat är en viktig fosforkälla i mineralfoder, där halten fosfor vanligtvis brukar ligga runt 10 - 30%. Data för produktion har hämtats från Davis and Haglund (1999). Inga inventeringsdata redovisas här, utan enbart resultat vilka återfinns i 6 Resultat.

### 4.5 Foderblandningar

Två kraftfoderblandningar som är vanligt förekommande i utfodring av mjölkkor redovisas i detta avsnitt.

#### 4.5.1 Proteinkraftfoder

Bland proteinkoncentraten är Lantmännens Unik-serie vanligt förekommande produkt. Data om sammansättning av en Unik-produkt (Unik 52) har hämtats från Cederberg et al (2007) och denna blandning var representativ för foderfabrikerna i Västerås och Holmsund under 2005 och antas även vara representativ för foderfabriken i Lidköping. I Tabell 4.54 visas den sammansättning som använts i beräkningen i studien.

**Tabell 4.54: Sammansättning av ett typiskt proteinkraftfoder samt råvarornas ursprung.**

Råvara	% (vikt)	Ursprung	Antagande i denna rapport
ExPro®	28	Karlshamn	
Rapsmjöl	8	Tyskland	Svensk raps (ExPro®)
Sojamjöl	20	Brasilien	
Betfiber	18	Sverige+Östersjöregion	Svensk betfiber
Vetekli	5	Mjölby	
Agrodrink	5	Norrköping	
Palmkärnexpell	7	Malaysia	
Melass	2	Sverige	
Fetter	5	Diverse	hälften standard foderfett, hälften kalkfett
Kalk, MgO, salt	2		Monocalciumfosfat

Energianvändning vid blandning av foderkoncentratråvarorna har 0,188 MJ naturgas och 0,186 MJ el per kg färdigt proteinkoncentrat antagits (Cederberg & Flysjö, 2004).

#### 4.5.2 Färdigfoder

Ett vanligt färdigfoder till mjölkkor är Lantmännens Solid-produkter och utifrån recept som används i Västerås och Holmsund har en standard för detta kraftfoder gjorts (Cederberg et al., 2007), vilket även antas vara representativt för foderfabriken i Lidköping (Tabell 4.55).

**Tabell 4.55: Sammansättning ett typiskt färdigfoder samt råvarornas ursprung.**

Råvara	% (vikt)	Ursprung	Vad som antagits i denna studie
Korn	25	Västsverige	Område Väst
Vete	18	Västsverige	Område Väst
Vetekli	5	Mjölby	
Rapsmjöl	10	Tyskland	Svensk raps (ExPro®)
ExPro®	7	Karlshamn	
Sojamjöl	9	Brasilien	
Melass	2	Sverige	
Betfiber	9	Sverige+Östersjöregion	Svensk betfiber
Palmkärnexpell	11	Malaysia	
Fetter	2	Diverse	hälften standard foderfett, hälften kalkfett
Kalk, MgO, salt	2		Monocalciumfosfat

Energianvändning vid blandning av foderråvarorna har 0,188 MJ naturgas och 0,186 MJ el per kg färdigfoder antagits (Cederberg & Flysjö, 2004).

## 5 Miljöpåverkansbedömning

Efter inventeringsanalysen är resultaten omfattande och i miljöpåverkansbedömningen klassificeras och karakteriseras därför informationen från inventeringen, för att se hur stort bidrag varje produkt har till de olika miljöpåverkanskategorierna. De miljöpåverkanskategorier som har valts att redovisas i den här studien är:

- energi (sekundär och primär),
- resursanvändning (mark, P och K),
- klimatförändringar,
- utsläpp av försurande ämnen,
- bidrag till övergödning samt
- pesticidanvändning.

### 5.1 Klassificering och karakterisering

Klassificering innebär att resultatet från inventeringen sorteras in under de olika miljöpåverkanskategorierna. En utsläppsparameter kan ge upphov till flera olika miljöeffekter, till exempel kan kväveoxider ( $\text{NO}_x$ ) bidra till både försurning och övergödning.

Karakterisering är ett sätt att beskriva det potentiella bidraget till en miljöeffekt från specifika parametrar. Detta sker genom att multiplicera karakteriseringsindex för de ämnen som ger upphov till en miljöeffekt med utsläppsmängderna från inventeringsresultaten för motsvarande ämnen. De olika ämnenas bidrag presenteras i en gemensam räknebas som är specifik för varje miljöeffekt.

### 5.2 Beskrivning av valda miljöpåverkanskategorier

Miljöpåverkanskategorin energi, mark, fosfor och kalium är relaterad till systemets inflöden, medan miljöpåverkanskategorierna klimatförändringar, utsläpp av försurande gaser samt eutrofiering är relaterade till systemets utflöden. Nedan beskrivs de miljöpåverkanskategorier som har studerats, samt de karakteriseringsindex som använts.

#### 5.2.1 Energianvändning

I den här studien redovisas energianvändningen som sekundär (hjälpenergi eller direktenergianvändning) och primärenergi (total resursanvändning av energikällor). För att till exempel producera 1 MJ el (sekundärenergi) i Sverige går det åt ca 2,4 MJ primärenergi. Den sekundära energianvändningen är redovisad i: el, fossil, förnybar samt övrigt. I ”fossil” och ”förnybar” inkluderas alltså ingen energi som använts vid elproduktion, utan bara annan energi så som till exempel diesel vid transporter eller bioenergi i någon processanläggning. Den primära energianvändningen är uppdelad på förnybara: vatten, biomassa samt vind, sol och geotermisk, och icke-förnybara: kärnkraft och fossila energikällor.

När processer på olika geografiska platser studeras är det viktigt att ta hänsyn till vilken elmix som används. Det är till exempel stor skillnad mellan Sveriges elmix, som till hälften produceras av vattenkraft och hälften kärnkraft, och Europas elmix, där över hälften

produceras av kol, gas och olja, ca en tredjedel kärnkraft och kvarstående dryga tiondel är en blandning av förnybara resurser och avfall.

För beräkning av primär energi har metoden *Cumulative Energy Demand* i LCA beräkningsprogrammet SimaPro använts. För beräkning av sekundär energi har SIK själv lagt in faktorer för detta i processerna i SimaPro.

### 5.2.2 Resursanvändning (mark, P och K)

Odlingsbar mark är en begränsad naturresurs och grundläggande för livsmedelsproduktion. Samtidigt som vi behöver mark för att försörja en stadigt växande befolkning med livsmedel, pågår det också en ökad efterfrågan på bioenergi. Detta sätter en stor press på att utnyttja marken på ett hållbart och effektivt sätt. Det pågår internationella arbeten för att finna relevanta indikatorer för att inkludera denna viktiga påverkan av livsmedelsproduktion, men det finns ännu ingen metodik som har full konsensus. Därför redovisas kvalitativ markanvändning (t ex markanvändningens påverkan på markens bördighet och biologisk mångfald) sällan på grund av bristande metodik. Ofta analyserar man jordbruksproduktion under ett år när man gör LCA för livsmedel och den yta som åtgår för att producera en funktionell enhet (FE) anges då som  $m^2$  år per funktionell enhet vilket görs i denna rapport.

Fosfor är en icke-förnyelsbar resurs och av dagens totala fosforutvinning används ca 90 % i jordbruket, till största delen som gödselmedel men även i mineralfoder. Den årliga globala fosfatproduktionen ligger runt 40 miljoner ton  $P_2O_5$  (Steen 1998) och 2005/06 användes 36,8 miljoner ton  $P_2O_5$  för produktion av fosforhandelsgödsel<sup>4</sup>. Eftersom produktionen av mat och foder så totalt dominerar uttaget av den ändliga fosforresursen är det av vikt att redovisa på förbrukningen av denna ändliga resurs i produktionen av olika fodermedel. I Tabell 6.1 visas den mängd ändlig fosforresurs som har använts i odling och produktion för fodermedel enligt de inventeringar av foderproduktion som har genomförts inom detta projekt. Fosfor som tillförs fodergrödor via stallgödsel ingår alltså inte här eftersom fosfor i stallgödsel eller annat organiskt material (t ex rötslam, rötrest) definieras som förnyelsebar eller cirkulerande fosfor.

### 5.2.3 Klimatförändring

Jorden värms upp av direkt solstrålning (huvudsakligen i våglängdsområdet 0,2-0,4  $\mu m$ ). Den uppvärmda jordskorpan avger sedan värmestrålning i det infraröda våglängdsområdet (4-100  $\mu m$ ). Denna strålning absorberas delvis av gaser i jordens atmosfär och en viss del emitteras tillbaka till jordytan och bidrar till en uppvärmning där. Denna effekt är känd som "växthuseffekten". Växthuseffekt är en naturlig effekt som ger konsekvensen att jordens temperatur är 33°C högre än vad den annars skulle vara. Vad som däremot diskuteras är den av människan förstärkta tillförseln av växthusgaser, vilka påverkar jordens strålningsbalans. Ämnen i atmosfären från mänskliga aktiviteter som bidrar till denna effekt är framför allt koldioxid, metan, dikväveoxid (lustgas) och CFC (till exempel freoner). De klimatförändringar som emissionerna kan medföra är en höjning av jordens medeltemperatur som innebär att vissa områden kan drabbas av torka, genom mindre nederbörd. Havsytan kan komma att stiga till följd av att kustområden översvämmas. Vissa havsströmmar kan ändra riktning vilket radikalt kan förändra det lokala klimatet. Den av människan förstärkta växthuseffekten, vilken kan leda till klimatförändringar, är en global miljöeffekt. De

---

<sup>4</sup> [www.fertilizer.org](http://www.fertilizer.org)

karakteriseringsindex som använts vid bedömning av klimatförändringar av de gaser med störst betydelse visas i Tabell 5.1.

**Tabell 5.1: Karakteriseringsindex för klimatförändringar (GWP 100 år).**

emission	karakteriseringsindex (gram CO <sub>2</sub> per gram)	
koldioxid (CO <sub>2</sub> )	1	luft
metan (CH <sub>4</sub> )	23	luft
lustgas (N <sub>2</sub> O)	296	luft

Källa: IPCC, 2001

#### 5.2.4 Utsläpp av försurande ämnen

Förbränning av fossila bränslen ger förutom koldioxid upphov även till svaveldioxid och kväveoxider. Dessa gaser omvandlas, förenar sig med vatten och bildar syror. Syrorna sänker pH-värdet i regnvattnet och orsakar försurning av mark och vattendrag. Verkan av försurande ämnen har ett stort geografiskt beroende (huvuddelen av Sverige, med undantag för Öland, Gotland och Skåne, är till exempel extremt känsliga för försurning beroende på den kalkfattiga berggrunden). Försurningen påverkar bland annat träden negativt och leder till att vatten med lågt pH löser ut toxiska kvantiteter aluminium och når sjöar och vattendrag, där växt och djurliv kan drabbas. Försurning är en regional miljöeffekt. De karakteriseringsindex som använts vid bedömning av utsläpp av försurande gaser med störst bidrag visas i Tabell 5.2.

**Tabell 5.2: Karakteriseringsindex för utsläpp av försurande gaser.**

emission	karakteriseringsindex (gram SO <sub>2</sub> per gram)	
ammoniak (NH <sub>3</sub> )	1,88	luft
kväveoxider (NO <sub>x</sub> )	0,70	luft
svaveldioxid (SO <sub>2</sub> )	1	luft

Källa: Hauschild and Wenzel, 1998

#### 5.2.5 Bidrag till övergödning

Här beaktas endast övergödning i vattensystem vilket också benämns eutrofiering. Ökad tillförsel av näringsämnen till vattensystem leder till ökad tillväxt för olika arter i systemet. Nedbrytningen av dem samt av annat organiskt material i vattenemissioner kräver syre. Utsläpp av kväveföreningar till luft kan också bidra till ökad tillgång på kväve i vattendrag eftersom kväveföreningar återförs till marken med nederbörd och sedan till viss del hamnar i vattendrag. Den ökade syreförbrukningen kan leda till syrebrist, vilket kan skada både djur och växter. Tillväxten av biomassa i vattendrag begränsas i europeiska system vanligen av tillgången på näring i form av kväve eller fosfor. Fosfor är normalt det begränsande näringsämnet i sjöar och övre delen av Östersjön medan kvävet är det näringsämne som begränsar tillväxten i havet. Övergödning är en regional miljöeffekt. De karakteriseringsindex som använts vid bedömning av eutrofiering av de ämnen med störst bidrag visas i Tabell 5.3.

**Tabell 5.3: Karakteriseringsindex för eutrofiering.**

emission	karakteriseringsindex (gram NO <sub>3</sub> per gram)	
ammoniak (NH <sub>3</sub> )	3,64	luft
kväveoxider (NO <sub>x</sub> )	1,35	luft
nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	1	vatten
kväve (N)	4,43	vatten
fosfat (PO <sub>4</sub> )	10,45	vatten
fosfor (P)	32,03	vatten

Källa: Hauschild and Wenzel, 1998

### 5.2.6 Pesticidanvändning

Bedömningar av effekter som orsakas av utsläpp av toxiska ämnen (som t ex bekämpningsmedel) har länge varit en omdiskuterad och svårlöst fråga inom LCA-metodiken. Ett grundproblem är att det finns ett så stort antal ämnen som släpps ut, och att kunskapen om enskilda ämnens egenskaper och spridningsvägar ofta är begränsad. Det finns dessutom stora kunskapsluckor om hur ett enskilt ämne påverkar olika organismer och än mindre om vilka effekter "cocktails" av olika ämnen innebära. T ex går det att finna bekämpningsmedelsrester av olika aktiva ämnen i mindre vattendrag i jordbrukslandskap framförallt under växtodlings-säsongen. De enskilda ämnenas halter är ofta mycket låga, men vad betyder den sammanlagda effekten av olika ämnen? All den osäkerhet som finns runt bekämpningsmedel har gjort att det har ifrågasätts inom LCA-metodiken om man verkligen kan göra miljöbedömningar för toxiska ämnen på samma som för andra miljöeffekter. Därför kan man kombinera LCA med andra metoder, t ex riskanalyser (Cederberg et al 2005).

På grund av svårigheter i datainsamlingen om bekämpningsmedel vad gäller användning i enskilda grödor samt bristande metoder för rimliga riskanalyser, redovisar vi här endast bekämpningsmedel med indikatorn "använd mängd aktiv substans". En uppdelning har gjorts mellan herbicider (ogräsmedel), fungicider (svampmedel) och insekticider (insektsmedel). Detta är en mycket grov indikator som alltså säger mycket litet om toxiciteten men kan ses som ett (mycket förenklat) sätt att beskriva beroende av och risker med bekämpningsmedel i odlingen av olika fodermedel.



## 6 Resultat

Nedan redovisas resultaten för de olika fodermedlen. Alla produkter redovisas med den torrsbstans de har vid användning, förutom grovfoder och HP-massa som redovisas som med 100 % ts-halt. Ts-halterna för de olika produkterna redovisas i Bilaga 2. För alla foderprodukter, förutom grovfodret, är resultaten uppdelade i 1) odling, 2) processing/förädling samt 3) transporter.

- 1) odling: här ingår alla insatsvaror samt emissioner från odling, torkning av spannmål/ärt/raps samt transport till uppsamlingscentral
- 2) processning/förädling: här ingår de processer som vissa fodermedel genomgår, t ex extraktion eller ytterligare torkning
- 3) transporter: här ingår alla transporter av fodret efter det att fodermedlet har levererats till uppsamlingscentral

Även summan av dessa delsteg redovisas i resultatdiagrammen (med undantag av grovfoder, spannmål samt ärter och åkerbönor).

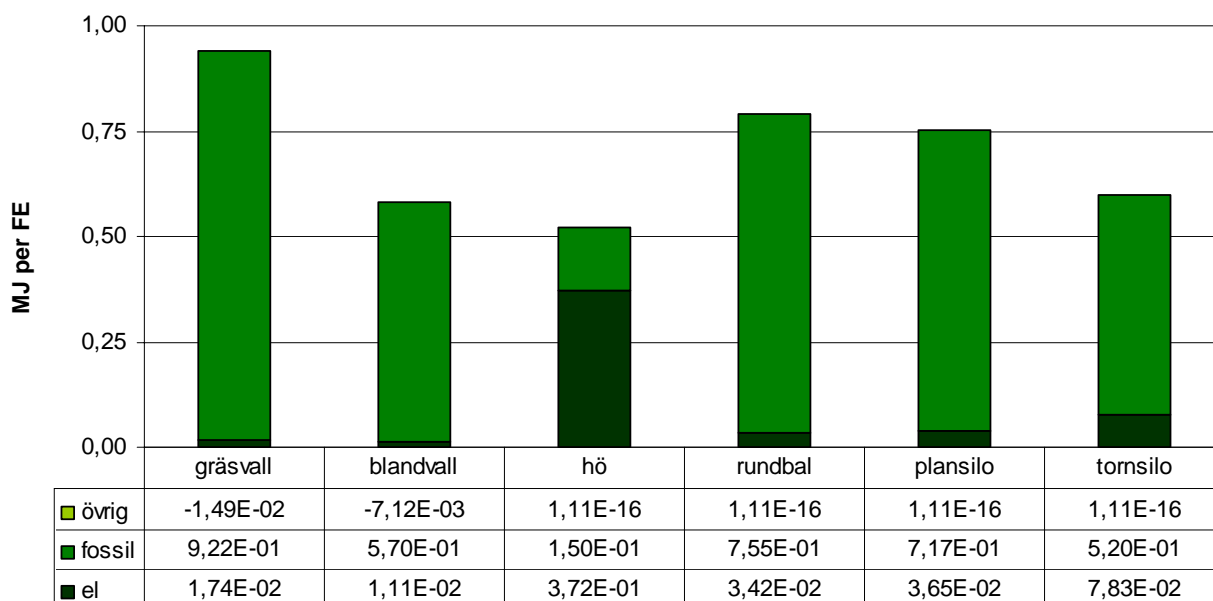
### 6.1 *Energianvändning för olika fodermedel*

I följande avsnitt redovisas sekundär och primär energianvändning för olika fodermedel (vidare förklaring av dessa definitioner av energi, se 5.2.1). För odlingsdelen och processning är produktionen av jordbruksmaskiner samt infrastruktur inte inkluderad. För transporter däremot är detta inkluderat i resultaten för primär energi, men inte för sekundär energi (se vidare 3.4.1 Avgränsningar).

#### 6.1.1 Grovfoder

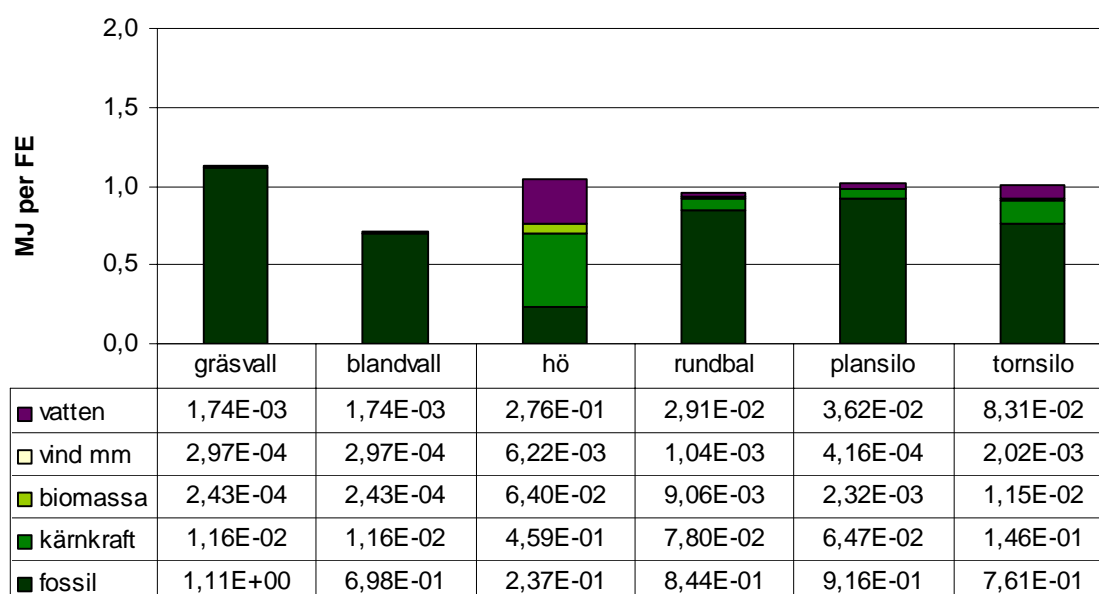
I Figur 6.1 visas den sekundära energi som används vid odling av gräsvall respektive blandvall, samt torkning, hantering och processning för att producera hö eller och olika ensilageprodukter. För att få fram uppgiften om hur mycket sekundär energi som totalt används i produktionen av ett kg torrsbstans gräsensilage som rundbal, utfodrat på foderbordet, så skall alltså stapeln gräsvall och rundbal adderas. Energianvändningen för ett kg ts rundbalsensilage på foderbordet är således  $0,92 + 0,8 = 1,7$  MJ per kg ts.

Generellt visar resultaten att energianvändningen för odling av gräsvall är högre på grund av att mer handelsgödselkväve krävs i odlingen. Produktionen av hö skiljer sig från ensilage i det att en större andel av energianvändningen utgörs av elenergi.



Figur 6.1: Sekundär energi för produktion av ett kg ts grovfoder.

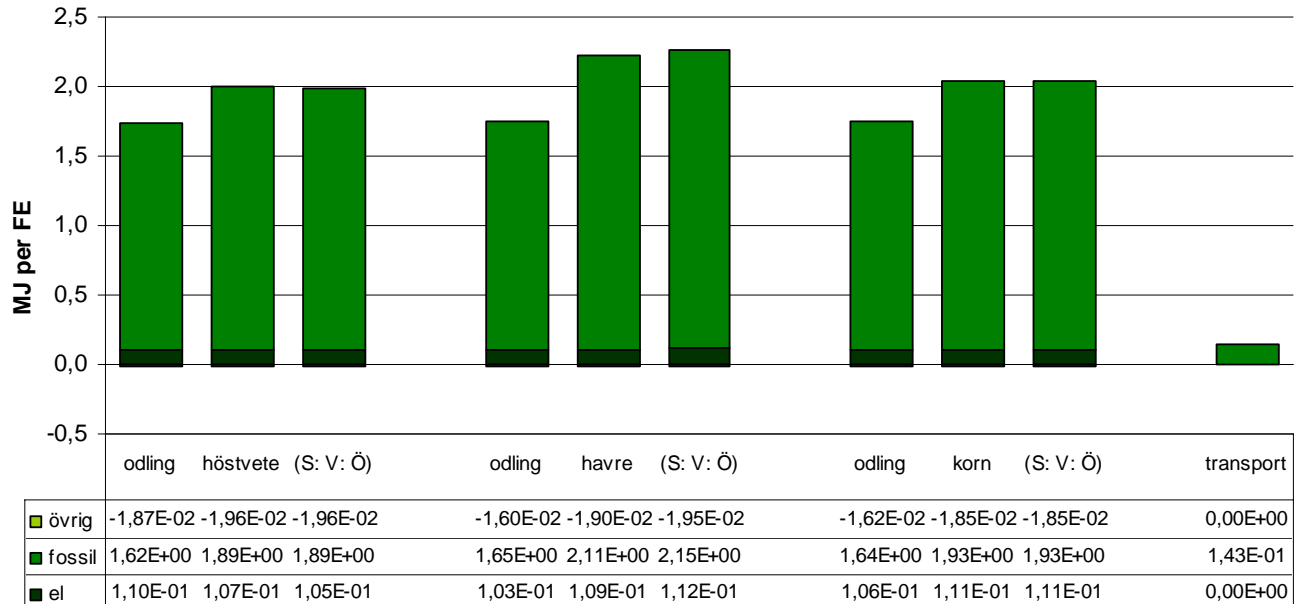
Den primära energianvändningen för ett kg ts gräsensilage i rundbal på foderbordet är totalt 2,1 MJ där > 90 % utgörs av fossil energi (Figur 6.2). Gräsvallen har högre användning av primärenergi jämfört med blandvallen på grund av högre mängd kvävegödsel. De olika skörde- och hanteringsmetoderna av vallen till hö eller olika ensilagetyper ger relativt lika resultat. När energianvändningen redovisades som primär har höhanteringen ett högre värde jämfört med sekundär (se Figur 6.1) eftersom elanvändning innebär ett större uttag av primär energi (el 2,4 MJ primär energi per MJ, se avsnitt 5.2.1).



Figur 6.2: Primär energi för produktion av ett kg ts grovfoder.

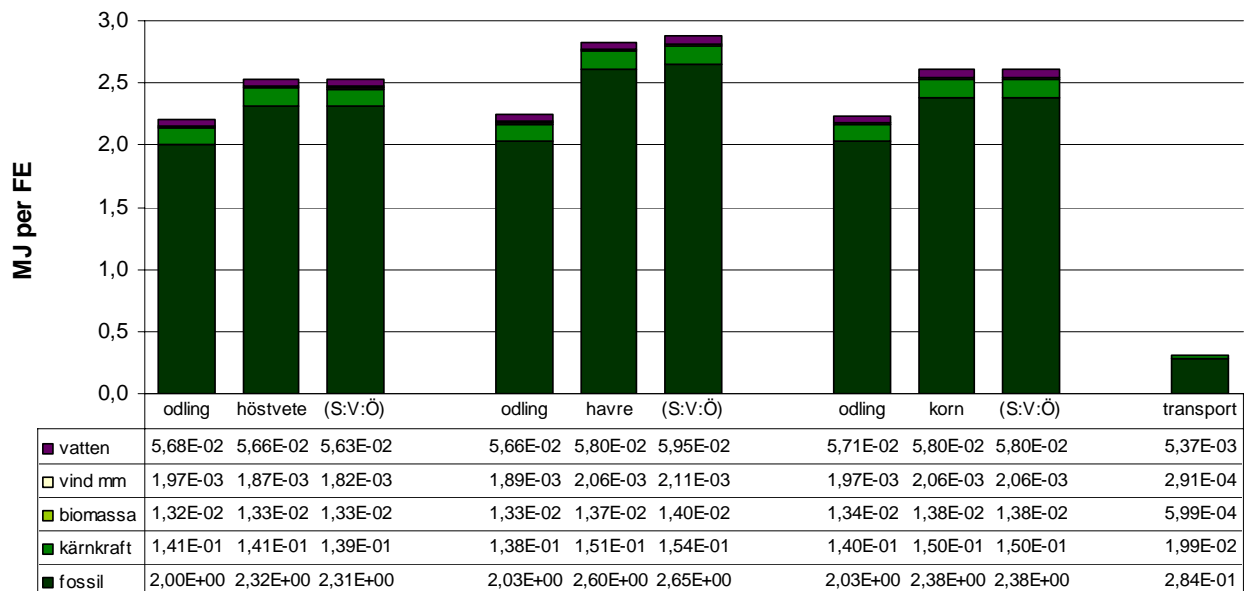
## 6.1.2 Spannmål

Energianvändningen för spannmål domineras helt av fossil energi. Användning av sekundärenergi motsvarar 1,6 – 2,1 MJ per kg för de olika spannmålsslagen (se Figur 6.3). Transport till foderfabrik (antaget avstånd 150 km) motsvarar 0,14 MJ per kg.



Figur 6.3: Sekundär energi för produktion av ett kg spannmål.

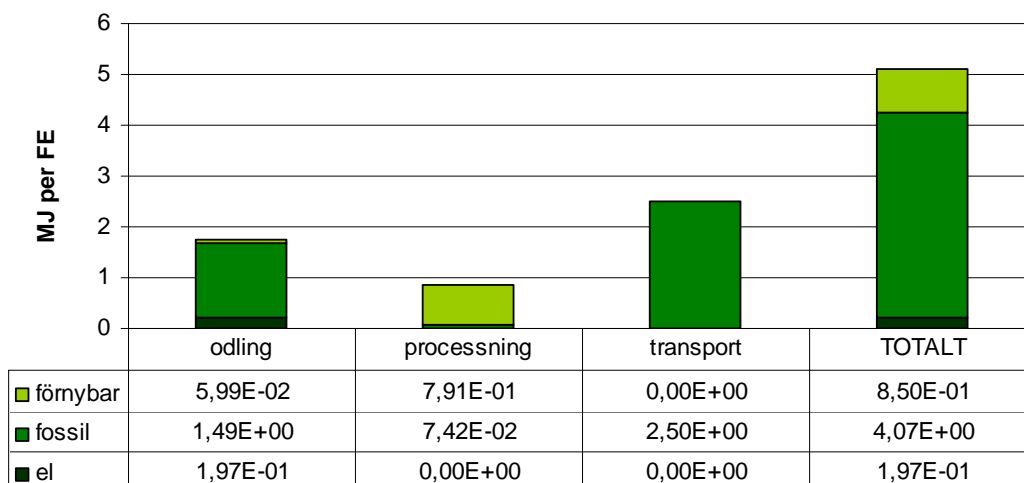
Användning av primärenergi visas i Figur 6.4 och här framgår tydligt den fossila energins betydelse. Odlingarna i Skåne uppvisar lägre energianvändning p g a högre skördernivåer.



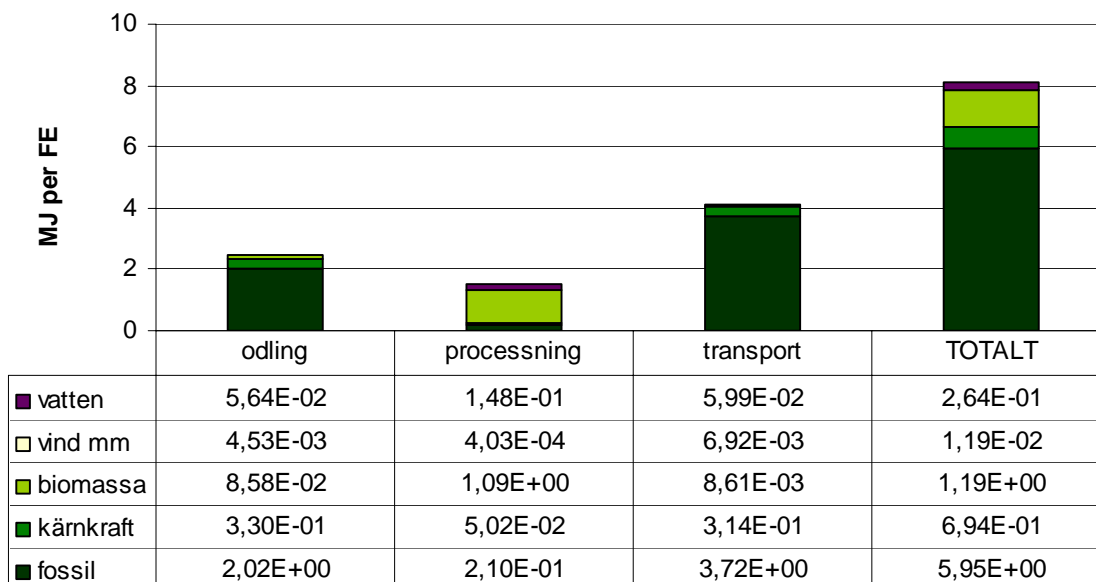
Figur 6.4: Primär energi för produktion av ett kg spannmål.

### 6.1.3 Sojamjöl

Delsteget *transport* av sojamjöl står för den största energianvändningen, följt av odling och sist processning. Största bidraget kommer från fossilbränsle vid transport samt traktor vid fältarbete. Energinvändningen i processningssteget domineras av biobränsle som används för ångproduktion vid extraktionen. Figur 6.5 och Figur 6.6 visar att den sekundära energianvändningen motsvarar ca 5 MJ per kg sojamjöl och den primära ca 8 MJ per kg.



Figur 6.5: Sekundär energi för produktion av ett kg sojamjöl.

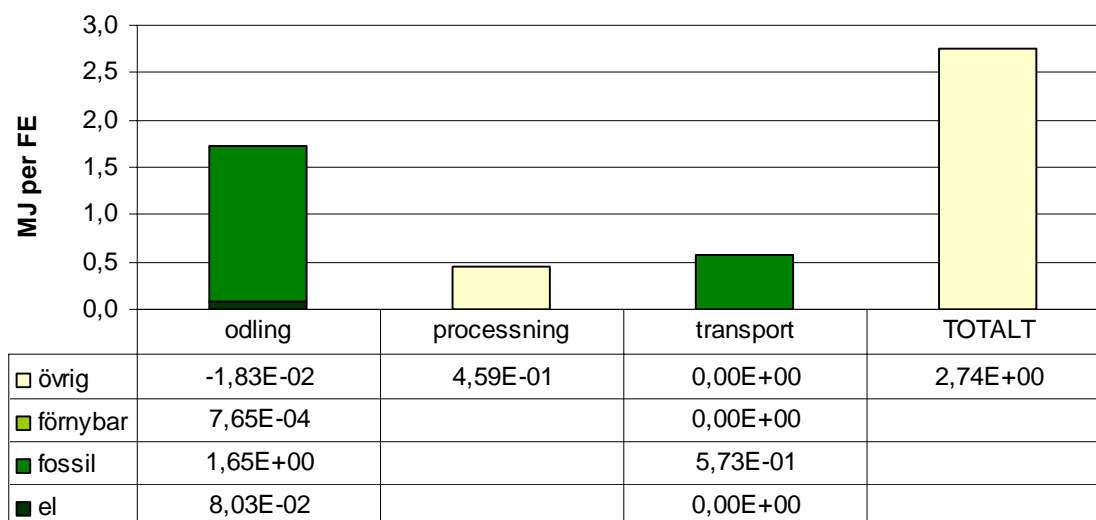


Figur 6.6: Primär energi för produktion av ett kg sojamjöl.

### 6.1.4 ExPro®

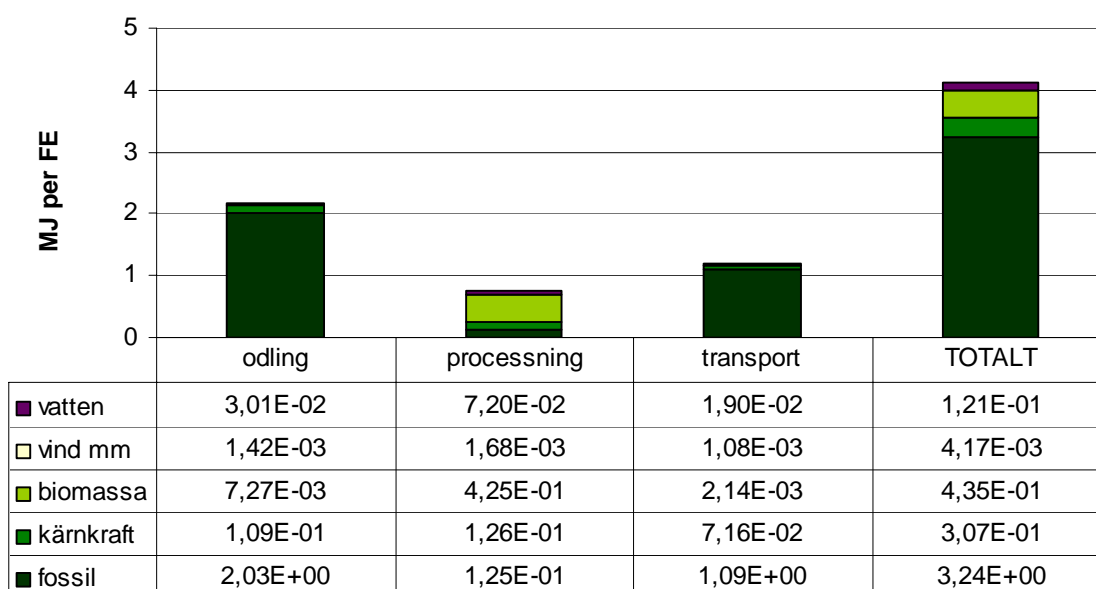
*Odlingen* är det delsteg som kräver störst energianvändning, främst genom dieselanvändning för fältarbeten samt i produktionen av handelsgödsel (Figur 6.7). Vid extraktionen

(processningen) är en stor del av den använda energin förnybar men den exakta fördelningen mellan olika energikällor är konfidentiell och därför har resultaten för detta delsteg redovisats som övrig energi (liksom även gjorts i "TOTALT"). Den sekundära energin för transport är i samma storleksordning som för processningen, men här används bara fossil energi. Total sekundär energi är drygt 2,4 MJ per kg ExPro®.



Figur 6.7: Sekundär energi för produktion av ett kg ExPro®.

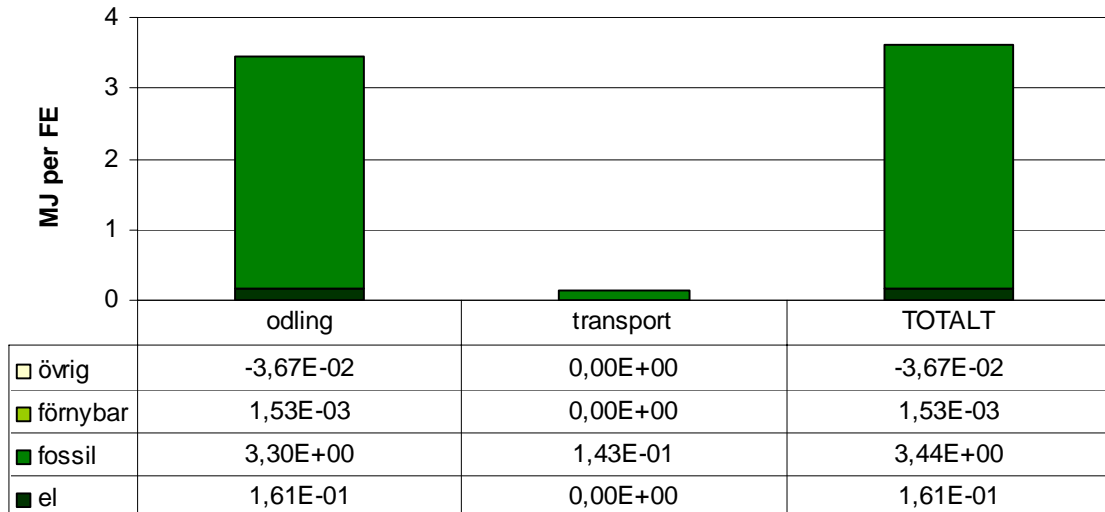
Primär energianvändning för ExPro® visas i Figur 6.8 där det framgår att fossil energi dominerar i delstegen odling och transport medan biobränsle främst används i processteget.



Figur 6.8: Primär energi för produktion av ett kg ExPro®.

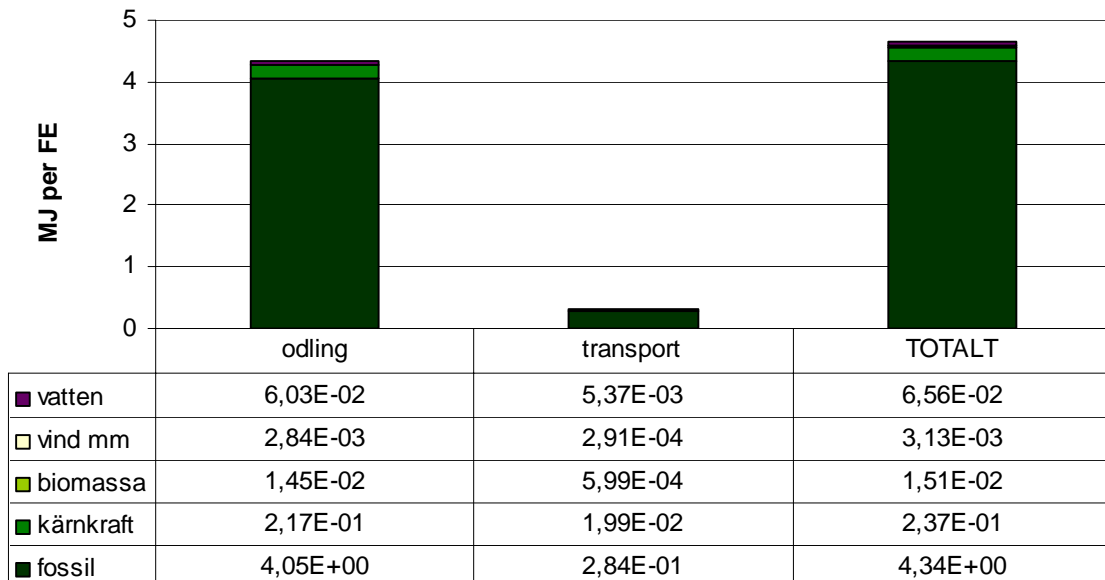
### 6.1.5 Rapsfrö

*Odlingen* är den klart dominerande delen (Figur 6.9). Liksom för ExPro® är det främst dieselanvändning för fältarbeten och produktion av kvävegödsel som ger det största bidraget. Sekundär energianvändningen för rapsfrö (ca 3,5 MJ per kg) är större än för ExPro®, eftersom ingen olja har utvunnits, d v s all miljöpåverkan bärs av den enda produkten rapsfrö.



Figur 6.9: Sekundär energi för produktion av ett kg rapsfrö.

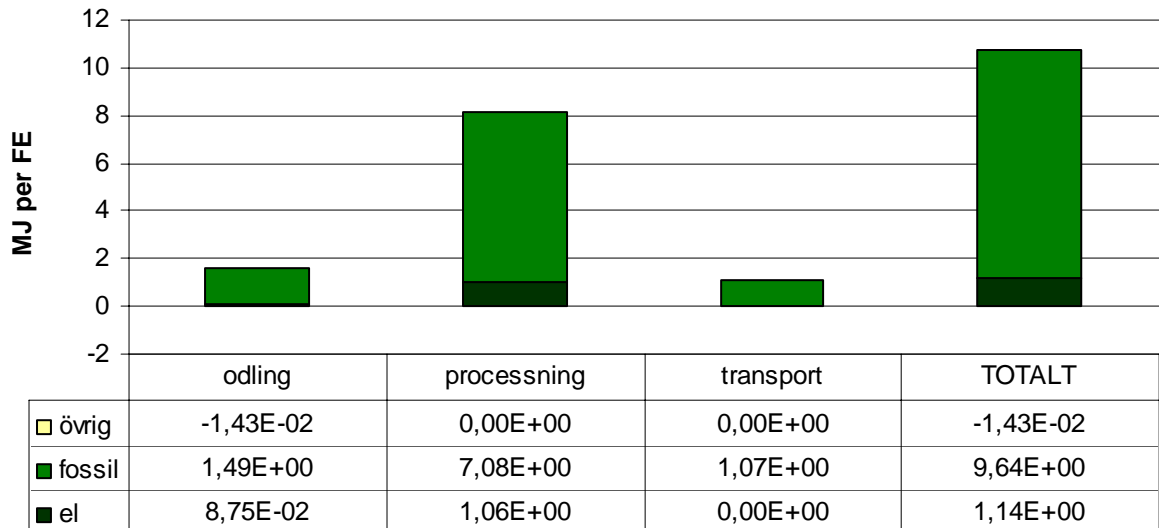
Figur 6.10 visar den primära energin för rapsfrö.



Figur 6.10: Primär energi för produktion av ett kg rapsfrö.

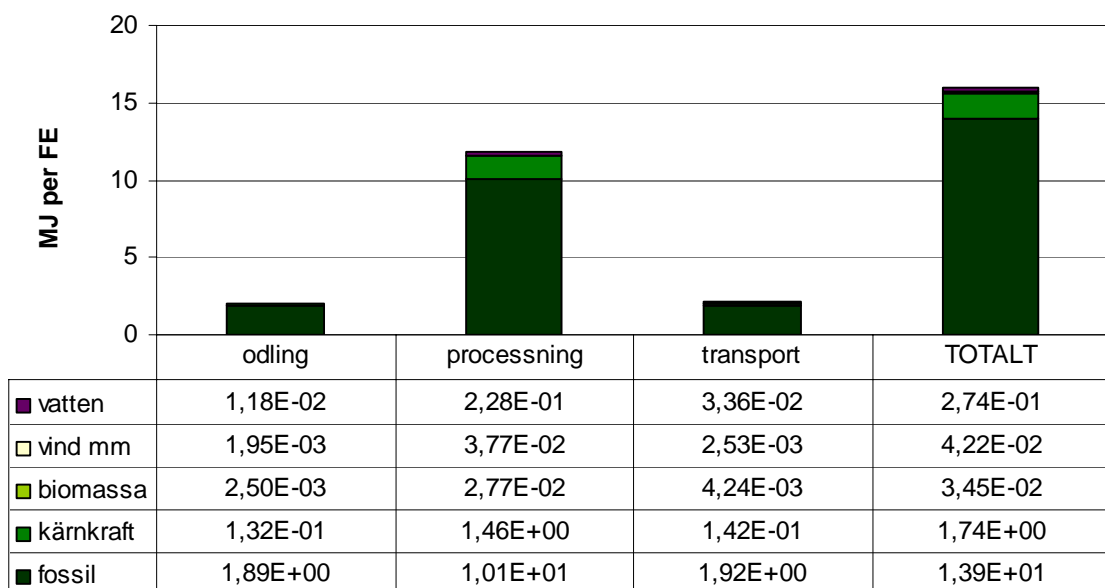
### 6.1.6 Majs glutenmjöl

Energien i produktionen av majs glutenmjöl utgörs till största delen av fossilbränsle, en mindre del el används dock vid processningen (Figur 6.11). I odlingen är det diesel för fältarbete och framställning av kvävegödsel som står för energianvändningen.



Figur 6.11: Sekundär energi för produktion av ett kg majs glutenmjöl.

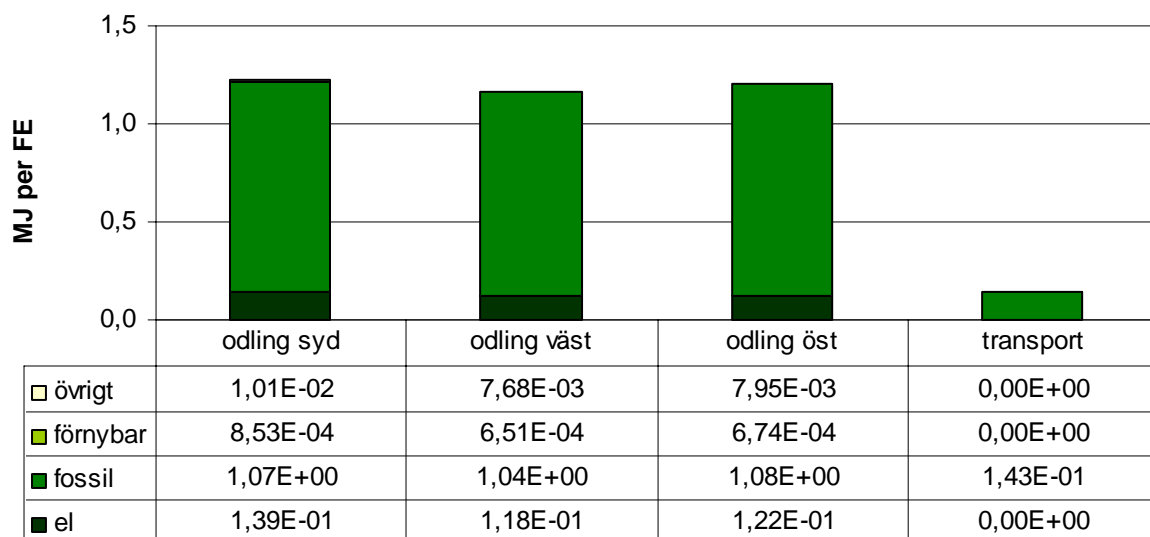
Eftersom majs glutenmjölet är framställt i Europa har europeisk medellevilken till större del produceras med fossila bränslen, vilket framgår ur Figur 6.12 (en mindre del kärnkraft används, annars är det bara fossilbränsle).



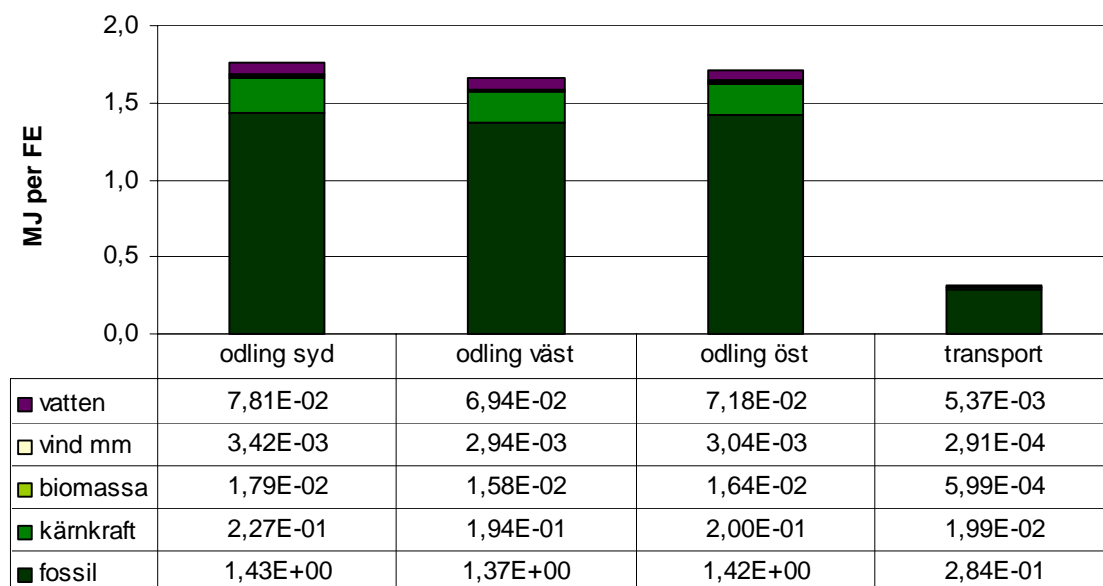
Figur 6.12: Primär energi för produktion av ett kg majs glutenmjöl.

### 6.1.7 Ärtor och åkerbönor

Energianvändningen för ärtor/åkerbönor är relativt lik för alla tre områdena och kommer främst från diesel för fältarbete och även en del olja för torkning. En liten del el används också vid torkning. Den sekundära energianvändningen är ca 1,2 MJ per kg och den primära ca 1,6 MJ per kg (se Figur 6.13 – 6.14)



Figur 6.13: Sekundär energi för produktion av ett kg ärtor/åkerbönor.

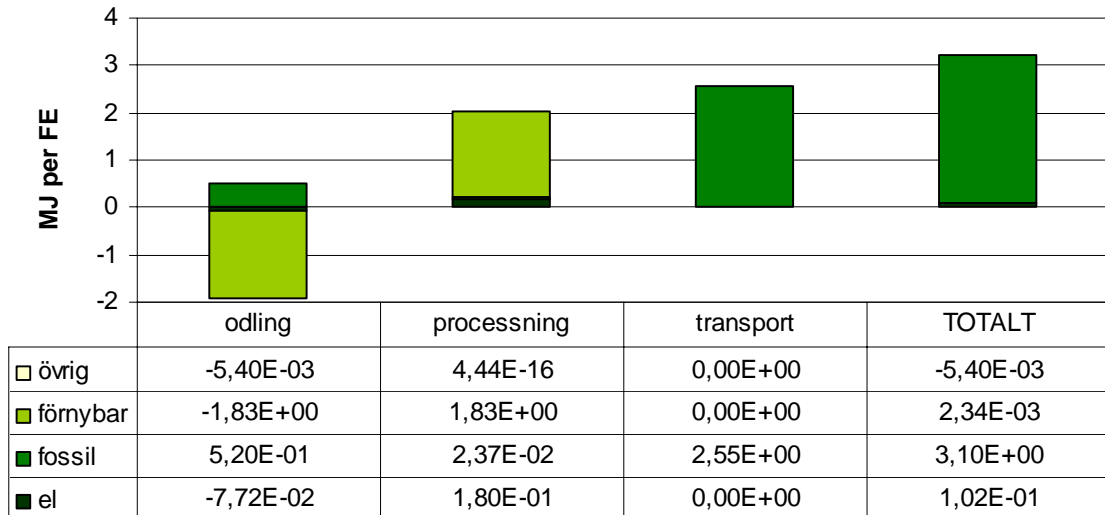


Figur 6.14: Primär energi för produktion av ett kg ärtor/åkerbönor.



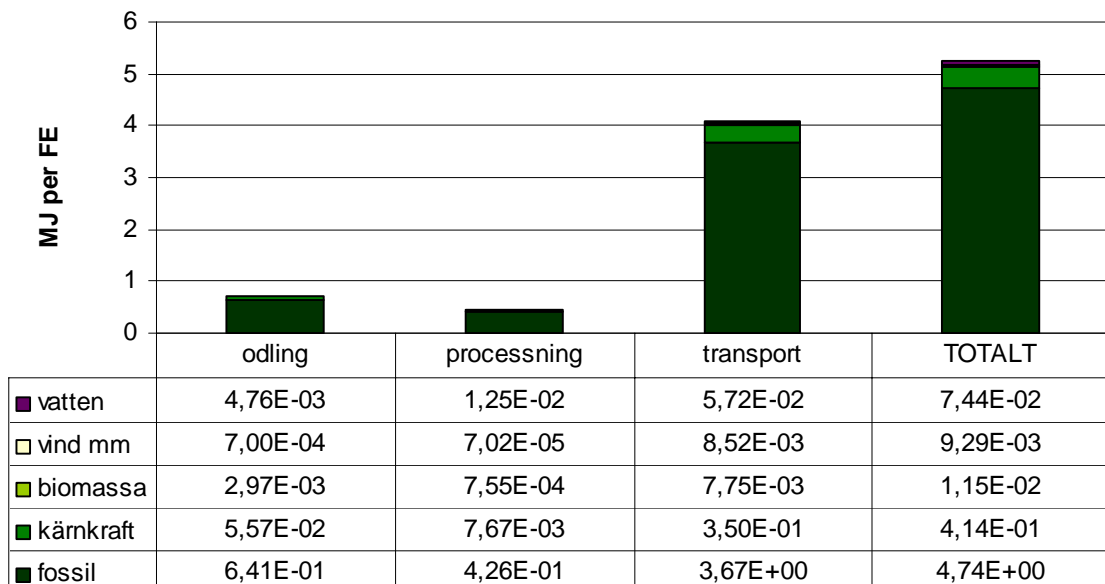
### 6.1.8 Palmkärneexpeller

Den största energianvändningen för palmkärneexpeller sker vid transporten från Sydostasien till Europa (Figur 6.15). I processningssteget används en stor andel förnybar energi som kommer från oljeplantagens egen energiproduktion, där restprodukter från palmodlingen (negativa stapeln i odling) förbränns, främst ångproduktion men även en del el produceras. Den totala sekundära energianvändningen beräknas till drygt 3 MJ per kg.



Figur 6.15: Sekundär energi för produktion av ett kg palmkärneexpeller.

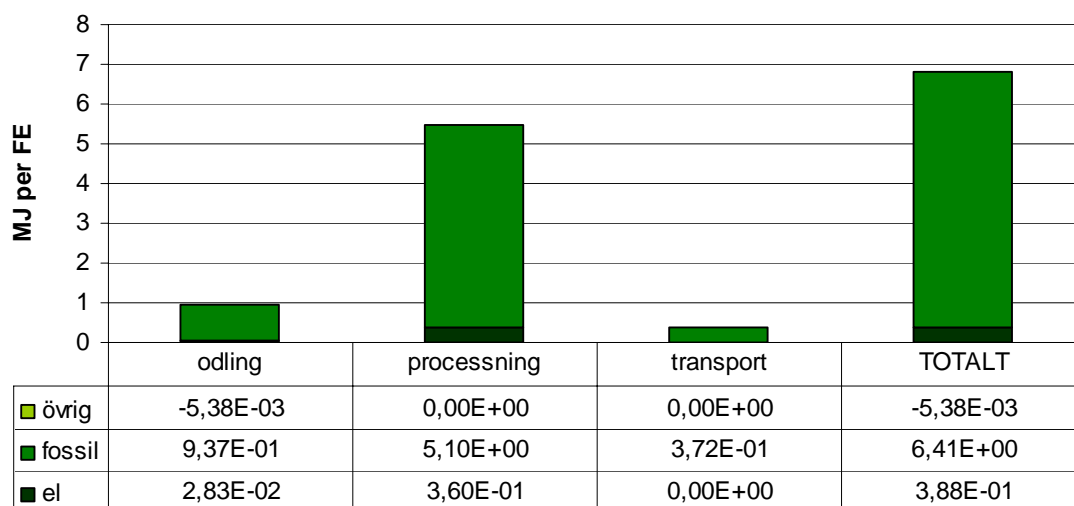
Figur 6.16 visar primärenergien för palmkärneexpeller vilken uppgår till drygt 5 MJ per kg.



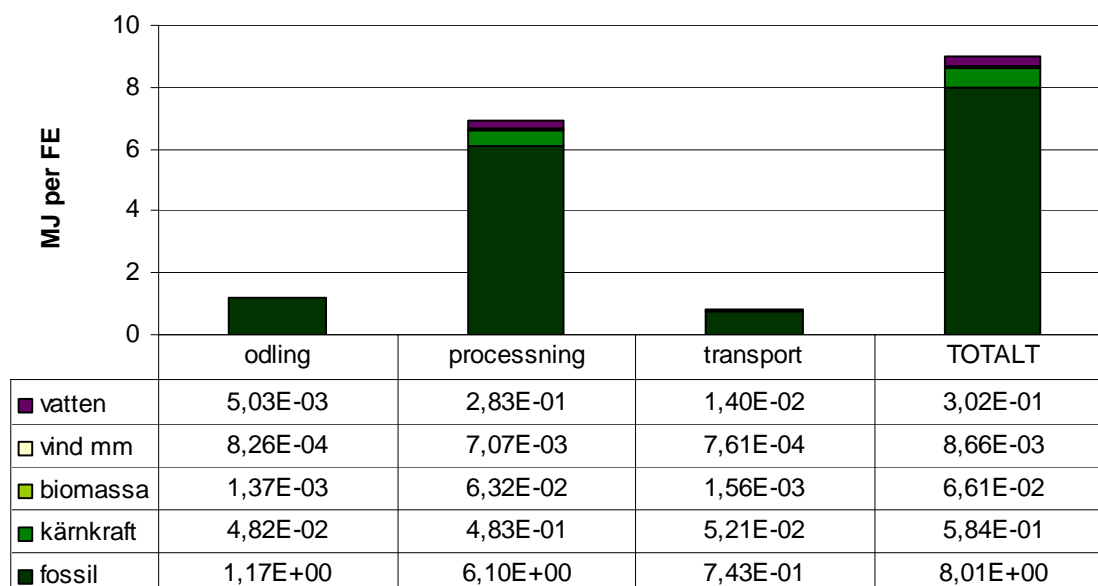
Figur 6.16: Primär energi för produktion av ett kg palmkärneexpeller.

### 6.1.9 Betfiber och betfor

*Torkning* av betfibern/betfor är det steg som är mest energikrävande och fossilenergi är det som helt dominerar produktionen, både i odling och för processning. I processteget används även en liten del el. Transportsteget har liten betydelse för den totala energianvändningen. Den sekundära energianvändningen uppgår till knappt 7 MJ per kg (Figur 6.17) och den primära energianvändningen till 9 MJ per kg där mer än 90 % utgörs av fossil energi (Figur 6.18).



Figur 6.17: Sekundär energi för produktion av ett kg betfiber.

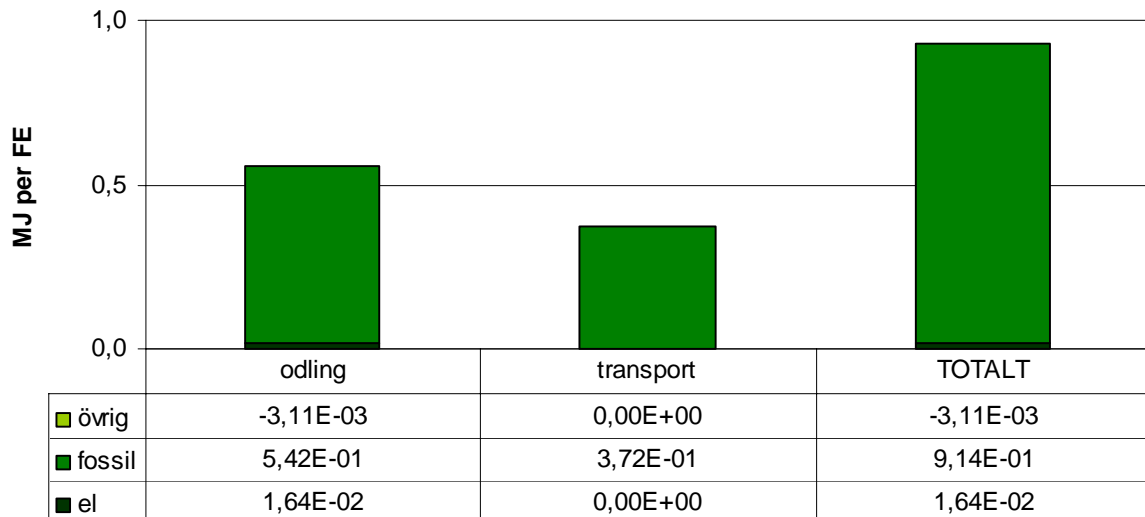


Figur 6.18: Primär energi för produktion av ett kg betfiber.

Skulle importerad betfiber antagits istället, skulle processningssteget haft ca 5 % högre primär energianvändning, eftersom naturgas (som används i Sverige) har ett effektivare energiutbyte än kol och olja (som antagits för den importerade).

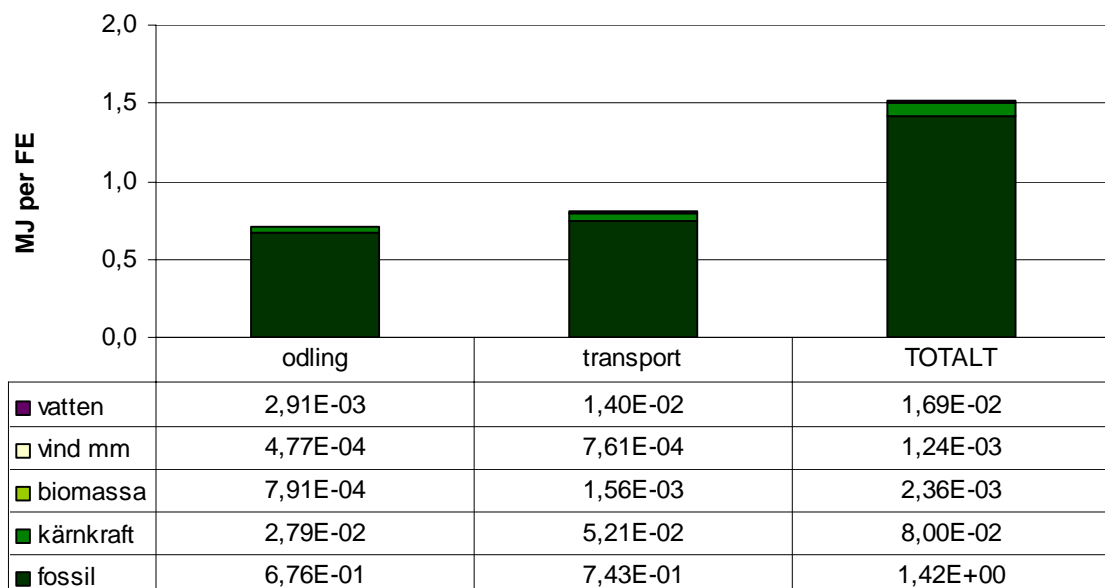
### 6.1.10 Melass

Odlingen har något högre energianvändning än transporten. Figur 6.19 visar sekundär energianvändning för produktion och transport av melass.



Figur 6.19: Sekundär energi för produktion av ett kg melass.

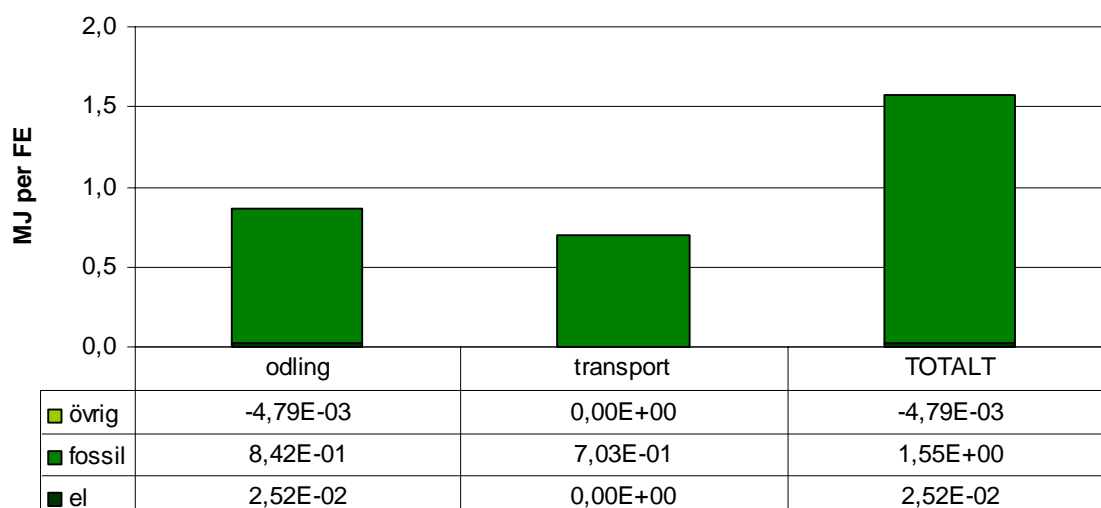
I Figur 6.20 visas den primära energianvändningen för melass. Transportdelen blir relativt större här vilket beror på att fordon och infrastruktur är inkluderad för transportererna i den primära energin (se vidare avsnitt 2.4.1 och 4.2.1).



Figur 6.20: Primär energi för produktion av ett kg melass.

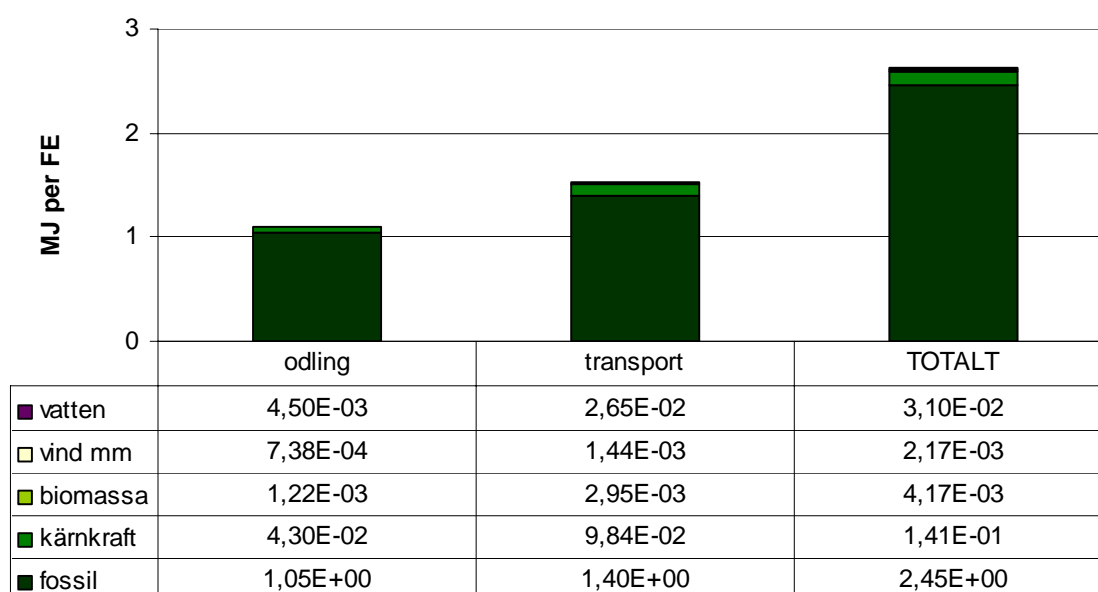
### 6.1.11 HP-massa

Liksom för melassen, är skillnaden mellan odlingssteget och transporten (till mjölkgård) för HP-massa relativt liten. Fossil energi är det som dominerar både odling och transport. I Figur 6.21 visas att den sekundära energin för HP-massa är ca 1,5 MJ per kg ts vilket överensstämmer rätt väl med energianvändning i ensilageproduktion.



Figur 6.21: Sekundär energi för produktion av ett kg HP-massa (som ts).

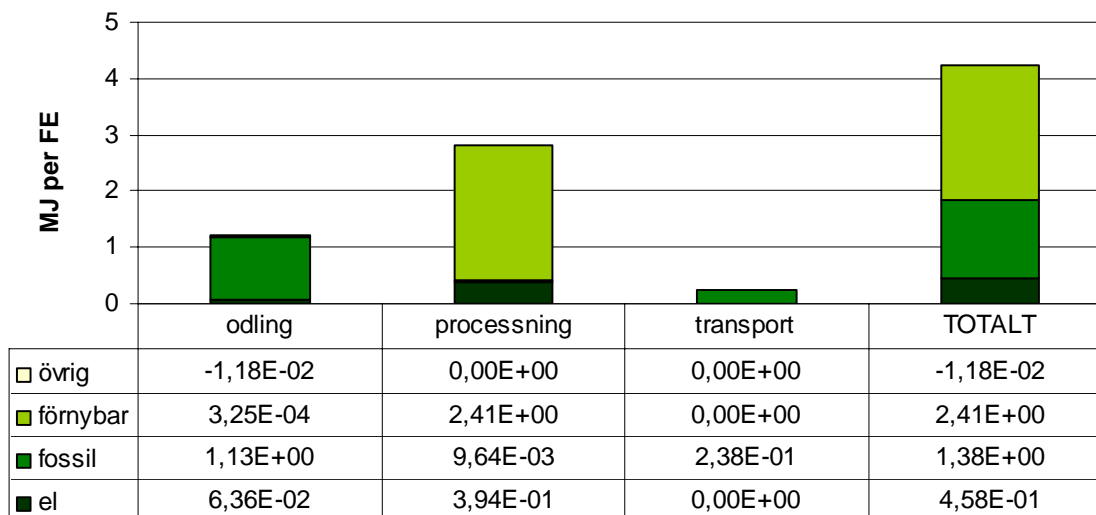
Transport av HP-massa har, liksom för melassen, en större primär energianvändning än odlingssteget. Eftersom skillnaden mellan sekundär och primär energi är relativt större för transporten än för odlingen, blir förhållandena de omvända i Figur 6.22 jämfört med Figur 6.21.



Figur 6.22: Primär energi för produktion av ett kg HP-massa (som ts).

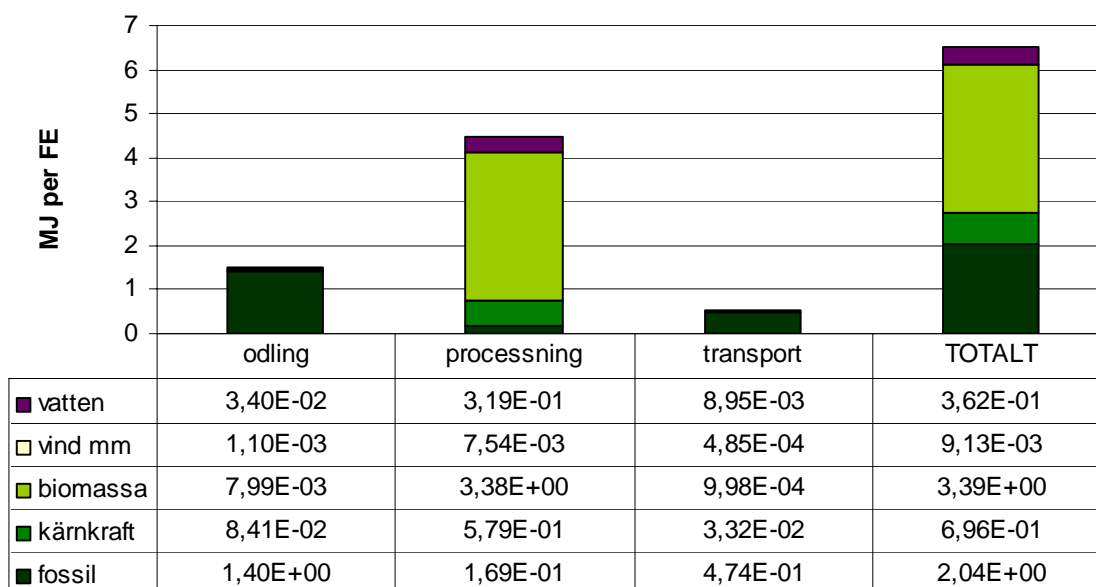
### 6.1.12 Agrodrank

*Processing* är det delsteg som är mest energikrävande för agrodranken (Figur 6.23). I processningen kommer större delen av energin från bibränsle. I odlingen däremot, utgörs större delen av energin av diesel för fältarbete samt naturgas vid framställning av handelsgödselkväve.



Figur 6.23: Sekundär energi för produktion av ett kg agrodrank.

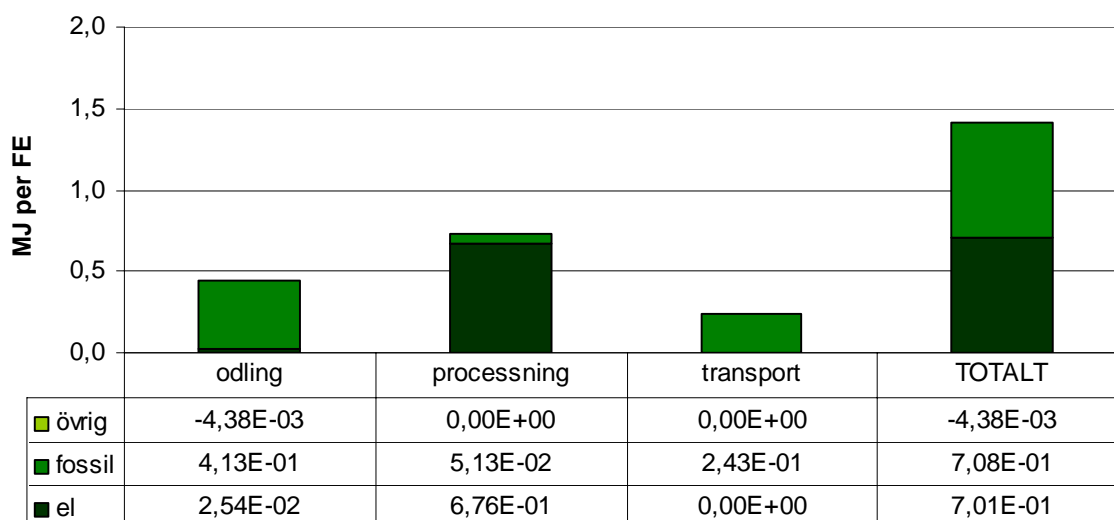
Användning av primärenergi visas i Figur 6.24.



Figur 6.24: Primär energi för produktion av ett kg agrodrank.

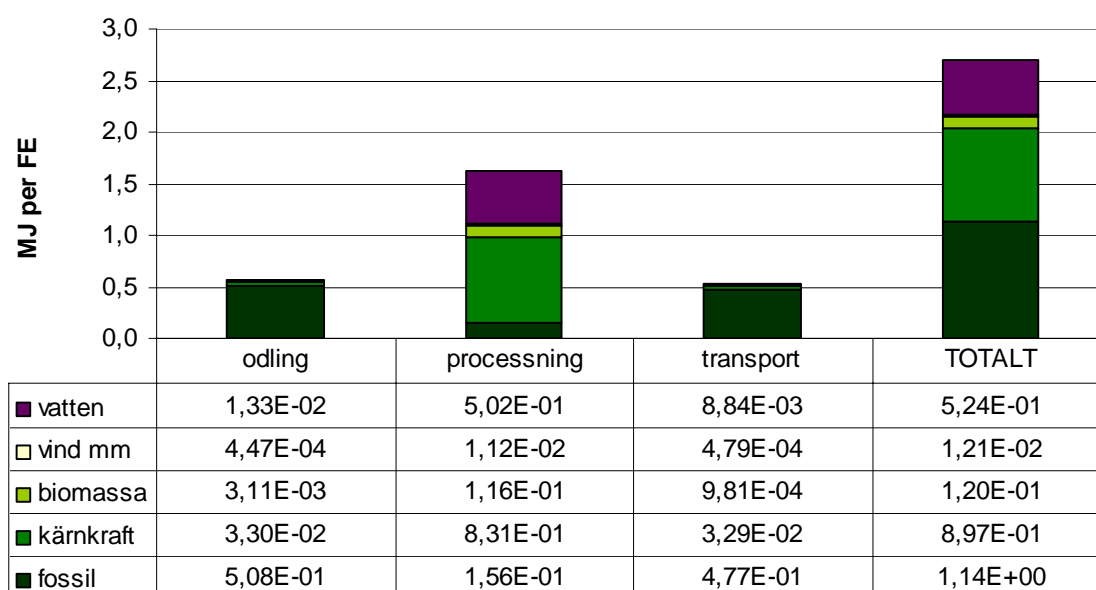
### 6.1.13 Vetekli

Den sekundära energianvändningen för vetekli visas i Figur 6.25. Processningen (malning) av vete är en relativt elintensiv process och ger ett större bidrag till energianvändningen än odlingen. I odlingen består energianvändningen främst av diesel för fältarbeten samt naturgas vid produktion av kvävegödsel.



Figur 6.25: Sekundär energi för produktion av ett kg vetekli.

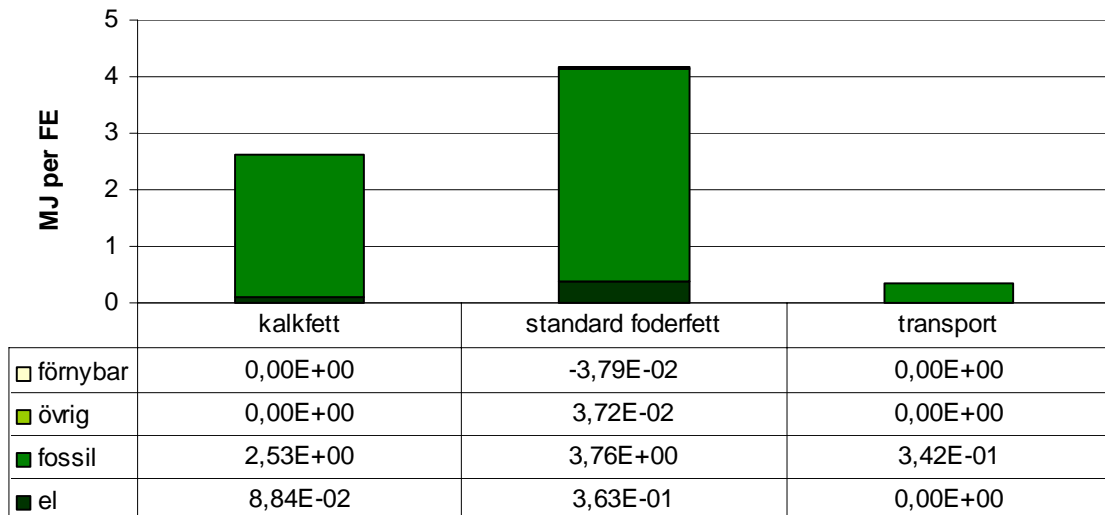
Eftersom el är främsta energibäraren i processningssteget medan det i odlingssteget är fossilbränsle, är primärenergien relativt högre i processningssteget jämfört med odlingssteget, se Figur 6.26.



Figur 6.26: Primär energi för produktion av ett kg vetekli.

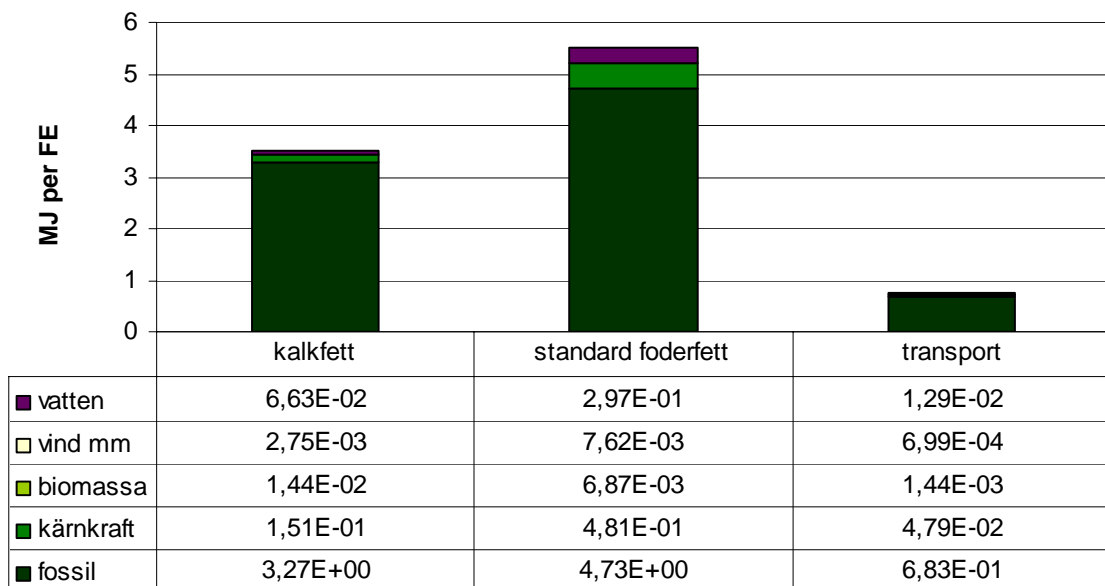
### 6.1.14 Foderfett

I Figur 6.27 visas den sekundära energianvändningen för produktion och transport till foderfabrik av ett kg kalkfett respektive ett kg standard foderfett. Standard foderfett har knappt 30 % större energianvändning än kalkfett. Transporten har relativt låg energianvändning.



Figur 6.27: Sekundärenergi för produktion av ett kg kalkfett och ett kg standard foderfett.

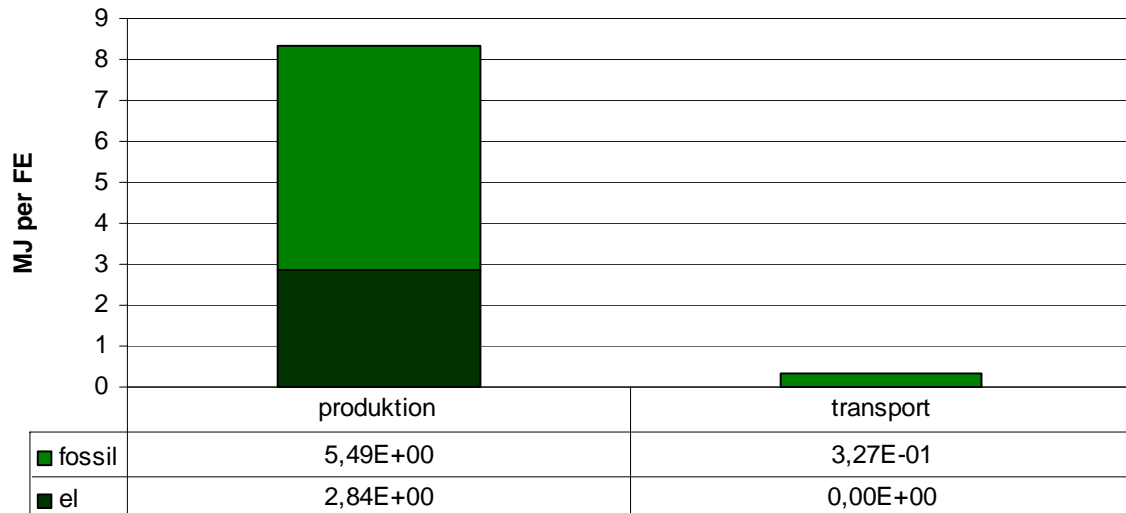
Den primära energianvändningen visas i Figur 6.28.



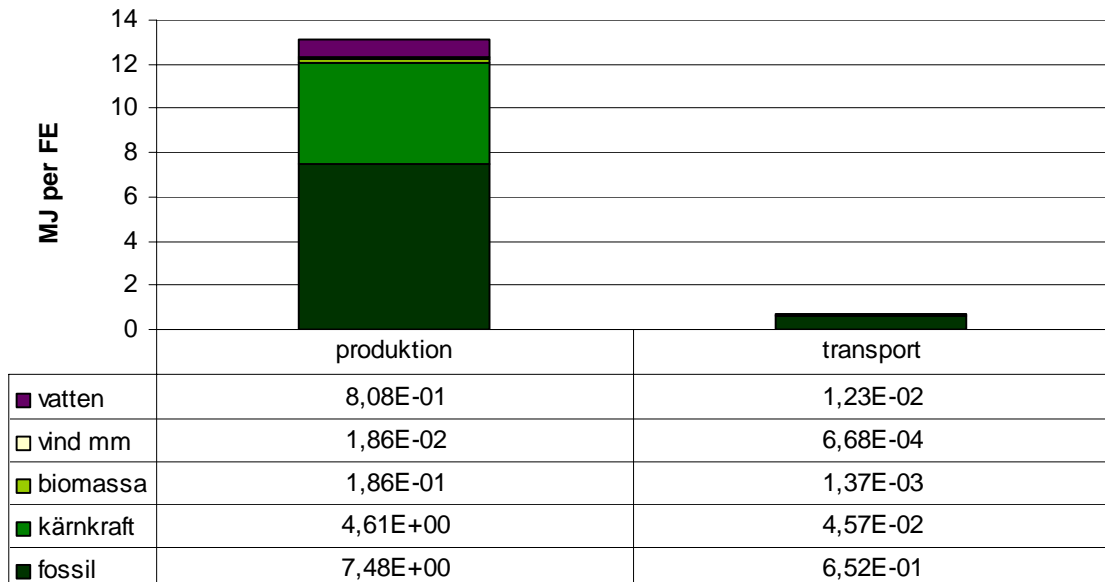
Figur 6.28: Primärenergi för produktion av ett kg kalkfett och ett kg standard foderfett.

### 6.1.15 Monocalciumfosfat (komponent i mineralfoder)

Den sekundära energianvändningen för produktion av ett kg mineral (monocalciumfosfat) redovisas i Figur 6.29 och den primära i Figur 6.30. Fossila bränslen är det som dominerar, sedan står el för resterande energianvändning.



Figur 6.29: Sekundärenergi för produktion av ett kg mineral (monocalciumfosfat).

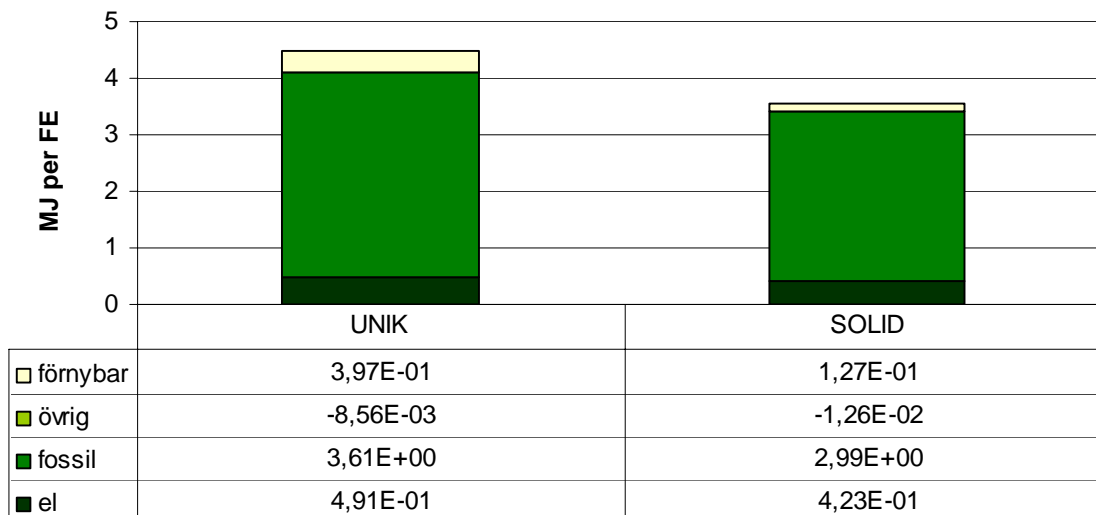


Figur 6.30: Primärenergi för produktion av ett kg mineral (monocalciumfosfat).



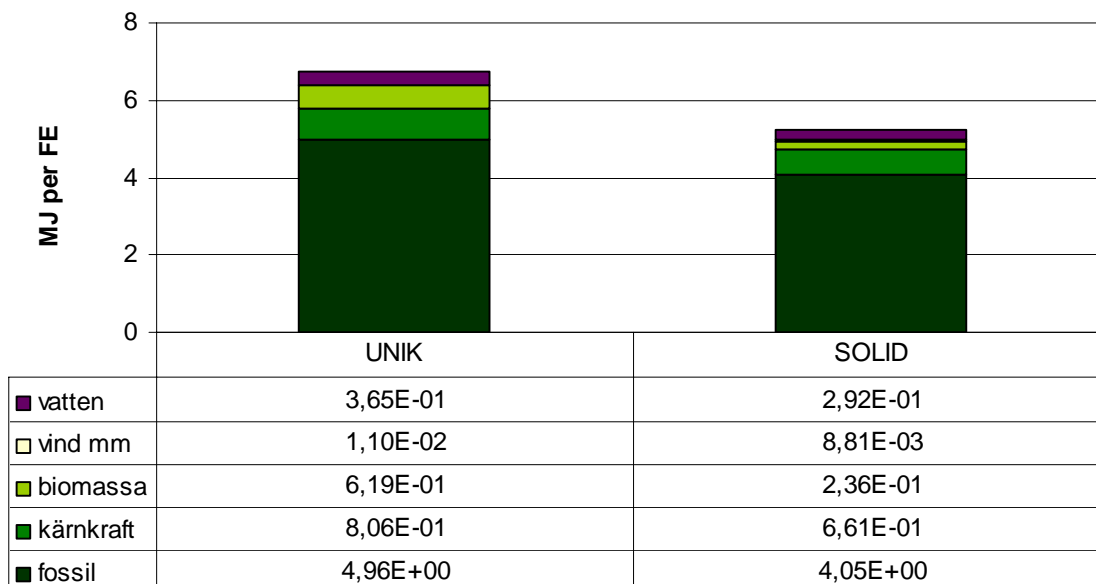
### 6.1.16 Färdiga kraftfoderblandningar

I Figur 6.31 visas den sekundära energianvändningen för produktionen av proteinkraftfoder (Unik) och färdigfoder (Solid). Proteinkraftfodret har något större energianvändning beroende på att ingående råvaror i denna blandning har högre energianvändning i livsryttn.



Figur 6.31: Sekundär energi för produktion av ett kg proteinkraftfoder (Unik) och färdigfoder (Solid)

Den primära energianvändningen för de två kraftfoderblandningarna visas i Figur 6.32.



Figur 6.32: Primär energi för produktion av ett kg proteinkraftfoder (Unik) och färdigfoder (Solid)

## 6.2 Resursanvändning (mark, P och K) för olika fodermedel

I Tabell 6.1 redovisas resursanvändning av mark, fosfor och kalium för de olika fodermedlen.

Tabell 6.1: Sammanställning över resursanvändning (mark, fosfor samt kalium) för de olika fodermedlen.

per kg	Mark (m2)	Fosfor (gram P)	Kalium (gram K)
<b>Grovfoder</b>			
Vall (gräs)	1,43	0	0
Vall (gräs och klöver)	1,43	0	0
<b>Spannmål</b>			
Höstvete (syd)	1,47	1,47	1,90
Höstvete (väst)	1,73	1,72	2,24
Höstvete (öst)	1,73	1,72	2,24
Havre (syd)	2,07	1,45	2,27
Havre (väst)	2,62	1,83	2,87
Havre (öst)	2,69	1,87	2,95
Korn (syd)	1,99	1,39	2,58
Korn (väst)	2,55	1,78	3,30
Korn (öst)	2,55	1,78	3,30
<b>Proteinfoder</b>			
Sojamjöl	3,28	9,49	16,7
ExPro®	1,94	2,14	3,17
Rapsfrö	3,87	4,29	6,35
Majs glutenmjöl	1,58	3,51	3,93
Ärter och åkerbönor (syd)	4,44	2,66	3,54
Ärter och åkerbönor (väst)	3,39	2,03	2,70
Ärter och åkerbönor (öst)	3,51	2,10	2,80
<b>Övrigt</b>			
Palmkärneexpeller	0,573	1,76	9,67
Betfiber och betfor	0,630	1,00	2,76
Melass	0,364	0,581	1,60
HP-massa	0,560	0,893	2,54
Agrodrank	1,04	1,04	1,35
Vetekli	0,377	0,375	0,488
Kalkfett	-*	5,55	31,0
Standard foderfett	-*	6,06	19,3
Monocalciumfosfat**	-	185***	-
<b>Färdigfoder</b>			
UNIK	1,59	3,35	7,03
SOLID	1,72	2,40	5,14

\*mark används för palm-, soja- och rapsodling, men dessa redovisas inte här

\*\*fosforkälla i mineralfoder

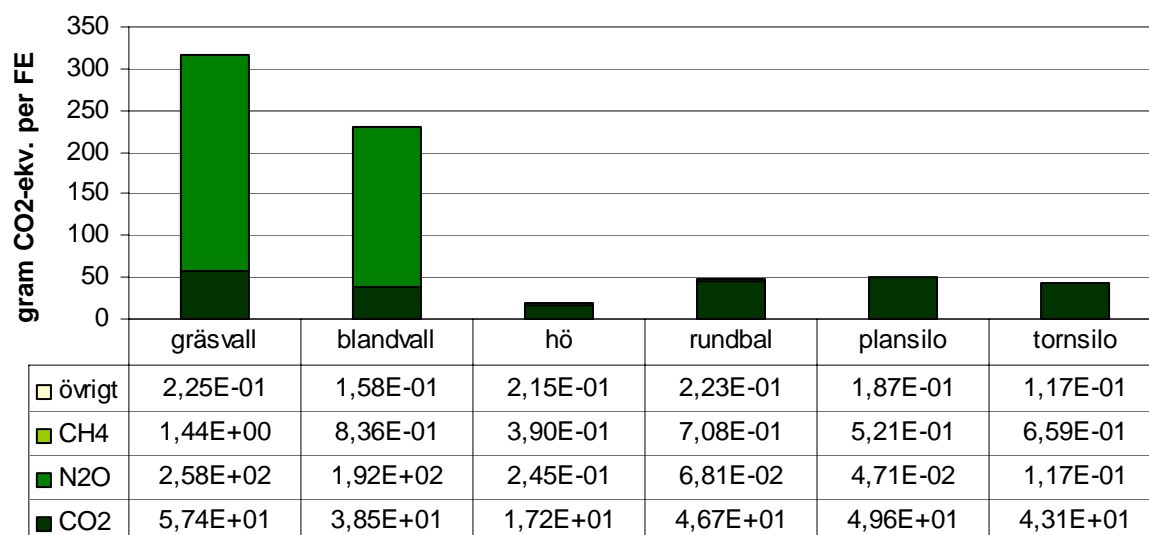
\*\*\*fosfor från mineral (monocalciumfosfat)

### 6.3 Bidrag till klimatförändringar för olika fodermedel

I nedanstående stycken redovisas bidraget till klimatförändring för olika fodermedel. Produktion av jordbruksmaskiner samt infrastruktur är inte inkluderat. Däremot är produktion av fordon samt infrastruktur inkluderat för transporterna (se 2.4.1 Avgränsningar).

#### 6.3.1 Grovfoder

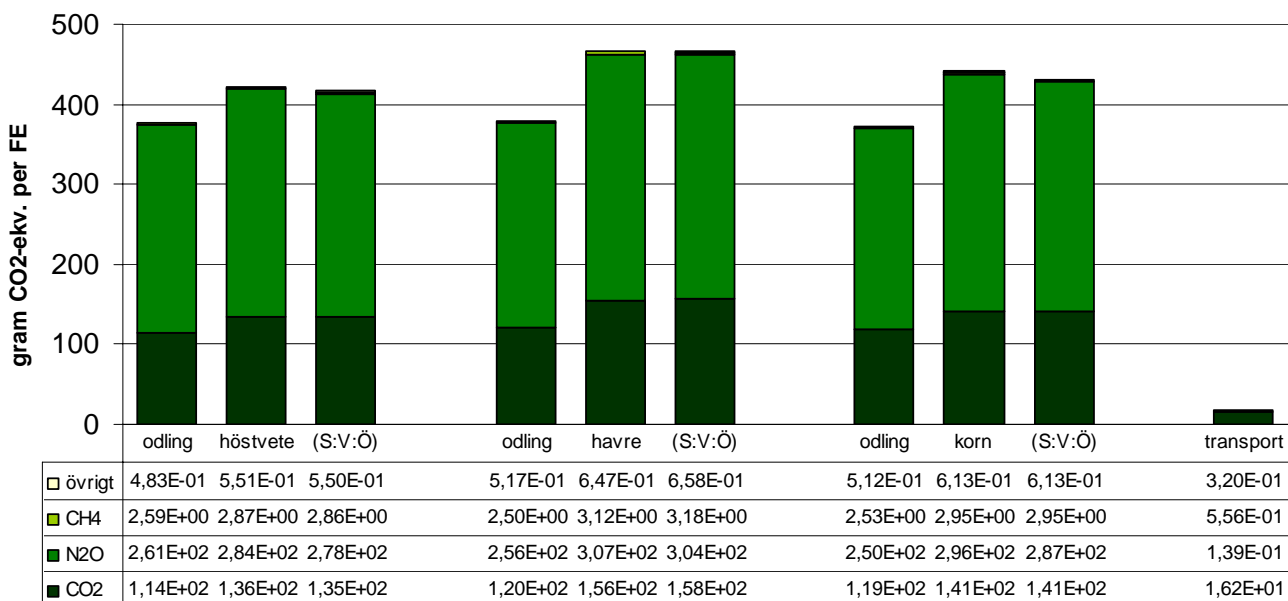
Det dominerande utsläppet av växthusgaser utgörs av lustgas ( $N_2O$ ) i samband med vallodlingen (Figur 6.33). Gräsullen har ett högre bidrag av såväl  $N_2O$  som  $CO_2$ , eftersom en större mängd handelsgödselkväve har använts. Utsläppen kommer då dels från gödselproduktionen ( $CO_2$  och  $N_2O$ ) och dels från direkta markemissioner ( $N_2O$ ) efter gödsling. För torkning eller ensilering av vullen till hö respektive ensilage kommer bidraget till klimatförändringar i stort sett enbart från  $CO_2$  vid förbränning av fossila bränslen. För att erhålla det totala utsläppet av växthusgaser från ett kg ts rent gräsensilage lagrat i rundbal skall alltså stapeln för gräsull och rundbal adderas (ca 365 g  $CO_2$ -ekv per kg ts).



Figur 6.33: Bidrag till klimatförändringar vid produktion av ett kg ts grovfoder.

#### 6.3.2 Spannmål

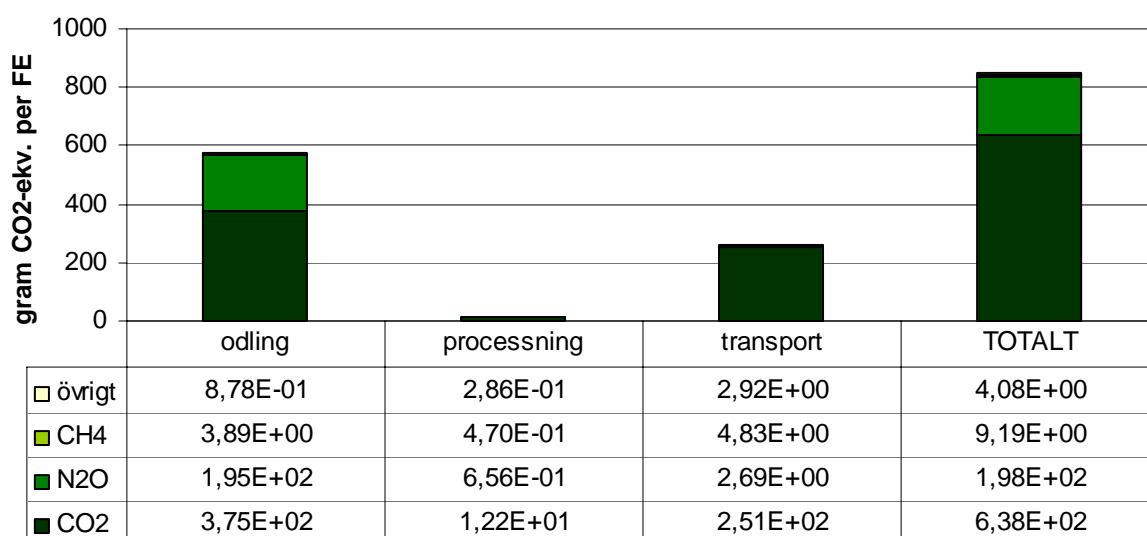
Spannmålsodlingens utsläpp av växthusgaser beräknas till 370 – 465 g  $CO_2$ -ekv per kg med något lägre värde för höstvetete (Figur 6.34). Utsläppen kommer främst från  $N_2O$ -emissioner från N-gödselproduktion och direkta  $N_2O$ -emissioner från åkern, men även  $CO_2$  från förbränning av fossila bränslen vid fältarbete, torkning av spannmål samt kvävegödselproduktion.



Figur 6.34: Bidrag till klimatförändringar vid produktion av ett kg spannmål.

### 6.3.3 Sojamjöl

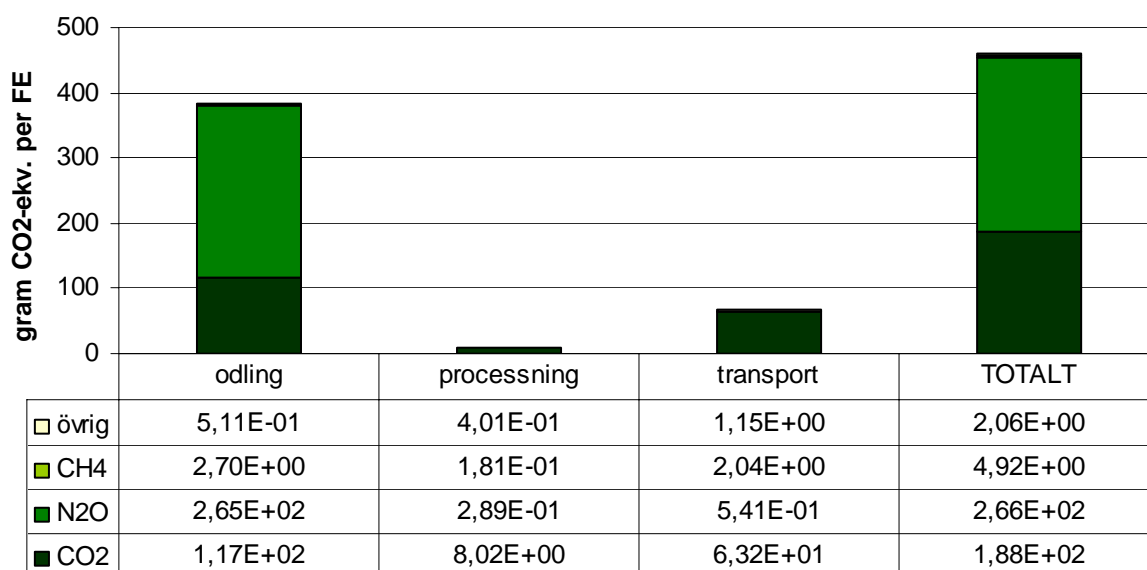
Bidraget till klimatförändringar domineras av koldioxid, vilken till största del kommer från odling. Denna koldioxid beror främst på emissioner från mark på grund av förändrad markanvändning (70 %) och resterande koldioxid i odlingssteget beror på förbränning av diesel i fältarbete samt produktion av handelsgödsel. En stor del av koldioxiden kommer även från transport. Eftersom sojan odlas i Brasilien är transporterna av stor betydelse. Från odlingen sker också emissioner av lustgas, vilka motsvarar ca en tredjedel av odlingens bidrag till klimatförändringarna. Figur 6.35 visar bidraget till klimatförändring vid produktion och transport vilket uppgår till drygt 800 g CO<sub>2</sub>-ekv per kg sojamjöl.



Figur 6.35: Bidrag till klimatförändringar vid produktion av ett kg sojamjöl.

### 6.3.4 ExPro®

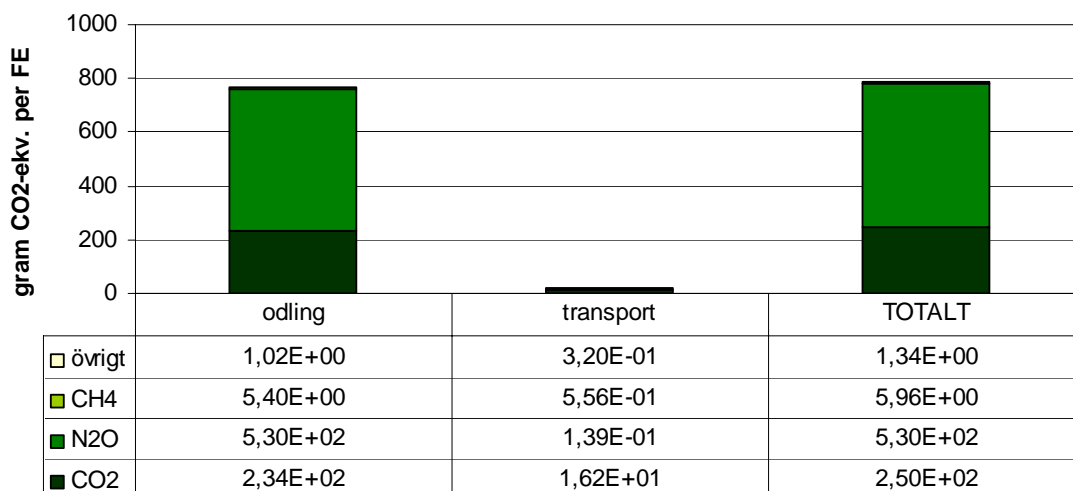
Odlingssteget är det helt dominerande för bidrag till klimatförändringar vid produktion av ExPro®. Detta kommer främst från N<sub>2</sub>O från kvävegödselproduktion och N<sub>2</sub>O-avgång från fält, men även från CO<sub>2</sub> vid förbränning av fossila bränslen vid fältarbete, torkning samt produktion av handelsgödsel. Jämfört med rapsfrö har ExPro® ett lägre bidrag till klimatförändringar vilket ju beror på att rapsolja också har producerats jämte ExPro® och därmed delas utsläppen på två produkter. Processningssteget ger ett mycket lågt bidrag eftersom en stor del biobränsle används samt svensk elektricitet, som består av vattenkraft och kärnkraft, vilka bägge ger låga utsläpp av växthusgaser. Bidraget till klimatförändring för ExPro® visas i Figur 6.36 och beräknas uppgå till ca 460 g CO<sub>2</sub>-ekv per kg.



Figur 6.36: Bidrag till klimatförändringar vid produktion av ett kg ExPro®.

### 6.3.5 Rapsfrö

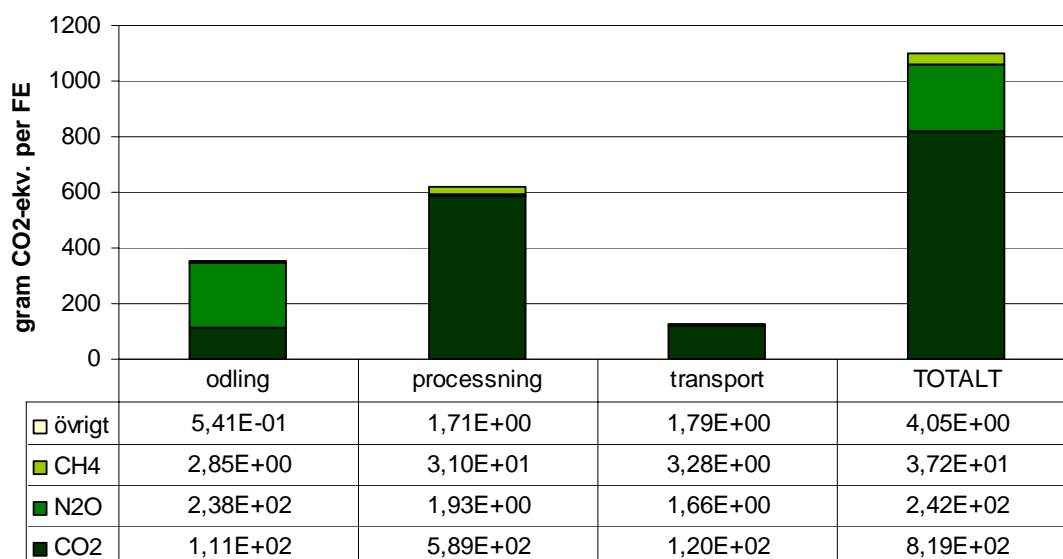
Vid rapsfröodling kommer största bidraget till klimatförändringar från N<sub>2</sub>O vid produktion av handelsgödsel och emissioner från fält, men även från CO<sub>2</sub> vid förbränning av fossila bränslen vid fältarbete, torkning samt produktion av handelsgödsel. Eftersom ingen ytterligare hantering av rapsfröna sker, till skillnad från ExPro®, läggs hela miljöbelastningen vid odlingen på rapsfröna, varför den är högre än för ExPro®. I Figur 6.37 visas bidraget till klimatförändringar för rapsfrö vilket totalt beräknas till ca 800 g CO<sub>2</sub>-ekv per kg.



Figur 6.37: Bidrag till klimatförändringar vid produktion av ett kg rapsfrö.

### 6.3.6 Majsglutenmjöl

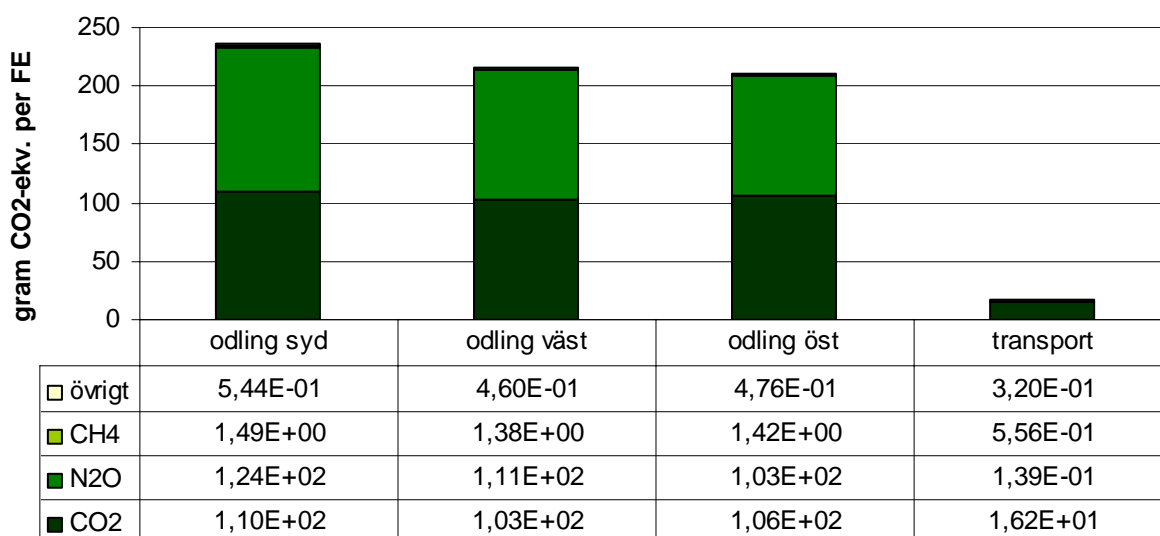
Processningssteget är den delprocess som ger störst bidrag till klimatförändringar. Detta kommer från utsläpp av CO<sub>2</sub> vid förbränning av fossila bränslen, främst gas men också från elproduktionen, då denna antas vara europeisk medellev som till stor del består av fossilbränsle. Vid odlingen kommer största bidraget från N<sub>2</sub>O vid produktion av handelsgödsel och emissioner från fält, men även CO<sub>2</sub> vid förbränning av fossila bränslen vid fältarbete och produktion av handelsgödsel ger ett betydande bidrag. Resultaten för bidrag till klimatförändringar i samband med majsglutenmjöl redovisas i Figur 6.38 och beräknas uppgå till mer än 1 000 g CO<sub>2</sub>-ekv per kg. Majsglutenmjöl är en av de mer komplicerade foderprodukterna att analysera, eftersom flera produkter produceras samtidigt som majsglutenmjölet (som egentligen är en biprodukt) och därför är det svårt att fastställa majsglutenmjölets miljöpåverkan. I den här studien har ekonomisk allokering valts, men resultaten kan bli annorlunda om annan allokering metod används.



Figur 6.38: Bidrag till klimatförändringar vid produktion av ett kg majsglutenmjöl.

### 6.3.7 Ärtor och åkerbönor

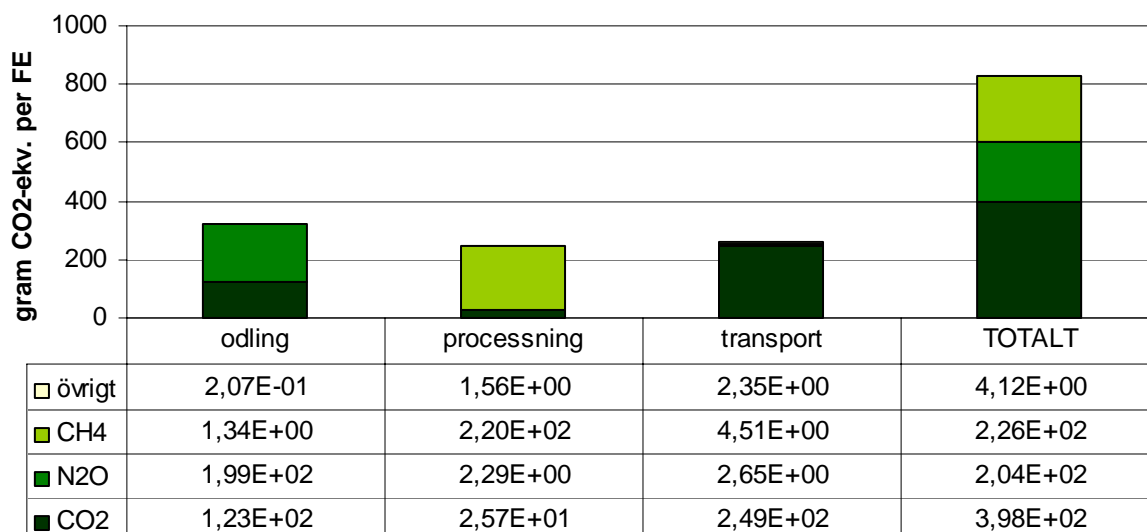
Jämfört med flera av de andra fodermedlen så kommer en mindre andel av utsläppet av växthusgaser från N<sub>2</sub>O för ärtor/åkerbönor. Detta beror på att inget handelsgödselkväve har använts vilket reducerar utsläppen av både N<sub>2</sub>O och CO<sub>2</sub>. Även bidraget av N<sub>2</sub>O från fält är lägre, på grund av att ingen kvävegödsel applicerats. Däremot används diesel vid fältarbete och olja vid torkning, som ger upphov till CO<sub>2</sub>. Resultaten för ärtor och åkerbönors bidrag till klimatförändringarna redovisas i Figur 6.39 och dessa uppgår till ca 210 – 240 g CO<sub>2</sub>-ekv per kg.



Figur 6.39: Bidrag till klimatförändringar vid produktion av ett kg ärtor/åkerbönor.

### 6.3.8 Palmkärneexpeller

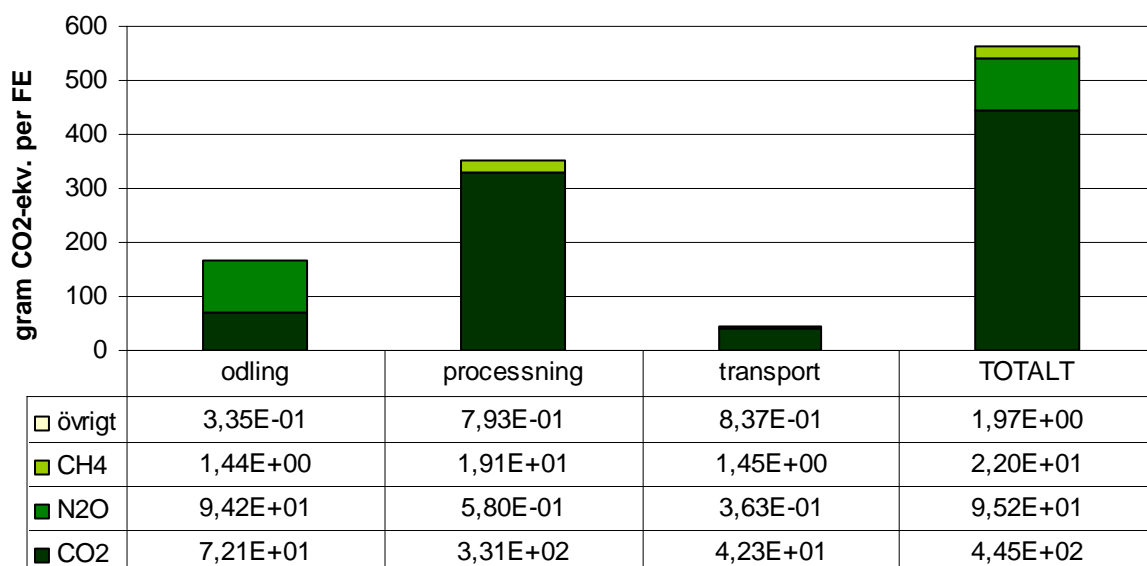
Bidraget till klimatförändringar vid produktion och transport av palmkärneexpeller redovisas i Figur 6.40. Alla delstegen ger upphov till ungefär lika stort bidrag, dock med helt skilda emissioner. I odlingen används relativt lite fossilbränsle och därmed är också CO<sub>2</sub> utsläppen med fossilt ursprung låga, däremot kommer en del CO<sub>2</sub> (ca 75 %) från CO<sub>2</sub>-emissioner från mark vid förändrad markanvändning. Det största bidraget är dock N<sub>2</sub>O på grund av att en del av odlingen (ca 4%) sker på torvjordar (se 4.4.1 Palmkärneexpeller). Vid processningen är emissioner av CH<sub>4</sub> vid rening av POME det helt dominerande bidraget. För transporter står CO<sub>2</sub> för i stort sett hela bidraget. Totalt beräknas utsläppen till ca 800 g CO<sub>2</sub>-ekv per kg.



Figur 6.40: Bidrag till klimatförändringar vid produktion av ett kg palmkärneexpeller.

### 6.3.9 Betfiber och betfor

Största delen av bidraget till klimatförändringar kommer från CO<sub>2</sub> från förbränning av naturgas i processningssteget. I odlingen står N<sub>2</sub>O för största bidraget, följt av CO<sub>2</sub>. Resultaten för bidrag till klimatförändringar i samband med produktion och transport av betfiber visas i Figur 6.41 och uppgår totalt till ca 560 g CO<sub>2</sub>-ekv per kg.



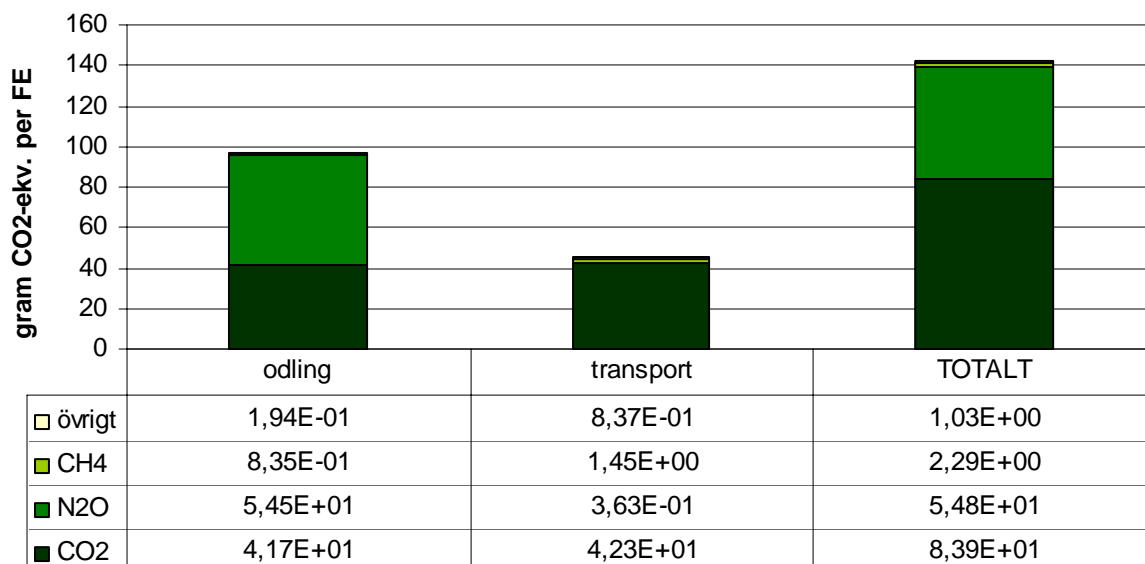
Figur 6.41: Bidrag till klimatförändringar vid produktion av ett kg betfiber/betfor.

Bidraget till växthuseffekten hade varit drygt 50 % högre i processningssteget om betfibern hade varit importerad istället för svensk, då kol och olja släpper ut mer CO<sub>2</sub> per MJ än naturgas.



### 6.3.10 Melass

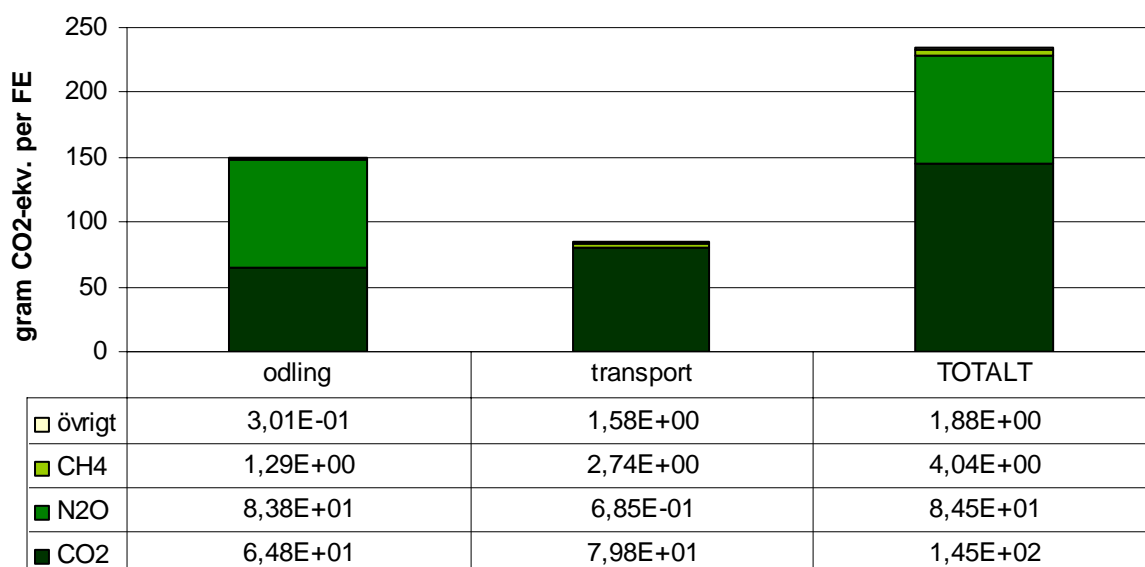
Odlingen är det steg som ger störst bidrag till klimatförändringar, främst emissioner av N<sub>2</sub>O, men även CO<sub>2</sub> (Figur 6.42). I transportsteget kommer största bidraget från CO<sub>2</sub>. Totalt utsläpp beräknas till 140 g CO<sub>2</sub>-ekv per kg.



Figur 6.42: Bidrag till klimatförändringar vid produktion av ett kg melass.

### 6.3.11 HP-massa

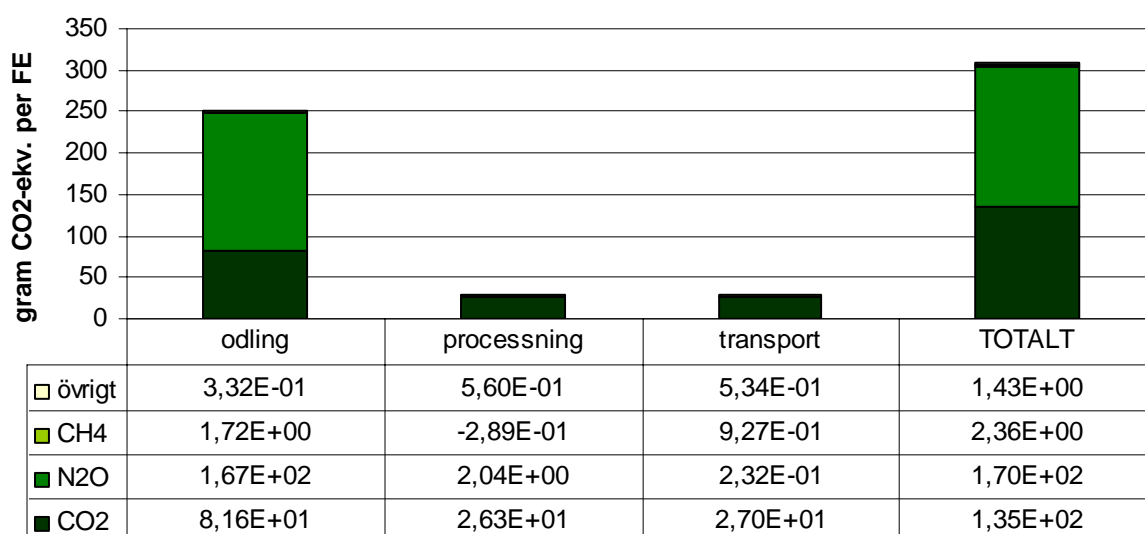
Största bidraget till klimatförändringar kommer från odlingssteget, där N<sub>2</sub>O står för drygt hälften och CO<sub>2</sub> för resten. Transportstegets bidrag kommer nästan uteslutande från CO<sub>2</sub>. I Figur 6.43 visas resultatet för HP-massans bidrag till klimatförändring vilket uppgår till knappt 240 g CO<sub>2</sub>-ekv per kg ts.



Figur 6.43: Bidrag till klimatförändringar vid produktion av ett kg HP-massa (som ts).

### 6.3.12 Agrodrank, klimatförändringar

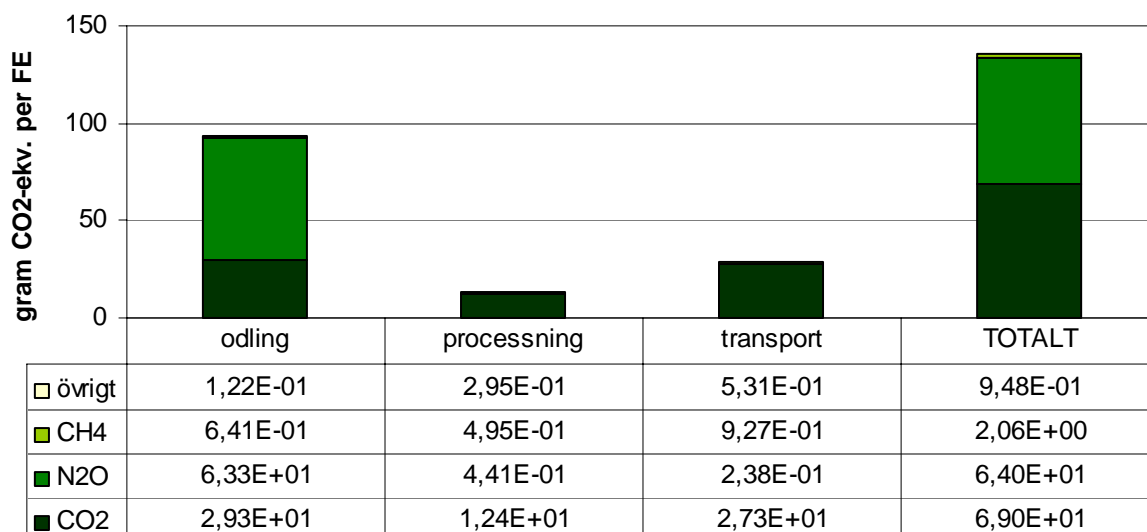
I Figur 6.44 visas bidraget till klimatförändringar för produktion av agrodrank vilket totalt beräknas uppgå till drygt 300 g CO<sub>2</sub>-ekv per kg. Till skillnad från uttaget av energiresurser är det odlingen är det som står för största bidraget. N<sub>2</sub>O vid produktion av handelsgödsel och emissioner från fält är det som upphov till största bidraget, men även CO<sub>2</sub> vid förbränning av fossila bränslen vid fältarbete, torkning och produktion av handelsgödsel är viktig. Trots en relativt hög energianvändning i processningssteget är bidraget till klimatförändringen lågt, eftersom energin här främst bestod av bibränsle.



Figur 6.44: Bidrag till klimatförändringar vid produktion av ett kg agrodrank.

### 6.3.13 Vetekli

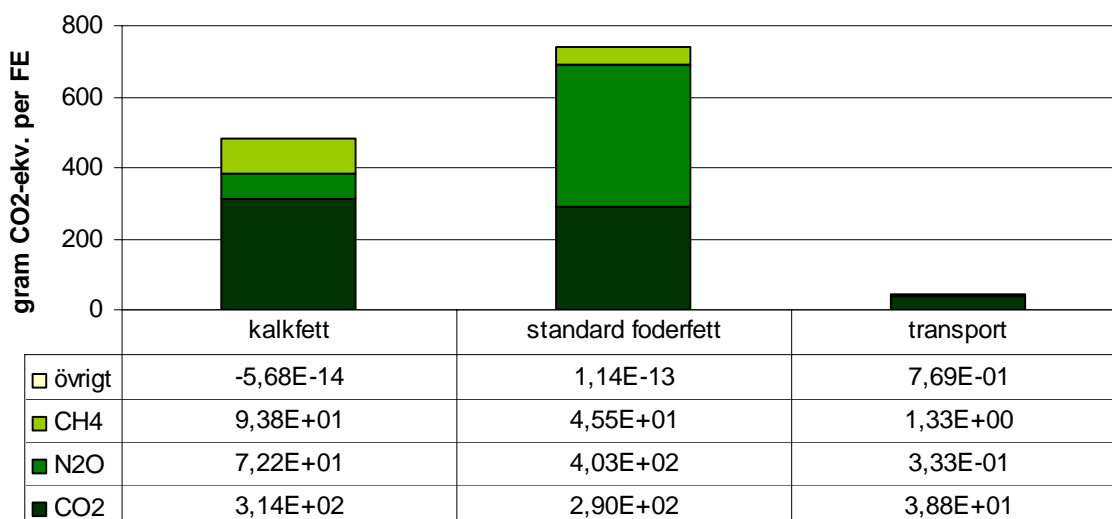
Eftersom (svensk) el är den dominerade energibäraren vid processning (och inga andra utsläpp sker), är utsläppen av växthusgaser mycket låga. Vid odlingen är det, liksom redovisats under spannmål, N<sub>2</sub>O som ger det största bidraget till klimatförändring. Dessa kommer från produktion av handelsgödsel och emissioner från åker. De CO<sub>2</sub> utsläpp som sker kommer från förbränning av fossila bränslen vid fältarbete, torkning av spannmål samt handelsgödselproduktion. Bidraget till klimatförändringar vid produktion av vetekli redovisas i Figur 6.45 och uppgår till knappt 140 g CO<sub>2</sub>-ekv per kg.



Figur 6.45: Bidrag till klimatförändringar vid produktion av ett kg vetekli.

### 6.3.14 Foderfett

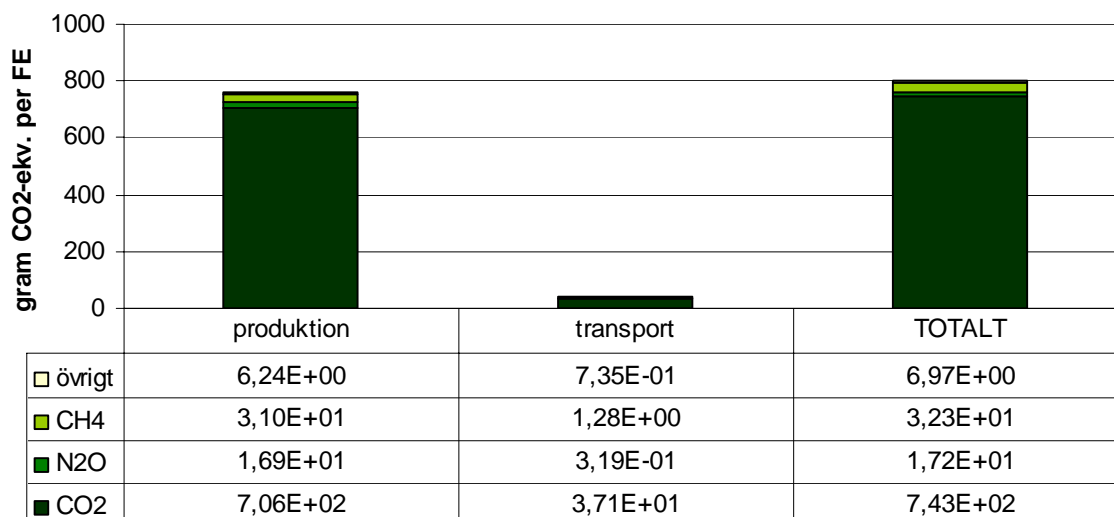
Standard foderfett ger större bidrag till klimatförändring än kalkfett, se Figur 6.46. För standard foderfett kommer största bidraget från lustgas emissioner, medan CO<sub>2</sub> är största bidraget för kalkfett. Resultaten för foderfetter är hämtade från en studie från 2000 (Wallén et al, 2000), där emissioner av CO<sub>2</sub> från mark inte är inkluderade och därför kan resultaten vara något underskattade.



Figur 6.46: Bidrag till klimatförändringar vid produktion av ett kg kalkfett respektive standard foderfett.

### 6.3.15 Monocalciumfosfat (komponent i mineralfoder)

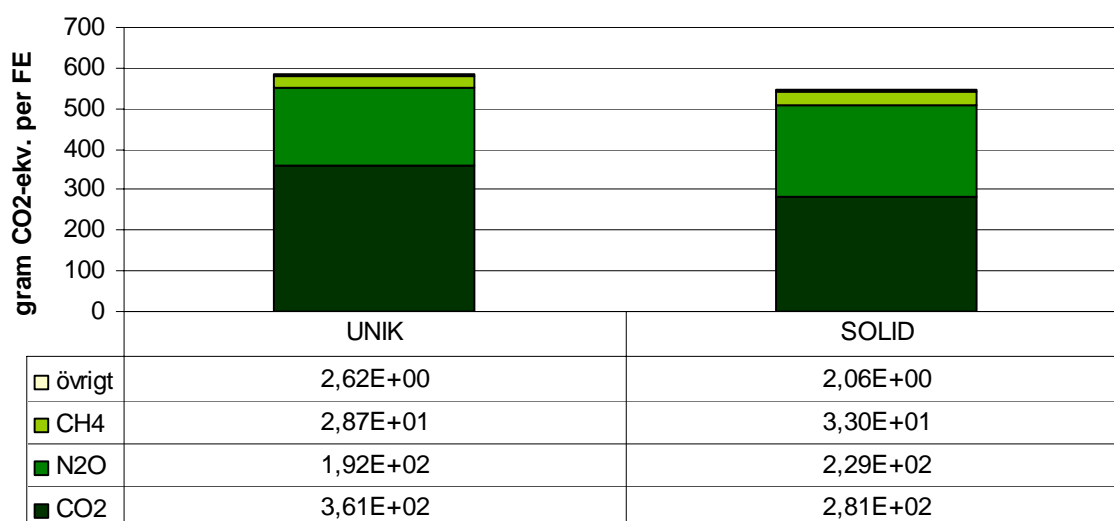
Det absolut största bidraget till klimatförändringar för mineral (monocalciumfosfat) kommer från CO<sub>2</sub> vid förbränning av fossila bränslen och det är produktionen som står för det helt dominerande biten, transport till foderfabrik motsvarar bara en liten del (Figur 6.47). Det beräknas att ca 800 g CO<sub>2</sub>-ekv släpps ut i produktionen av 1 kg monocalciumfosfat.



Figur 6.47: Bidrag till klimatförändringar vid produktion av ett kg mineral (monocalciumfosfat).

### 6.3.16 Färdiga kraftfoderblandningar

Bidrag till klimatförändringar för produktion av proteinkraftfoder (Unik) och färdigfoder (Solid) visas i Figur 6.48. Det dominerande bidraget kommer från CO<sub>2</sub> samt N<sub>2</sub>O för båda blandningarna och uppgår till drygt 580 g CO<sub>2</sub>-ekv per kg Unik och drygt 540 g CO<sub>2</sub>-ekv per kg Solid.



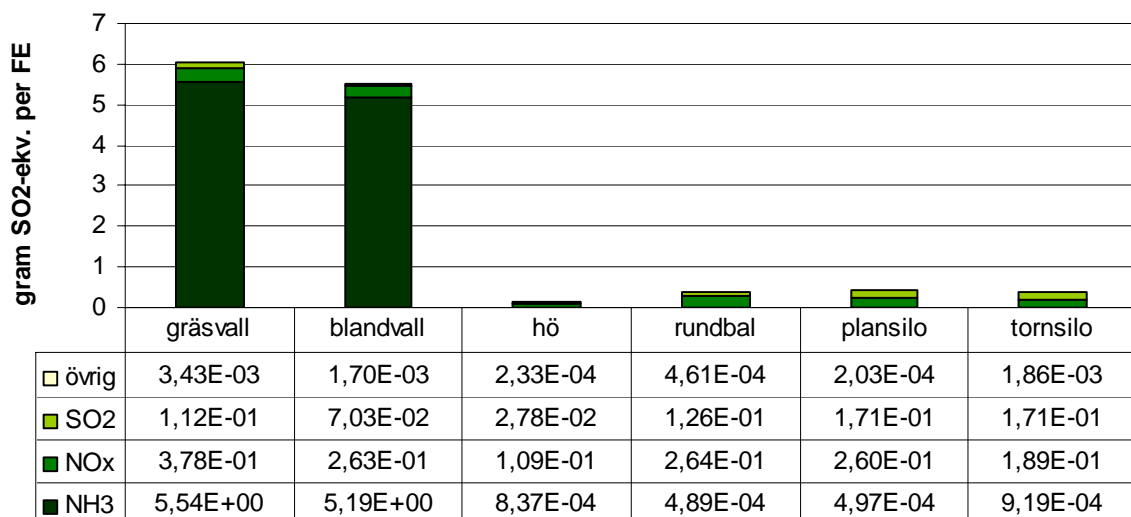
Figur 6.48: Bidrag till klimatförändringar vid produktion av ett kg proteinkraftfoder (Unik) och ett kg färdigfoder (Solid).

## 6.4 Bidrag till försurning för olika fodermedel

I nedanstående stycken redovisas bidraget till försurning för olika fodermedel. Produktion av jordbruksmaskiner och infrastruktur för dessa är inte inkluderat. För transporter däremot är både produktion och avfallshantering av fordon samt infrastruktur inkluderat (se 2.4.1 Avgränsningar).

### 6.4.1 Grovfoder

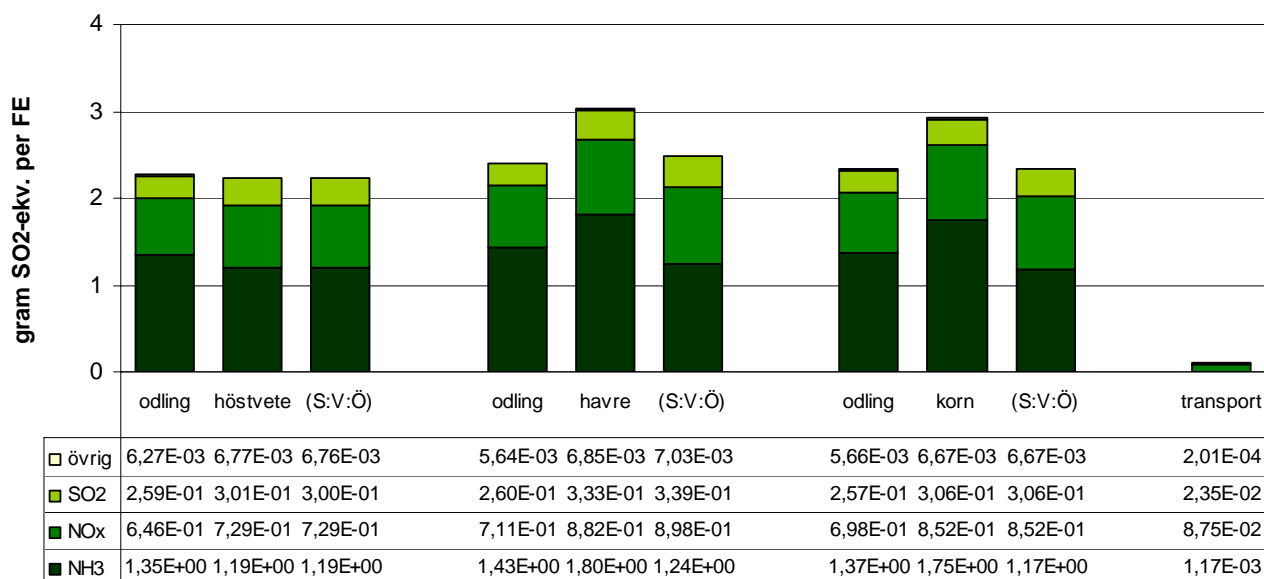
Det helt dominerande bidraget till försurning kommer från emissioner av ammoniak från gödslingen med stallgödsel. En liten del i odlingen kommer även från NO<sub>x</sub> samt SO<sub>2</sub>, som härstammar från förbränningen diesel. Av hanteringssystemen ger hö lägst bidrag till försurning. De olika ensilageformerna ger ungefär lika bidrag och NO<sub>x</sub> samt SO<sub>2</sub> från förbränning av fossilbränsle är grunden till dessa utsläpp. Resultaten för bidrag till försurning i samband med vallodling och produktion av hö och ensilage visas i Figur 6.49.



Figur 6.49: Bidrag till försurning vid produktion av ett kg ts grovfoder.

### 6.4.2 Spannmål

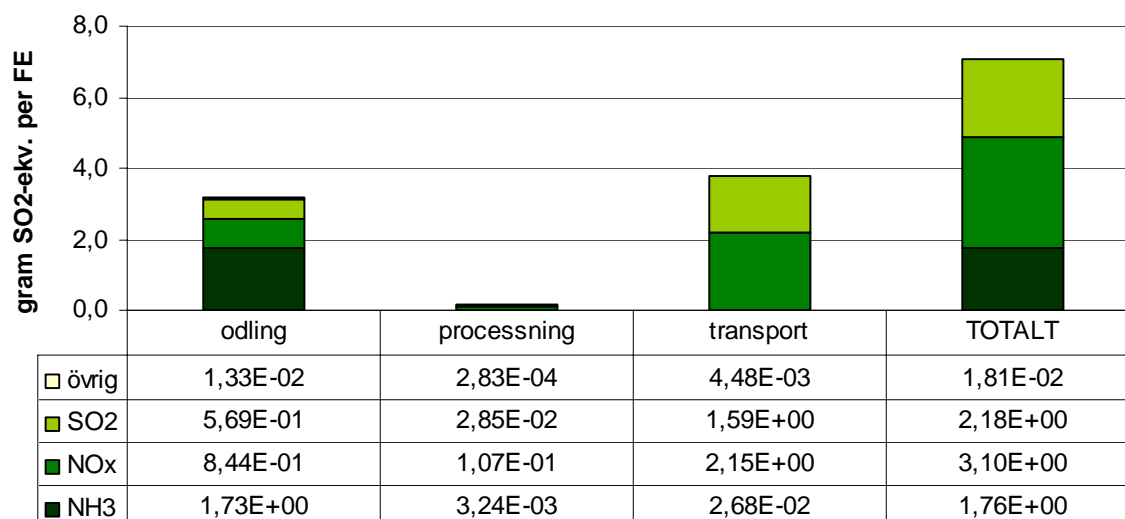
Ammoniakutsläpp från kvävegödsling är det som ger störst bidrag till försurning för samtliga odlingar, följt av NO<sub>x</sub> och SO<sub>2</sub> (Figur 6.50). De högre bidragen till försurning för odling av havre och korn i väst beror på relativt låga skördar samtidigt som ammoniakutsläppen är relativt höga. För transporten ger NO<sub>x</sub> det största bidraget till försurning, följt av SO<sub>2</sub>, men jämfört med odlingen är transporten av mindre betydelse.



Figur 6.50: Bidrag till försurning vid produktion av ett kg spannmål.

### 6.4.3 Sojamjöl

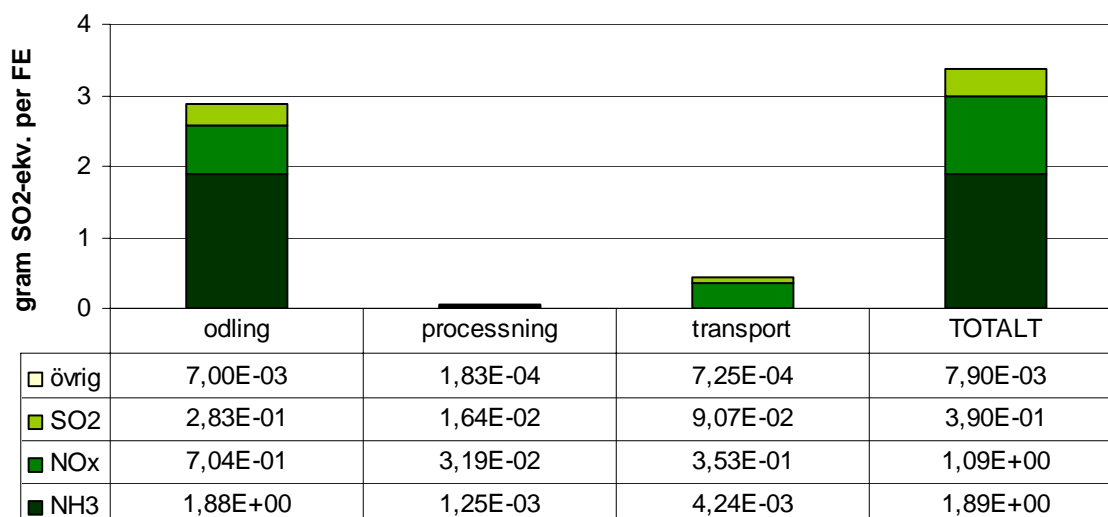
Transporten är det största bidraget för sojamjålet, främst från utsläpp av NO<sub>x</sub>, men även från SO<sub>2</sub>. Från odlingen dominerar ammoniak, följt av NO<sub>x</sub> och SO<sub>2</sub>. Resultaten för sojamjölets bidrag till försurning visas i Figur 6.51.



Figur 6.51: Bidrag till försurning vid produktion av ett kg sojamjöl.

#### 6.4.4 ExPro®

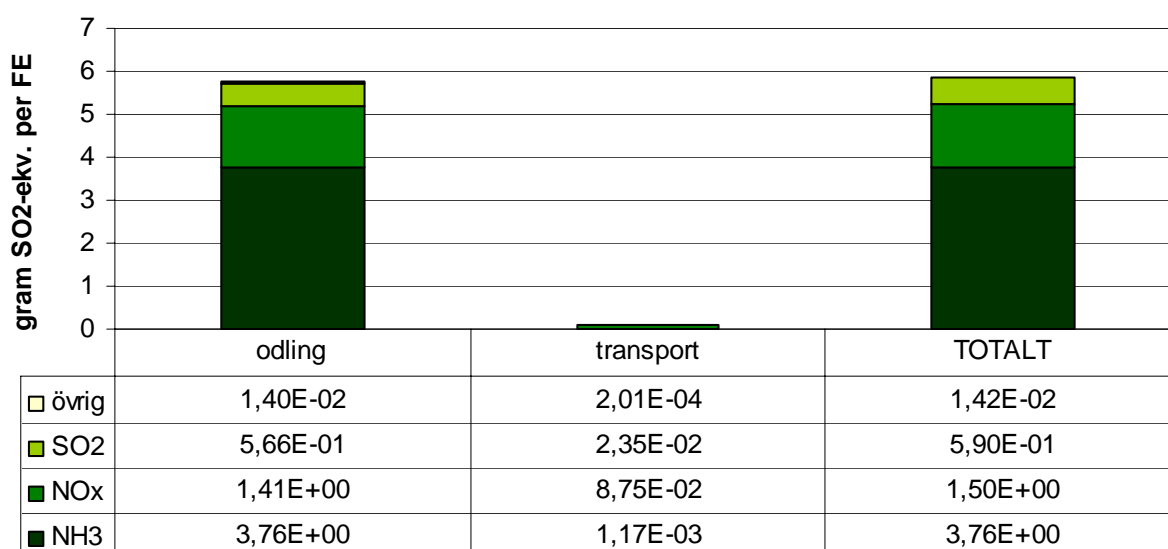
Största bidraget till försurning kommer från ammoniakutsläpp från odlingens kvävegödsling, följt av NO<sub>x</sub> och SO<sub>2</sub>, också främst från odling (Figur 6.52). Processningen ger ett ytterst litet bidrag till försurning och för transporten är det främst NO<sub>x</sub>, men även en liten del SO<sub>2</sub> som bidrar till försurning.



Figur 6.52: Bidrag till försurning vid produktion av ett kg ExPro®.

#### 6.4.5 Rapsfrö

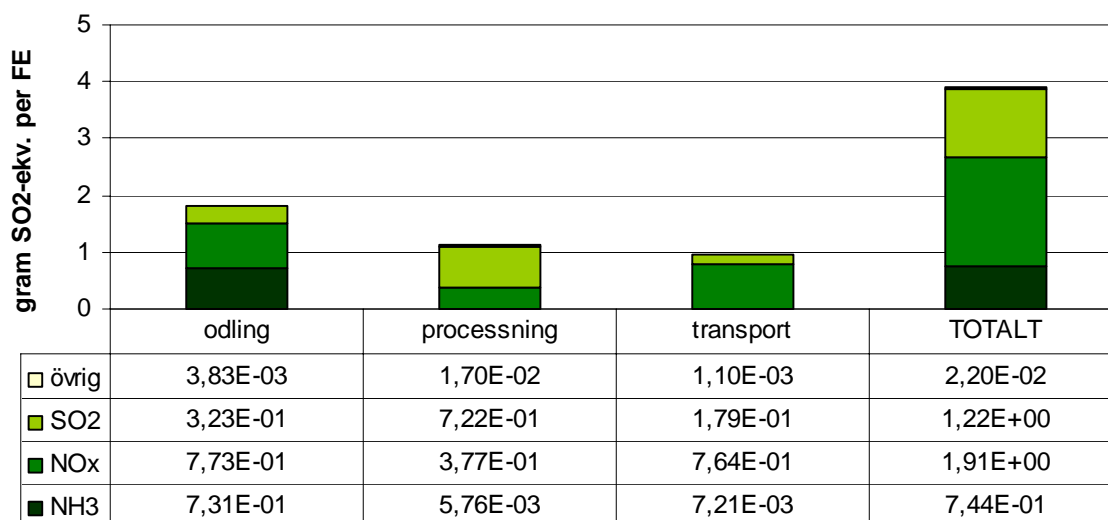
Odlingssteget dominerar helt bidraget till försurning för rapsfrö (Figur 6.53). Det största utsläppet kommer från ammoniak, följt av NO<sub>x</sub> och en liten del SO<sub>2</sub>. Transporten har endast små utsläpp av främst NO<sub>x</sub>.



Figur 6.53: Bidrag till försurning vid produktion av ett kg rapsfrö.

### 6.4.6 Majsglutenmjöl

De olika delstegens bidrag till försurning är relativt lika för majsglutenmjöl. Från odlingen sker bidragen främst från NOx och ammoniak, samt en mindre del SO<sub>2</sub>. För processning ger SO<sub>2</sub> upphov till störst påverkan, följt av NOx. Transportsteget domineras av NOx utsläpp och en liten del SO<sub>2</sub>. Som framgår av Figur 6.54 ger NOx det största bidraget totalt, följt av SO<sub>2</sub> och ammoniak.

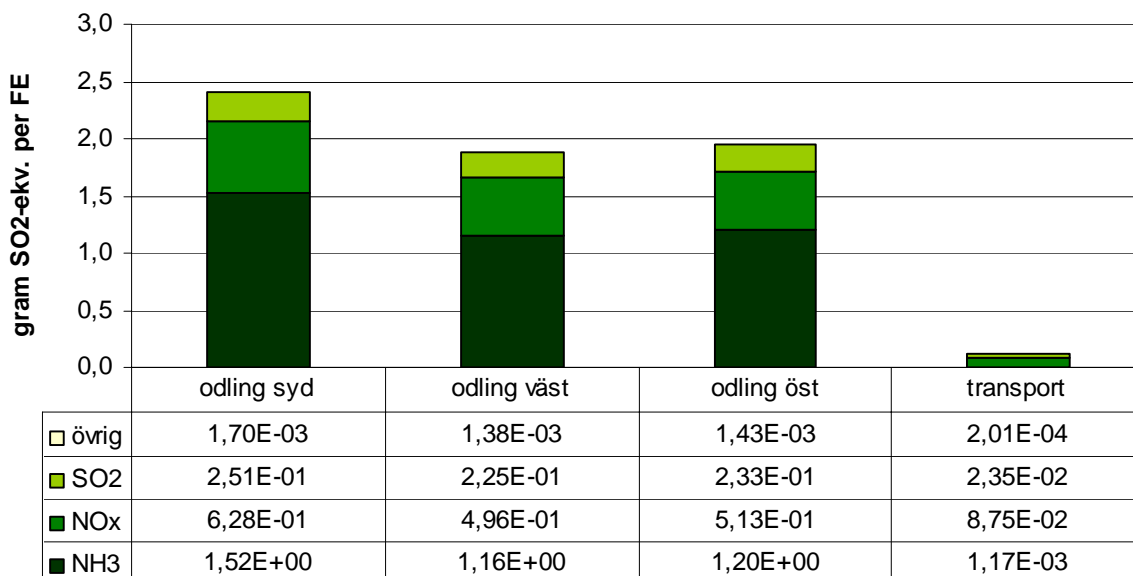


Figur 6.54: Bidrag till försurning vid produktion av ett kg majsglutenmjöl.

### 6.4.7 Ärtor och åkerbönor

Ammoniakutsläpp är det som ger störst bidrag till försurning för samtliga områden. Odling i syd har störst bidrag till försurning, på grund av att skörden är lägst där, samtidigt som ammoniakutsläppen per hektar beräknades som lika i alla områden. Näst största bidraget ger NO<sub>x</sub>, följt av SO<sub>2</sub>. Transport har en mycket liten påverkan i jämförelse. Resultaten för bidrag till försurning av ärtor/åkerbönor ses i Figur 6.55.

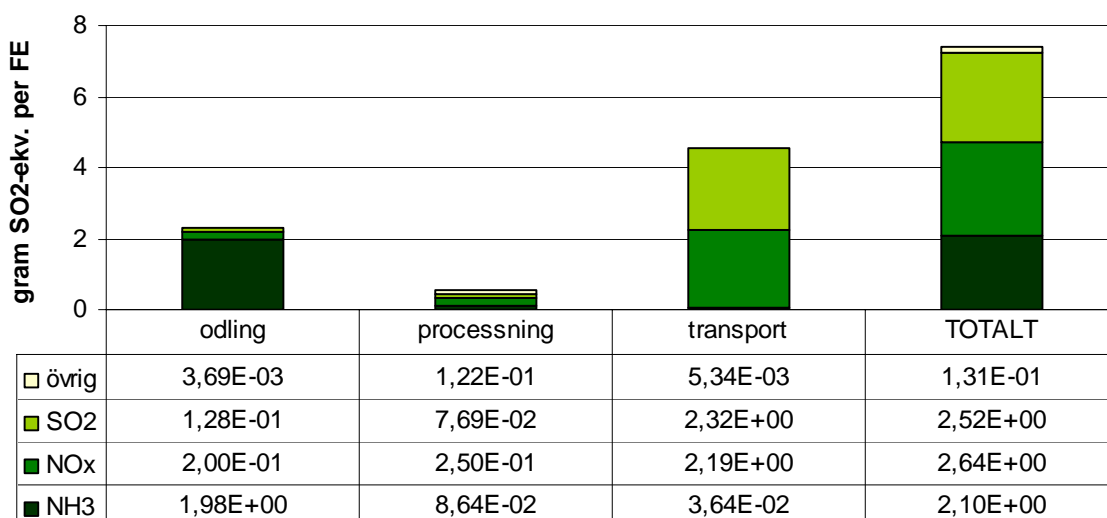




Figur 6.55: Bidrag till försurning vid produktion av ett kg ärter/åkerbönor.

#### 6.4.8 Palmkärneexpeller

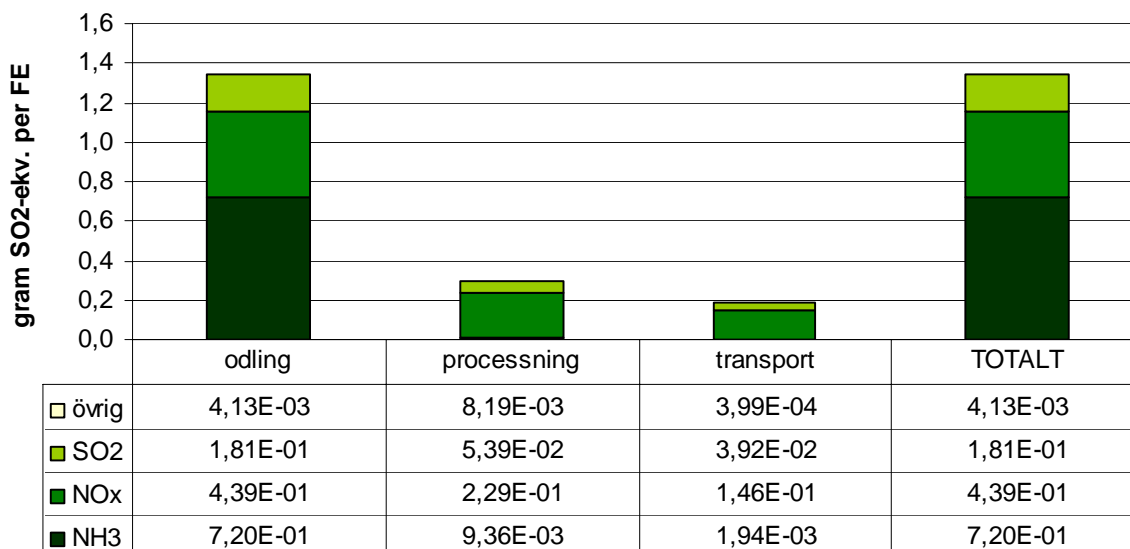
Totalt har NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> och ammoniak relativt lika utsläpp av försurande gaser (Figur 6.56). NO<sub>x</sub> och SO<sub>2</sub> kommer till största del från transport och ammoniak från odling. Processteget har ett relativt litet bidrag till försurning.



Figur 6.56: Bidrag till försurning vid produktion av ett kg palmkärneexpeller.

### 6.4.9 Betfiber och betfor

Odlingssteget har störst utsläpp av försurande gaser, följt av processning och transport (Figur 6.57). Odlingen domineras av ammoniak, men även NO<sub>x</sub> och SO<sub>2</sub> är av betydelse. För processning och transport är NO<sub>x</sub> av störst betydelse, samt en liten del från SO<sub>2</sub>.

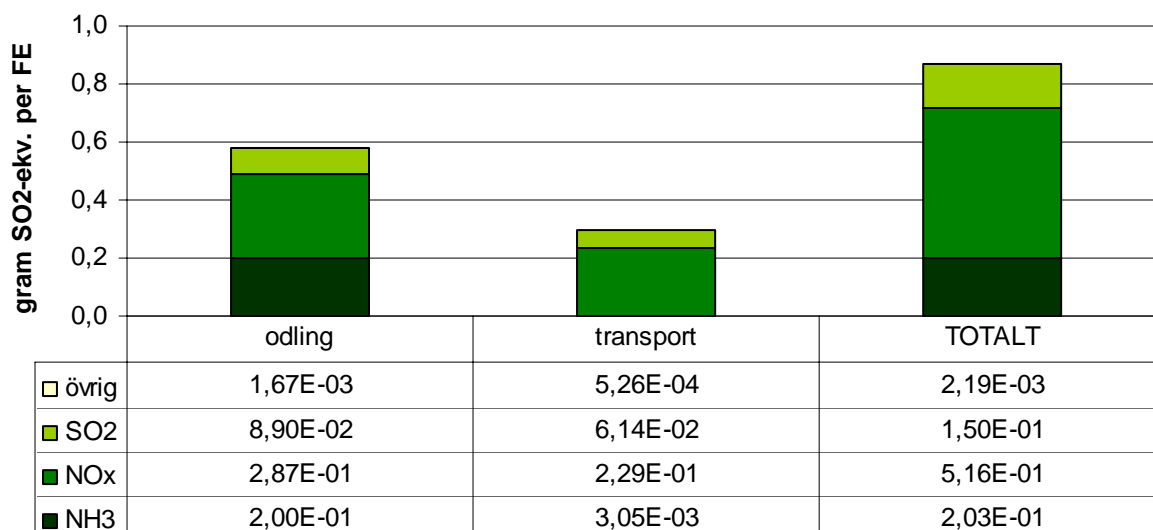


Figur 6.57: Bidrag till försurning vid produktion av ett kg betfiber/betfor.

Försurning är den miljöpåverkanskategori där skillnaden i processningssteget är störst beroende på om betfibern antas vara importerad eller svensk. Kol och (tung eldnings-) olja ger upphov till 12 gånger så stort bidrag till försurning (på grund av SO<sub>2</sub>-emissioner), då dessa används vid torkning jämfört med naturgas. Figur 6.57 visar den svenska produktion med naturgas som energikälla i torkningen.

### 6.4.10 Melass

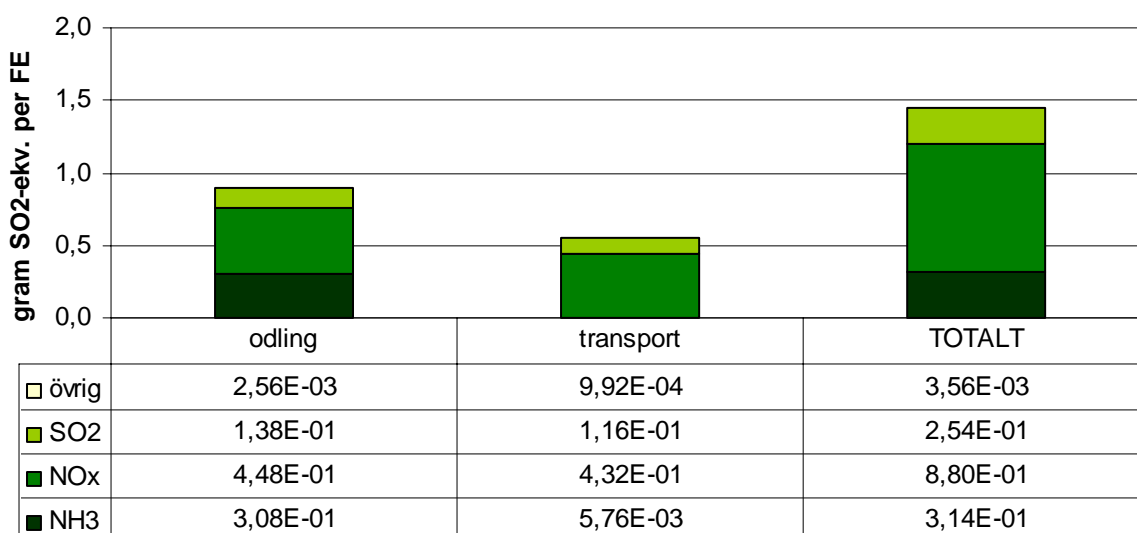
Utsläpp av NO<sub>x</sub> och SO<sub>2</sub> är relativt lika för odling och transport, men i odlingssteget sker även emissioner av ammoniak, vilket ger detta steg högst bidrag till försurning för melassen (Figur 6.58).



Figur 6.58: Bidrag till försurning vid produktion av ett kg melass.

#### 6.4.11 HP-massa

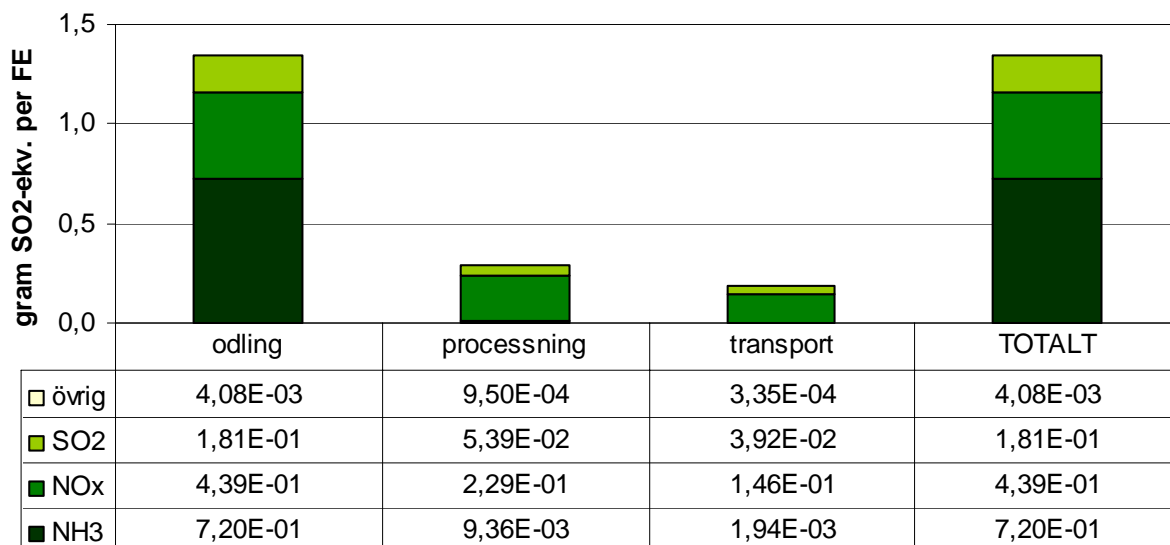
Transportsteget står för en relativt stor del av bidrag till försurning för HP-massa, men det är ändå odlingssteget som ger det största bidraget (Figur 6.59). För odlingen är NO<sub>x</sub>-emissioner det dominerande bidraget både i odlingssteget och i transportsteget. Ammoniak har näst störst bidrag till försurning och detta kommer i stort sett enbart från odlingen. Utsläpp av SO<sub>2</sub> sker i nästan samma omfattning från odlingen som från transporten. Både utsläpp av NO<sub>x</sub> och SO<sub>2</sub> sker vid förbränning av fossila bränslen, medan ammoniakemissionerna kommer från kvävegödsling.



Figur 6.59: Bidrag till försurning vid produktion av ett kg HP-massa.

### 6.4.12 Agrodrank

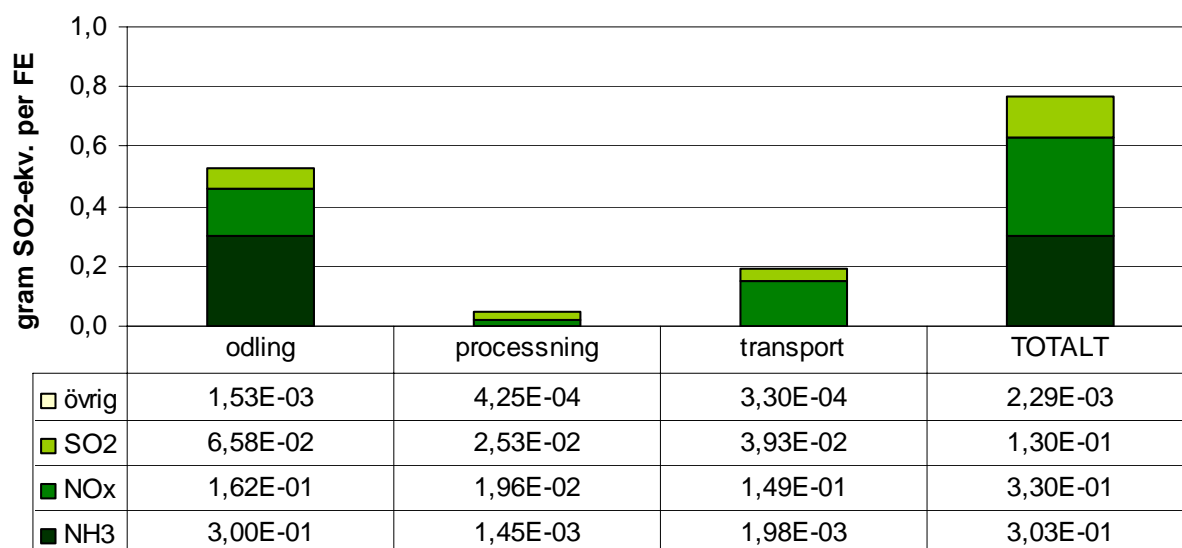
Odlingen är det steg som ger störst bidrag till försurning vid produktion av agrodrank, främst från utsläpp av ammoniak, men också NO<sub>x</sub> och svavelutsläpp (Figur 6.60). Från processning och transport har NO<sub>x</sub> störst påverkan, följt av en liten del SO<sub>2</sub>.



Figur 6.60: Bidrag till försurning vid produktion av ett kg agrodrank.

### 6.4.13 Vetekli

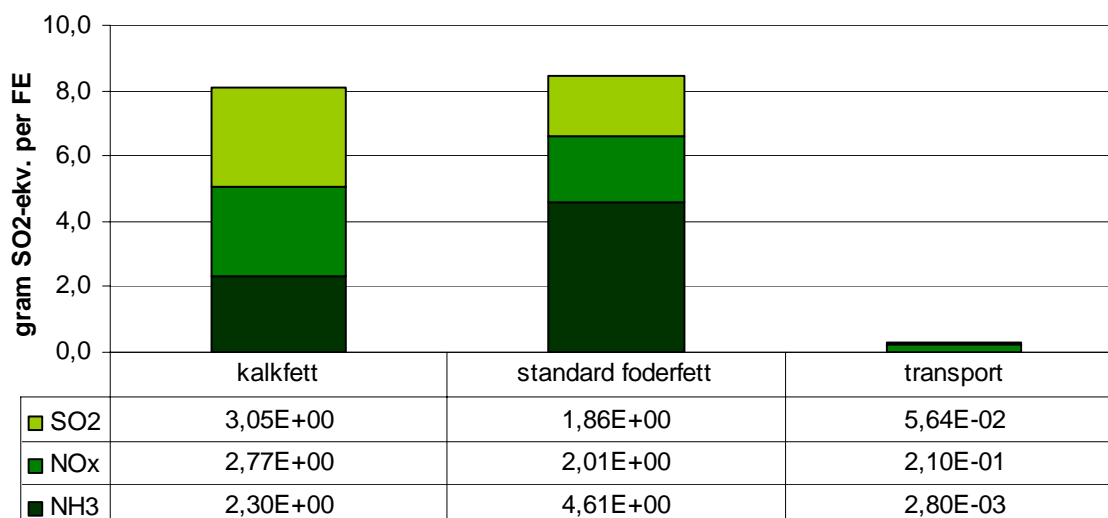
Bidraget till försurning för vetekli i odlingssteget beror främst på ammoniak, följt av NO<sub>x</sub> och SO<sub>2</sub>. Bidraget från processningssteget är relativt litet. För transport är NO<sub>x</sub> det som ger störst utslag följt av SO<sub>2</sub>. Ser man till hela kedjan ger NO<sub>x</sub> lite större bidrag än ammoniak, följt av SO<sub>2</sub>. Bidraget till försurning för vetekli visas i Figur 6.61.



Figur 6.61: Bidrag till försurning vid produktion av ett kg vetekli.

#### 6.4.14 Foderfett,

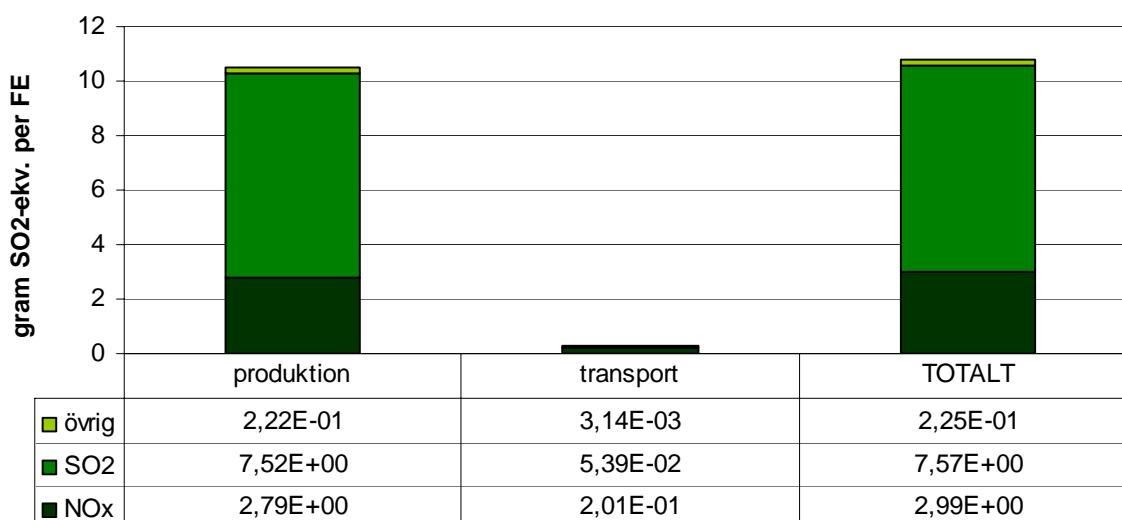
Bidraget till försurning är relativt lika för kalkfett och standardfoderfett, se Figur 6.62. För kalkfett är bidraget från ammoniak, NO<sub>x</sub> och SO<sub>2</sub> relativt lika, medan ammoniak står för över hälften och NO<sub>x</sub> och SO<sub>2</sub> för ca en fjärdedel var för standard foderfett.



Figur 6.62: Bidrag till försurning vid produktion av ett kg kalkfett respektive ett kg standard foderfett.

#### 6.4.15 Monocalciumfosfat (komponent i mineralfoder)

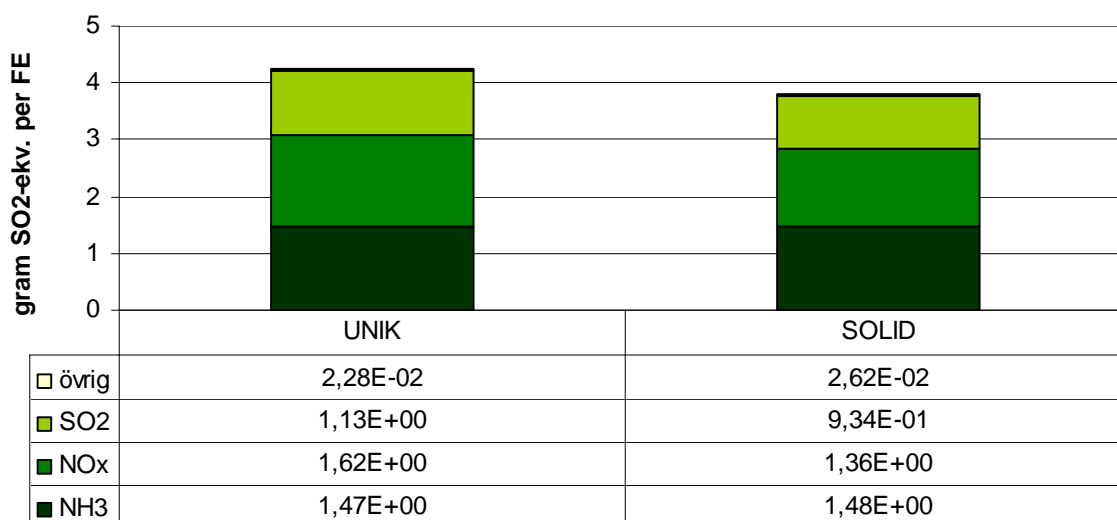
Det dominerande bidraget för monocalciumfosfat kommer från SO<sub>2</sub> utsläpp vid produktionen, men även en del NO<sub>x</sub> emissioner (Figur 6.63). Transporten till foderfabrik ger endast ett litet bidrag relativt.



Figur 6.63: Bidrag till försurning vid produktion av ett kg mineral (monocalciumfosfat).

#### 6.4.16 Färdiga kraftfoderblandningar

Bidrag till försurning är relativt likt för proteinkraftfodret Unik och färdigfodret Solid, se Figur 6.64. Ammoniak, NO<sub>x</sub> och SO<sub>2</sub> har relativt lika bidrag i båda fallen, NO<sub>x</sub> och SO<sub>2</sub> är något högre för Unik.



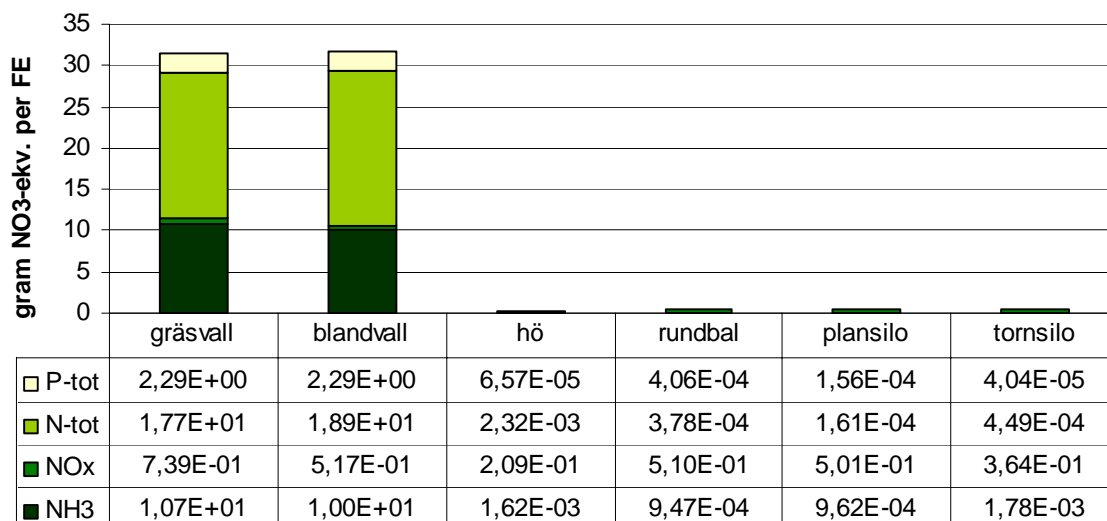
Figur 6.64: Bidrag till försurning vid produktion av ett kg UNIK respektive ett kg SOLID.

### 6.5 Bidrag till övergödning för olika fodermedel

I nedanstående stycken redovisas bidraget till övergödning för olika fodermedel. För jordbruksmaskiner är inte produktion av maskiner eller infrastruktur inkluderat. Transporter har däremot inkluderat både produktion och avfallshantering av fordon samt infrastruktur.

#### 6.5.1 Grovfoder

Vallodlingen är det helt dominerade steget, torkning eller ensilering ger mycket små bidrag till övergödning. Bidrag till övergödning kommer främst från kväveläckage från odling. En betydande del kommer även från ammoniakemissioner från vallodling. Fosfor har en relativt liten betydelse och NO<sub>x</sub> ger ett ännu mindre bidrag. Det är endast mycket liten skillnad mellan gräsullen och blandullen.



Figur 6.65: Bidrag till övergödning vid produktion av ett kg grovfoder.

## 6.5.2 Spannmål

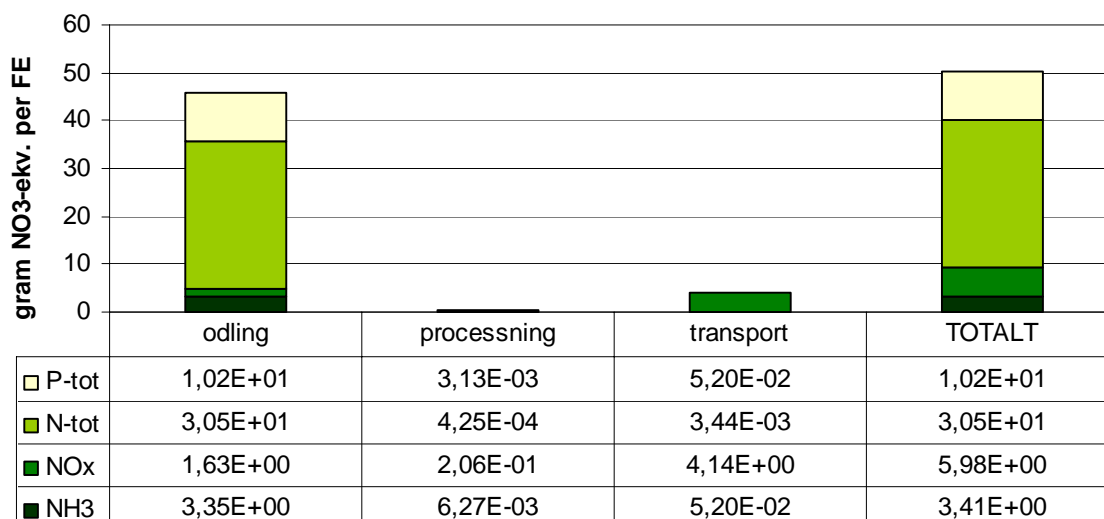
Kväveläcket är det som ger störst bidrag till övergödning och NOx det som ger minst för samtliga odlingar. För odlingarna i syd ger ammoniak ett större bidrag jämfört med fosfor, för odlingarna i väst och öst är det tvärtom: fosfor ger ett större bidrag än ammoniak. Höstvetete är det spannmålsslag som beräknas ge minst bidrag till övergödning, medan havre och korn har relativt lik påverkan. Transporten till foderfabrik ger ett mycket lågt bidrag till övergödning. I Figur 6.66 nedan visas bidraget till övergödning för de olika spannmålsslagen.



Figur 6.66: Bidrag till övergödning vid produktion av ett kg spannmål.

### 6.5.3 Sojamjöl

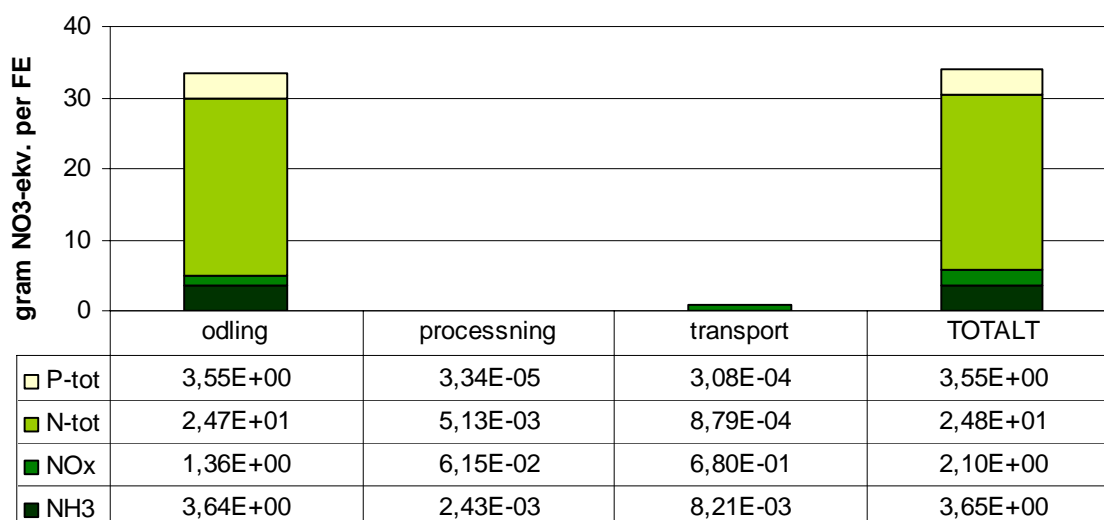
Odlingssteget är det steg som ger absolut störst bidrag till övergödning, vilket visas i Figur 6.67. Kväveläckage är den främsta bidraget, följt av läckage av fosfor samt emissioner av ammoniak och NOx. Processningssteget ger ett mycket litet bidrag, medan däremot transportsteget har ett relativt stort bidrag, på grund av NOx utsläppen vid de långa transporter, jämfört med andra fodermedel.



Figur 6.67: Bidrag till övergödning vid produktion av ett kg sojamjöl.

### 6.5.4 ExPro®

Bidrag till övergödning domineras av kväveläckage i odlingssteget, följt av ammoniak och fosfor. NOx är det som ger minst bidrag. Bidraget för övergödning för ExPro® visas i Figur 6.68. Jämfört med rapsfrö har ExPro® betydligt mindre bidrag, på grund av allokering mellan rapsmjölet och rapsoljan.

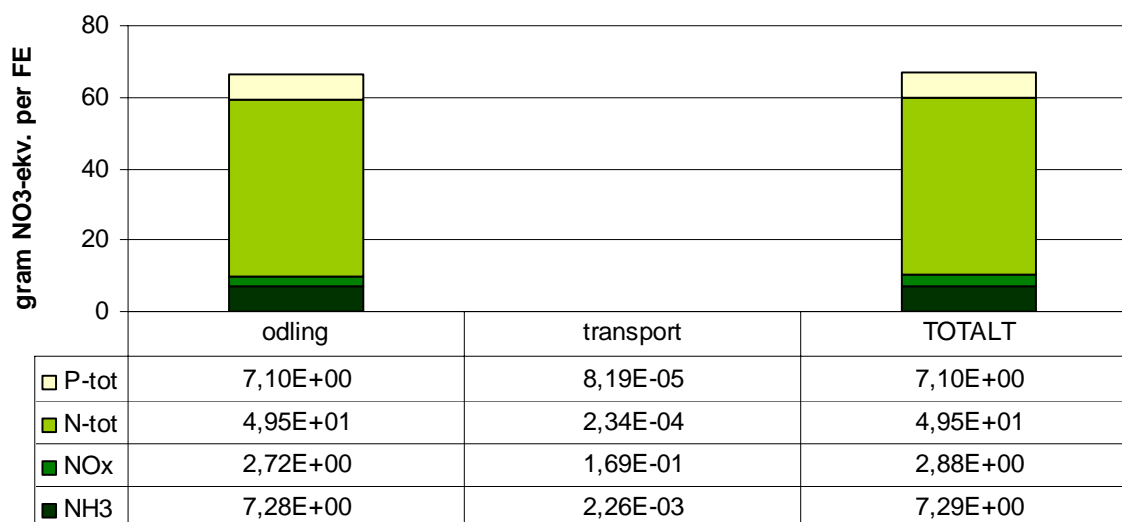


Figur 6.68: Bidrag till övergödning vid produktion av ett kg ExPro®.



### 6.5.5 Rapsfrö

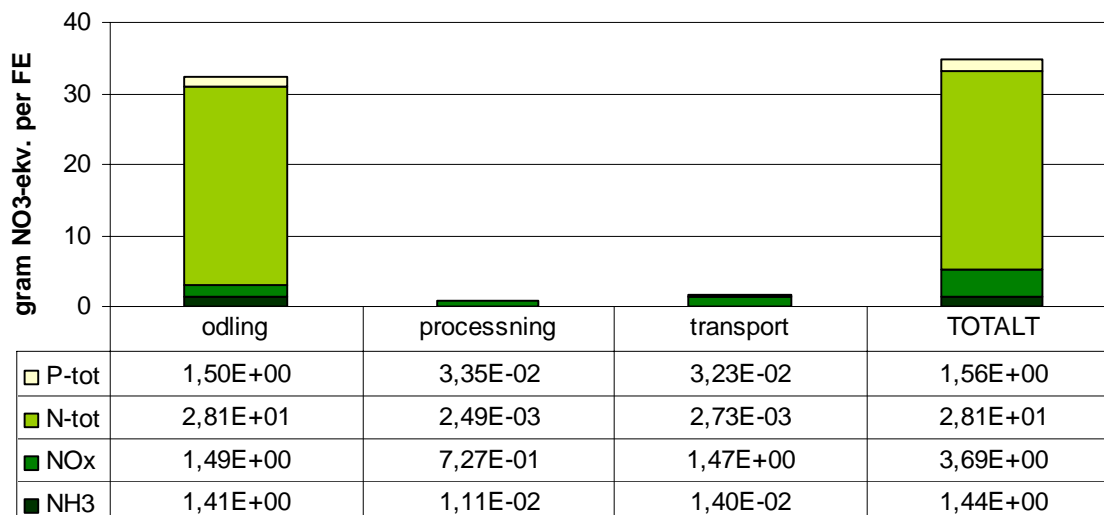
Bidrag till övergödning ger betydligt högre bidrag till övergödning jämfört med ExPro®, eftersom rapsfrö, till skillnad från ExPro®, får ta hela miljöpåverkan från odlingen. Det absolut största bidraget kommer från kväveläckage från odlingen, följt av ammoniak, fosfor och NOx är det som ger minst bidrag (Figur 6.69). Transportsteget i jämförelse med odlingssteget ger ett försumbart bidrag.



Figur 6.69: Bidrag till övergödning vid produktion av ett kg rapsfrö.

### 6.5.6 Majs glutenmjöl

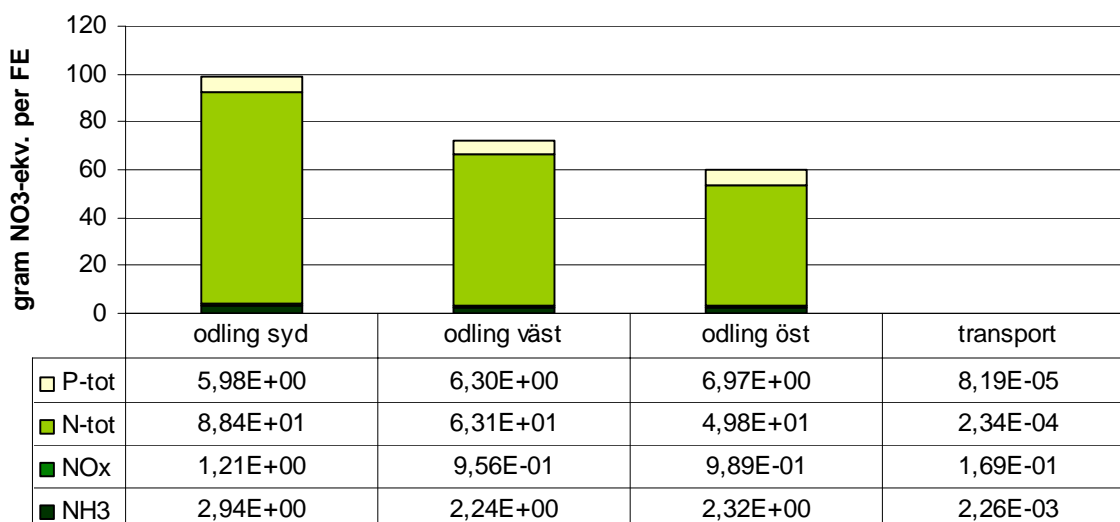
Odlingen är det som ger absolut störst bidrag till övergödning, på grund av läckage av kväve, se Figur 6.70. De andra ämnena, fosfor, ammoniak och NOx, står för ungefär lika bidrag respektive i odlingen, men är av betydligt mindre storlek än kväveläckaget. Vid processningen och transport bidrar NOx från förbränning av fossila bränslen till övergödning. Totalt sett är kväve det dominerande bidraget till övergödning följt av NOx utsläpp.



Figur 6.70: Bidrag till övergödning vid produktion av ett kg majs glutenmjöl.

### 6.5.7 Ärtor och åkerbönor

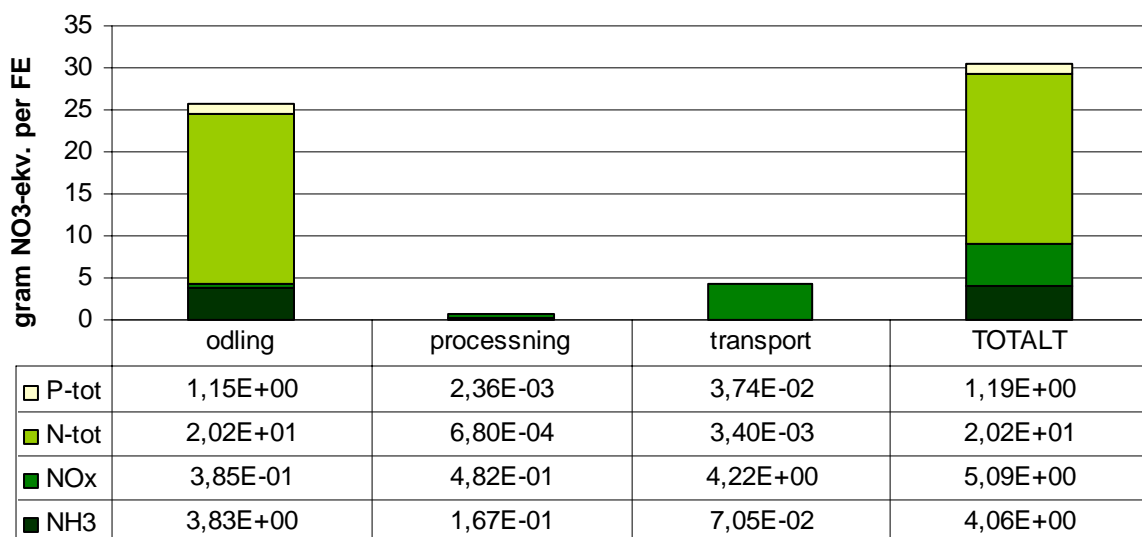
Odling i Syd ger störst bidrag till övergödning, följt av odling i Väst och odling i Öst har lägst bidrag (Figur 6.71). Läckage av kväve är det som ger absolut störst bidrag och även det som skiljer sig mellan de olika odlingsområdena. Odling i Syd har störst läckage samtidigt som skörden är lägst, medan odling i öst har lägst kväveläckage. Läckage av fosfor samt emissioner av NOx och ammoniak är relativt lika för de olika områdena. Transport ger ett mycket litet bidrag till övergödning.



Figur 6.71: Bidrag till övergödning vid produktion av ett kg ärtor/åkerbönor.

### 6.5.8 Palmkärneexpeller

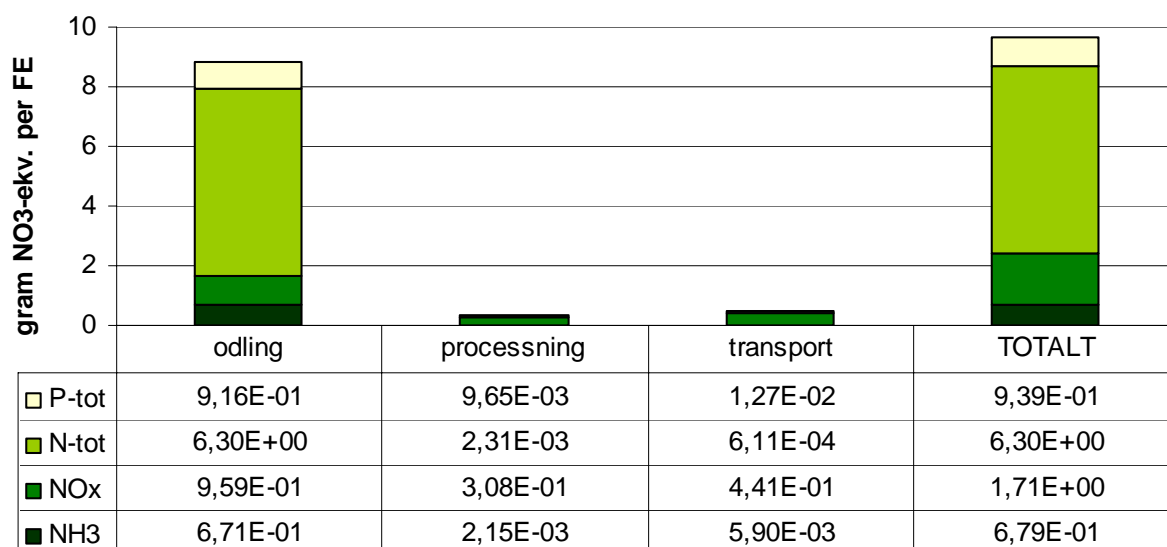
Läckage av kväve i odlingssteget ger det största bidraget till övergödning för palmkärneexpeller (Figur 6.72). I odlingen ger även ammoniak en del påverkan. Transport av palmkärneexpeller bidrar också en del i form av NOx emissioner. Processningen ger endast ett ytterst litet bidrag.



Figur 6.72: Bidrag till övergödning vid produktion av ett kg palmkärneexpeller.

### 6.5.9 Betfiber och betfor

Bidrag till övergödning i samband med produktion av betfiber/betfor domineras av läckage av kväve (Figur 6.73). I odlingssteget bidrar även fosfor, ammoniak samt NOx med ungefär lika delar vardera. I processnings- och transportsteget är det nästan bara NOx som ger något bidrag till övergödning.

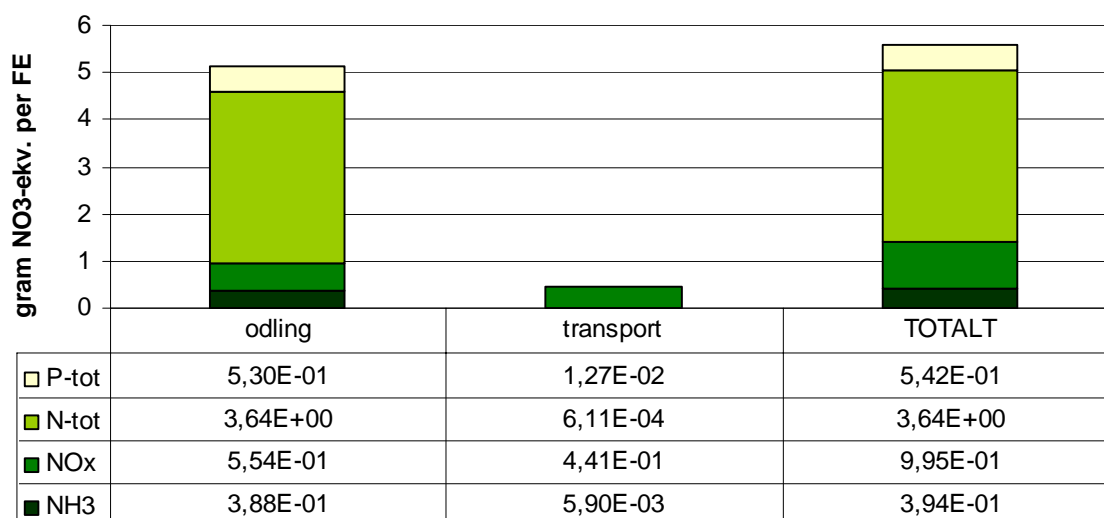


Figur 6.73: Bidrag till övergödning vid produktion av ett kg betfiber.

Om bettfibern hade antagits vara importerad, hade bidraget från processningssteget varit närmare 5 gånger stort, på grund av att NOx utsläppen hade ökat vid användning av kol och (tung eldnings-) olja istället för naturgas.

### 6.5.10 Melass

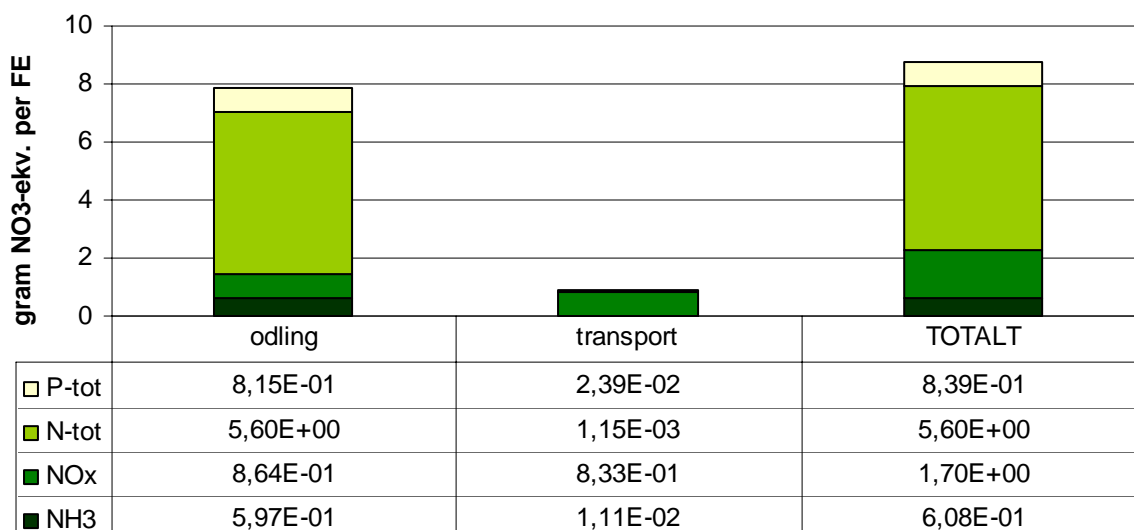
Kväveläckage är det absolut dominerande bidraget till övergödning. Förutom kvävet i odlingssteget, bidrar även fosfor, ammoniak och NOx med ungefär lika delar. Från transportsteget är det i stort sett endast NOx som har någon påverkan. Resultatet för bidrag till övergödning för melass visas i Figur 6.74.



Figur 6.74: Bidrag till övergödning vid produktion av ett kg melass.

### 6.5.11 HP-massa

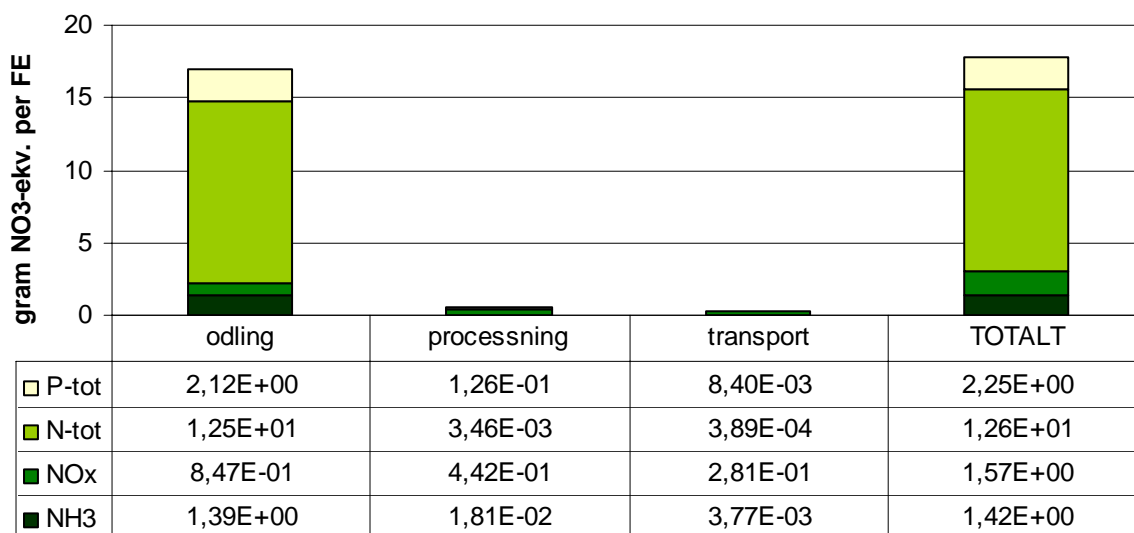
Odlingssteget är det steg som ger störst bidrag till övergödning (Figur 6.75). Läckage av kväve är den största källan till detta. Läckage av fosfor, utsläpp av ammoniak och NOx ger ungefär lika bidrag i odlingssteget. Bidrag till övergödning från transporten kommer i stort sett enbart från emissioner av NOx.



Figur 6.75: Bidrag till övergödning vid produktion av ett kg HP-massa.

### 6.5.12 Agrodrank

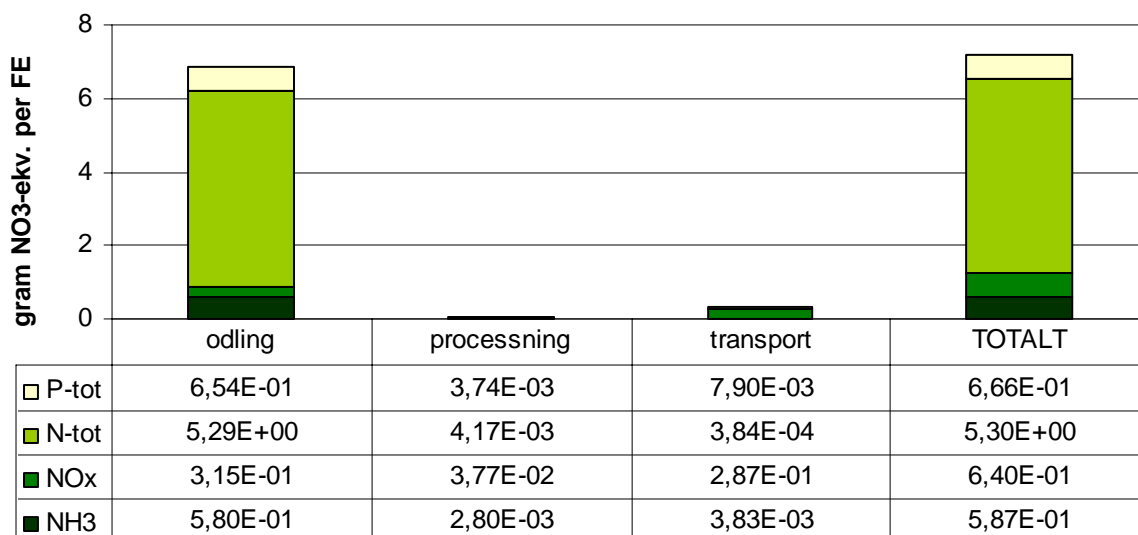
Kväveläckage är det som ger störst bidrag till övergödning för agrodrank och det är även odlingen som är det absolut mest dominerande steget (Figur 6.76). Processning och transport ger endast en mycket liten påverkan genom NOx utsläpp från förbränning av fossila bränslen. I odlingssteget bidrar även läckage av fosfor till övergödning, följt av ammoniak samt en liten del NOx.



Figur 6.76: Bidrag till övergödning vid produktion av ett kg agrodrank.

### 6.5.13 Vetekli

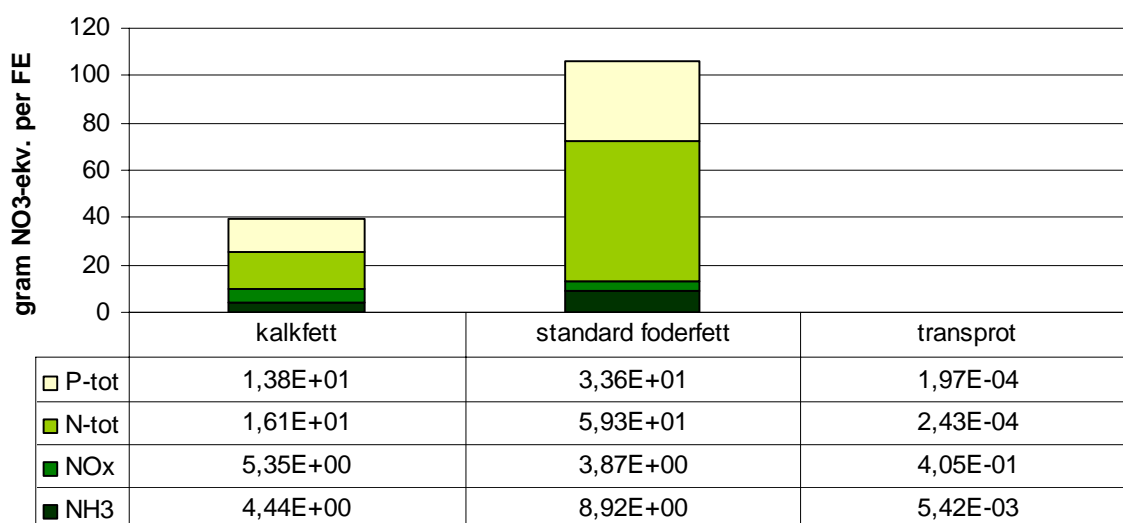
Det största bidraget till övergödning kommer från kväveläckage från odlingen. Läckage av fosfor, emissioner av NO<sub>x</sub> och ammoniak står för ungefär lika stort bidrag vardera. Resultatet av bidrag till övergödning vid produktion av vetekli visas i Figur 6.77.



Figur 6.77: Bidrag till övergödning vid produktion av ett kg vetekli.

### 6.5.14 Foderfett

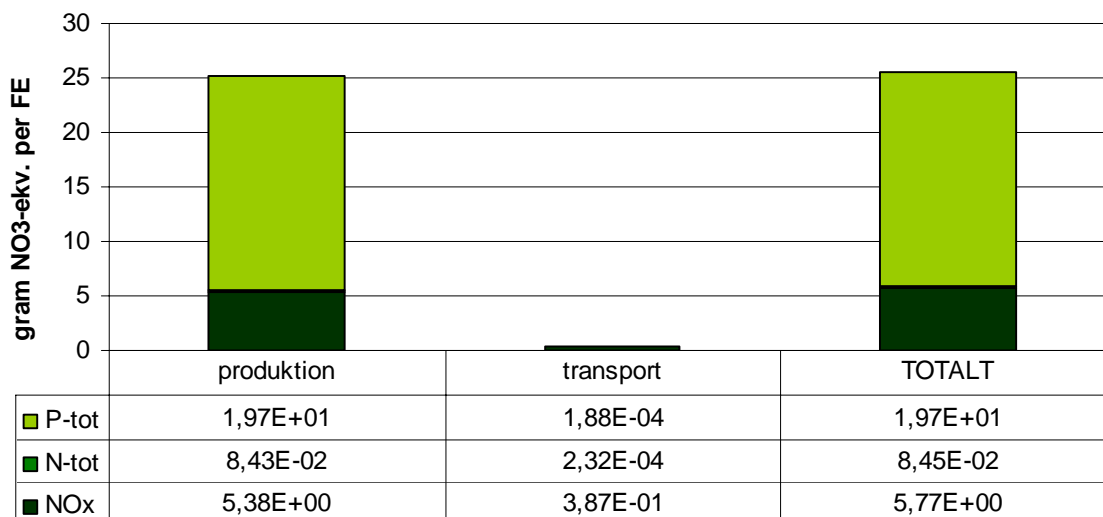
Bidraget till övergödning är mer än dubbelt så stort (två och en halv gång) för standard foderfett som för kalkfett, se Figur 6.78. Kväve har i båda fallen störst bidrag, följt av fosfor. Ammoniak och NO<sub>x</sub> ger, främst för standard foderfett, relativt små bidrag.



Figur 6.78: Bidrag till övergödning vid produktion av ett kg kalkfett respektive ett kg standard foderfett.

### 6.5.15 Monocalciumfosfat (komponent i mineralfoder)

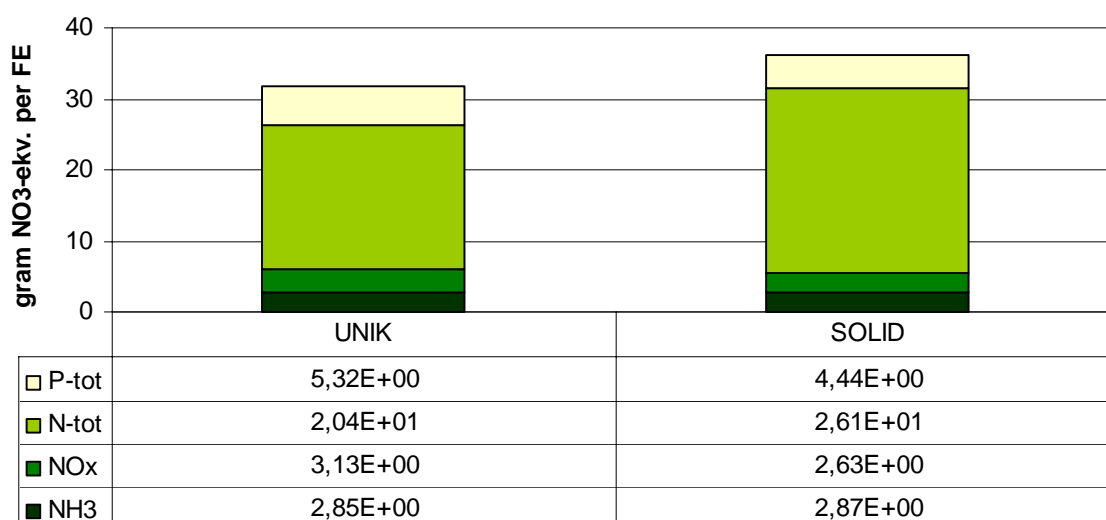
Fosfor är det som ger störst bidrag till övergödning för mineral (monocalciumfosfat), följt av NOx utsläpp (Figur 6.79). Transporten står bara för en liten del av påverkan.



Figur 6.79: Bidrag till övergödning vid produktion av ett kg mineral (monocalciumfosfat).

### 6.5.16 Färdiga kraftfoderblandningar

Bidrag till övergödning är något större för färdigfodret Solid än för proteinkraftfodret Unik, se Figur 6.80. För båda fodermedlen dominerar dock kväveläckage. Ammoniak och NOx står för relativt små bidrag.



Figur 6.80: Bidrag till övergödning vid produktion av ett kg UNIK respektive ett kg SOLID.

## 6.6 Pesticidanvändning

Användning av pesticider för de olika fodermedlen återges i Tabell 6.2 nedan. Observera att det aktiva ämnet glyfosat (Roundup-produkter) inte ingår i inventeringen (se vidare avsnitt 2.4.1).

Tabell 6.2: Pesticidanvändning för de olika fodermedlen.

gram per kg	herbicider	insekticider	fungicider	TOTALT
<b>Grovfoder</b>				
Vall (gräs)	0,014	0	0	0,014
Vall (gräs och klöver)	0,014	0	0	0,014
<b>Spannmål</b>				
Höstvete (syd)	0,118	0,00177	0,0441	0,164
Höstvete (väst)	0,0415	0,000519	0,0260	0,0680
Höstvete (öst)	0,0303	0,000692	0,0208	0,0517
Havre (syd)	0,0830	0,00291	0,00291	0,0888
Havre (väst)	0,0785	0,00183	0,00288	0,0832
Havre (öst)	0,0806	0,00188	0,00296	0,0855
Korn (syd)	0,0996	0,00279	0,0199	0,122
Korn (väst)	0,102	0,00179	0,0128	0,117
Korn (öst)	0,102	0,00179	0,0128	0,117
<b>Proteinfoder</b>				
Sojamjöl	0,442	0,0772	0,0164	0,536
ExPro®	0,0800	0,0157	0,00440	0,100
Rapsfrö	0,160	0,0314	0,00880	0,200
Majsglutenmjöl	0,519	0,0362	0	0,555
Ärter och åkerbönor (syd)	0,382	0,0356	0	0,418
Ärter och åkerbönor (väst)	0,292	0,0271	0	0,319
Ärter och åkerbönor (öst)	0,302	0,0281	0	0,330
<b>Övrigt</b>				
Palmkärneexpeller	0,138	0,0178	0,000746	0,156
Betfiber och betfor	0,173	0	0	0,173
Melass	0,0998	0	0	0,0998
HP-massa	0,153	0	0	0,153
Agrodrank	0,0183	0,000417	0,0125	0,0312
Vetekli	0,0174	0,000289	0,00764	0,0253
Kalkfett	-*	-*	-*	-*
Standard foderfett	-*	-*	-*	-*
Mineral (monocalciumfosfat)	-	-	-	-
<b>Färdigfoder</b>				
UNIK	0,162	0,00593	0,0224	0,190
SOLID	0,120	0,0105	0,0121	0,143

\*pesticider används i palm-, soja- och rapsodling, men dessa redovisas inte här

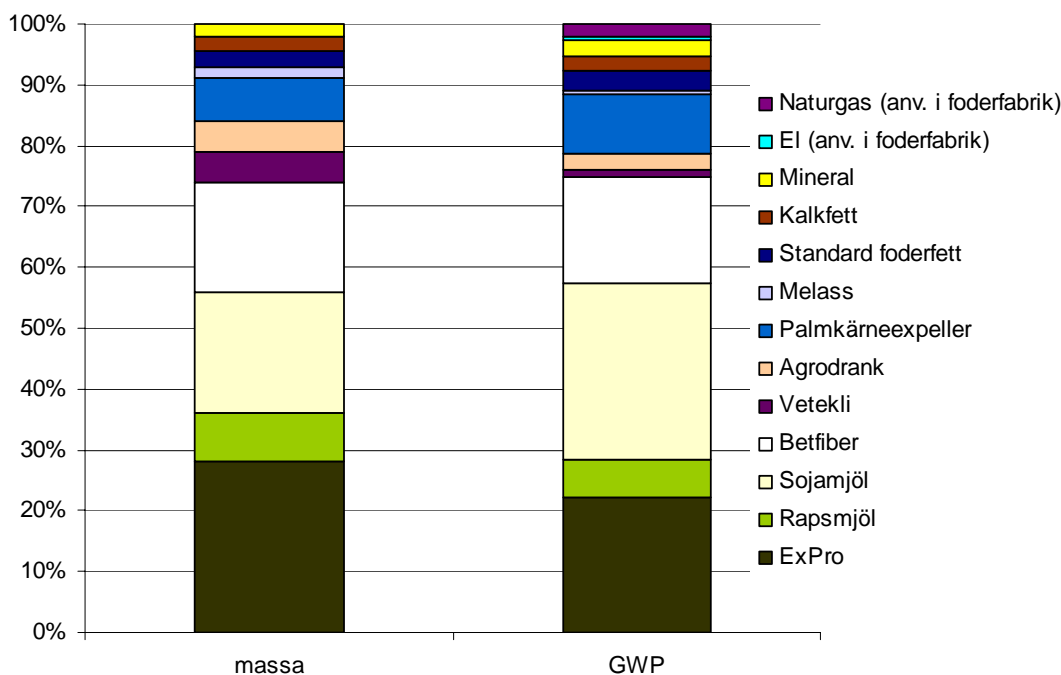


## 7 Diskussion

Eftersom detta är en databas för olika fodermedel kommer ingen djupare diskussion att hållas kring de olika fodren. Det som däremot bör uppmärksammas är olika metodval samt datakvaliteten.

I den här studien har ekonomisk allokering valts till större del för att fördela miljöbelastningen i produktionssystem som alstrar mer än en produkt. Det betyder att biprodukter med ett relativt lågt värde också får en relativt låg miljöbelastning. Eftersom rapsmjöl (ExPro®) har ett relativt lågt värde (28 % jämfört med rapsolja 72%) blir miljöpåverkan för denna foderprodukt också relativt låg. En oprocessad produkt som rapsfrö får istället ta hela miljöbelastningen från odlingen och faller därmed betydligt sämre ut, men detta är också helt rimligt. Används hela rapsfrö till foder blir det ju ingen vegetabilisk olja till livsmedels- eller energisystemet och därmed måste också foderprodukten bära hela miljöbelastningen.

I Figur 7.1 nedan visas de olika foderingsredienserna i ett proteinkraftfoder (Unik, se Tabell 4.54) proportionellt mot deras massa och deras bidrag till klimatförändring. Till exempel utgör ExPro® och rapsmjöl (där samma data som för ExPro® har använts) över en tredjedel av viktprocenten, medan bidrag till klimatförändring står för under 30 %. För sojamjöl är det tvärt om: viktprocenten motsvarar ca 20 % medan råvarans bidrag till klimatförändring i foderblandningen står för nästan 30 %. Detta beror dels på att transport av sojamjöl ger upphov till större utsläpp, dels på att sojamjölet tar en större del av miljöpåverkan från odlingen (65 % av miljöpåverkan i odlingssteget allokeras till sojamjölet, medan 35% allokeras till sojaoljan) vilket framförallt förklaras att det produceras nästan fem gånger mer mjöl än olja per kg sojaböna.



**Figur 7.1: Foderingsrediensernas proportioner i proteinkraftfoder, baserat på massa och bidrag till klimatförändring.**

All data för *kärnsystemet* (se 3.4 Systemgränser) har inventerats, en del har nyinventerats helt medan en del har tagits från litteraturen och sedan uppdaterats. För data i *bakgrundssystemet* (se 3.4 Systemgränser) har data från olika källor använts, främst från databasen Ecoinvent (2003) som finns i det beräkningsprogram som använts (SimaPro7, 2007). I programmet finns även olika karakteriseringsmetoder för att beräkna miljöpåverkan. För sekundär energi har dock denna metod byggts upp av SIK. Den sekundära energin har därmed varit tvungen att läggas in manuellt i alla processer som använts, varför det i vissa fall kan vara ett glapp mellan den sekundära och primära energin (se 3.4 samt 5.2.1).

I studien har data i stor utsträckning nyinventerats, omräknats eller uppdaterats. Att harmonisera och sammanställa data på det här sättet underlättar fortsatta studier för mjölk- och annan animalieproduktion. Eftersom ny teknik ständigt utvecklas, forskningen går framåt och riktlinjer för beräkningar ändras samt kostnadsbilden för produkter förändras (vilket är en viktig faktor för prisallokering), är det viktigt, och vår förhoppning, att databasen kontinuerligt ska uppdateras för att hållas aktuell.

## 8 Slutsatser

Miljöpåverkan för de olika fodermedlen visas i Tabell 8.1.

Tabell 8.1: Miljöpåverkan för de olika fodermedel som studerats.

<i>per FE (ett kg produkt)</i>	sekundär energi <i>MJ</i>	primär energi <i>MJ</i>	klimattförändring <i>g CO2-ekv</i>	försurning <i>g SO2-ekv</i>	övergödning <i>g NO3-ekv</i>
<b>Grovfoder (100% TS)</b>					
HÖ (gräsvall)	1,4	2,2	335,1	6,2	31,7
HÖ (gräs+klöver)	1,1	1,8	249,2	5,7	31,9
ENSILAGE, rundbal (gräsvall)	1,7	2,1	364,8	6,4	32,0
ENSILAGE, rundbal (gräs+klöver)	1,4	1,7	278,8	5,9	32,2
ENSILAGE, plansilo (gräsvall)	1,7	2,1	367,4	6,5	32,0
ENSILAGE, plansilo (gräs+klöver)	1,3	1,7	281,5	6,0	32,2
ENSILAGE, tornsilo (gräsvall)	1,5	2,1	361,1	6,4	31,9
ENSILAGE, tornsilo (gräs+klöver)	1,2	1,7	275,2	5,9	32,1
<b>Spannmål</b>					
HÖSTVETE (syd) tom foderfabrik	1,9	2,5	394,8	2,4	30,3
HÖSTVETE (väst) tom foderfabrik	2,1	2,8	439,7	2,3	35,6
HÖSTVETE (öst) tom foderfabrik	2,1	2,8	433,4	2,3	28,2
HAVRE (syd) tom foderfabrik	1,9	2,6	396,0	2,5	40,2
HAVRE (väst) tom foderfabrik	2,3	3,1	483,9	3,1	51,9
HAVRE (öst) tom foderfabrik	2,4	3,2	483,1	2,6	39,6
KORN (syd) tom foderfabrik	1,9	2,5	389,2	2,4	38,6
KORN (väst) tom foderfabrik	2,2	2,9	458,0	3,0	50,6
KORN (öst) tom foderfabrik	2,2	2,9	448,8	2,5	39,9
<b>Proteinfoder</b>					
SOJAMJÖL tom foderfabrik	5,1	8,1	849,7	7,1	50,2
EXPRO® tom foderfabrik	2,7	4,1	460,6	3,4	34,1
RAPSFÖ tom foderfabrik	3,6	4,7	786,7	5,9	66,8
MAJSGLUTENMJÖL tom foderfabrik	10,8	16,0	1 102,4	3,9	34,8
ÄRTER (syd) tom foderfabrik	1,4	2,1	252,9	2,5	98,7
ÄRTER (väst) tom foderfabrik	1,3	2,0	232,9	2,0	72,7
ÄRTER (öst) tom foderfabrik	1,4	2,0	228,2	2,1	60,3
<b>Övrigt</b>					
PALMKÄRNEEXPPELLER tom foderfabrik	3,2	5,2	832,1	7,4	30,6
BETFIBER tom foderfabrik	6,8	9,0	564,1	1,6	9,6
MELASS tom foderfabrik	0,9	1,5	142,1	0,9	5,6
HP-MASSA tom gård	1,6	2,6	235,0	1,5	8,7
AGRODRANK tom foderfabrik	4,2	6,5	308,3	1,8	17,8
VETEKLI tom foderfabrik	1,4	2,7	136,1	0,8	7,2
KALKFETT tom foderfabrik	3,0	4,2	521,3	8,4	40,1
STANDARD FODERFETT tom foderfabrik	4,5	6,3	779,4	8,7	106,2
MINERAL tom foderfabrik	8,7	13,8	799,7	10,8	25,6
<b>Färdiga kraftfoderblandningar</b>					
Proteinkraftfoder Unik	4,5	6,8	584,4	4,2	31,8
Färdigfoder Solid	3,5	5,3	544,6	3,8	36,1

I det här avsnittet redovisas bara foderprodukternas miljöpåverkan för kategorierna: energi, bidrag till klimatförändringar, försurning samt övergödning (de som endast redovisas som figurer tidigare i rapporten). De andra miljöpåverkanskategorier som studerats är: användning av mark, fosfor, kalium och pesticider, vilka redovisas i Tabell 6.1 respektive Tabell 6.2.

## 9 Referenser

- Andrén O & Kätterer T. 2007. *Soil carbon changes in Swedish arable soils – present and future*. KSLAT Nr 9 Årgång 146. Kungliga Skogs- och Lantbruksakademien, Stockholm
- Aronsson H & Torstensson G. 2004. *Beräkning av olika odlingsåtgärders inverkan på kväveutlakningen*. Ekohydrologi 78, avdelningen för vattenvårdslära, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Audsley, E., Alber, S., Clift, R., Cowell, S., Crettaz, P., Gaillard, G., Hausheer, J., Jolliet, O., Kleijn, R., Mortensen, B., Pearce, D., Roger, E., Teuleon, H., Weidema, B., van Zeijts, H. 1997. *Harmonisation of Environmental Life Cycle Assessment for Agriculture*. Final Report of Concerted Action AIR3-CT94-2028, Silsoe Research Institute, Bedford, UK.
- Cederberg C, Wivstad M, Sonesson U. 2007. *Bekämpningsmedelsanvändning i höstvetet odlat enligt Svenskt Sigill åren 2002 – 2004*. Rapport 766. SIK, Institutet för livsmedel och bioteknik, Göteborg.
- Cederberg C & Flysjö A. 2007. *Livscykelanalys (LCA) av rapsmetylester (RME)*. UP-07-14450. SIK, Institutet för livsmedel och bioteknik, Göteborg.
- Cederberg C, Flysjö A, Ericson L. 2007. *Livscykelanalys (LCA) av norrländsk mjölkproduktion*. Rapport 761, SIK Institutet för livsmedel och bioteknik, Göteborg.
- Cederberg C, Wivstad M, Bergkvist P, Mattsson B, Ivarsson K. 2005. *Hållbart Växtskydd – Analys av olika strategier för att minska riskerna med kemiska växtskyddsmedel*. Rapport MAT21 nr 6/2005. MAT 21, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. ISSN 1650-5611
- Cederberg C & Flysjö A. 2004. *Life cycle inventory of 23 dairy farms in South-Western Sweden*. Rapport 728, SIK, Institutet för livsmedel och bioteknik, Göteborg.
- Cederberg, C. 1998. *Life Cycle Assessment of Milk Production – A comparison of Conventional and Organic Farming*. Rapport 643, SIK, Institutet för livsmedel och bioteknik, Göteborg.
- Daalgard T, Halberg N, Porter J R. 2001. A model for fossil energy use in Danish agriculture used to compare organic and conventional farming. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 87 (2001), 51-65. Elsevier
- Ecoinvent. 2003. Ecoinvent data v1.3. *Final reports ecoinvent 2000* No. 1-15. Ecoinvent Centre. Swiss Centre for Life Cycle Inventories. Dübendorf
- Ecoinvent. 2007. Jungbluth N. *Life Cycle Inventories of Bioenergy*. Data v2.0. Ecoinvent report No. 17. Ecoinvent Centre. Swiss Centre for Life Cycle Inventories. Uster
- Edström M, Pettersson O, Nilsson L, Hörndahl T. 2005. *Jordbrukssektorns energianvändning*. JTI-rapport 342.
- Emanuelson M, Cederberg C, Bertilsson J, Rietz H. 2006. *Närodlat foder till mjölkkor – en kunskapsuppdatering*. Rapport nr 7059-P. Svensk Mjölk, Stockholm.
- FAO 2001. *Global estimates of gaseous emissions of NH<sub>3</sub>, NO and N<sub>2</sub>O from agricultural land*. International Fertiliser Industry Association and Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. ISBN 92-5-104689-1

- FAOSTAT 2006. Faostat Database Query: Soybean Production. Retrieved 12. June 2006, from <http://faostat.fao.org/faostat/> In: Ecoinvent. 2007. Jungbluth N. Life Cycle Inventories of Bioenergy. Data v2.0. Ecoinvent report No. 17. Ecoinvent Centre. Swiss Centre for Life Cycle Inventories. Uster
- Fearnside P. M. 2000. Global Warming and tropical land-use change: greenhouse gas emissions from biomass burning, decomposition and soils in forest conversion, shifting cultivation and secondary vegetation. *Climatic Change* 46: 115-158 In: Ecoinvent. 2007. Jungbluth N. Life Cycle Inventories of Bioenergy. Data v2.0. Ecoinvent report No. 17. Ecoinvent Centre. Swiss Centre for Life Cycle Inventories. Uster
- Frischknecht R, Althaus H-J, Bauer C, Doka G, Heck T, Jungbluth N, Kellenberger D, Nemecek T. 2007. The Environmental Relevance of Capital Goods in Life Cycle Assessments of Products and Services. *Int J LCA*, DOI: <http://dx.doi.org/10.1065/lca2007.02.308>
- Hauschild, M & Wenzel, H. 1998. *Environmental Assessment of Products*, Volume 2: Scientific Background, London, Chapman & Hall ISBN 0-412-80810-2
- Heidmann T, Christensen B T, Olesen S. 2002. *Changes in soil C and N in different cropping systems and soil types*. In: Petersen S & Olesen J (eds). Greenhouse Gas Inventories for Agriculture in the Nordic Countries. Proceedings from an international workshop, Helsingör, Danmark 24-25 January 2002, pp 77-86. DIAS report, Plant Production no 81, Tjele, Danmark.
- Hogh-Jenssen H et al. 1998. *Empirisk model til kvantificering av symbiotisk kvaelstoffiksering i baelplanter*. In: Steen Kristenssen E & Olesen J (Eds). Kvaelstofudvaskning og –balancer i konventionelle och ekologiske produktionssystemer. Forskningscenter for Okologiskt Jordbrug (FOJO), Foulum, Danmark. ISSN:1398-716X
- Hutchings N J et al. A detailed ammonia emission inventory for Denmark. *Atmospheric Environment* 35:1959-1968.
- IPCC. 2006. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Volume 4, Chapter 11. [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)
- IPCC. 2001. *IPCC third assessment report: climate change 2001: the scientific basis*. [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)
- ISO (2006a): *Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework*. ISO 14040:2006(E). International Organization for Standardization. Geneva. Switzerland
- ISO (2006b): *Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines*. ISO 14044:2006(E). International Organization for Standardization. Geneva. Switzerland
- Jenssen T K & Kongshaug G. 2003. *Energy consumption and greenhouse gas emissions in fertiliser production*. Proceedings 509. International Fertiliser Society, York, UK. 1-28 pp.
- Johnsson H et al. 2007. *Närsaltläckage från svensk åkermark – beräkning av normal utlakning av kväve och fosfor 1995 och 2005*. Rapport in print. Avd för vattenvård, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Jungbluth N & Frischknecht R. 2007. *Life Cycle Assessment of imported agricultural products – impacts due to deforestation and burning of residues*. In. Book of Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference LCA in Foods, 25-26 April 2007, Gothenburg, Sweden, pp 2-5. SIK, Institutet för Livsmedel och Bioteknik, Göteborg.

- Karlsson S & Rodhe L. 2002. *Översyn av Statistiska Centralbyråns beräkning av ammoniakavgången i jordbruket – emissionsfaktorer för ammoniak för lagring och spridning av stallgödsel*. (Overview of calculations of ammonia losses from agriculture – emission factors for ammonia from storing and spreading of manure). JTI, Institutet för jordbruks- och miljöteknik. [www.jti.slu.se](http://www.jti.slu.se)
- KEMI 2006. *Försålda kvantiteter av bekämpningsmedel 2005*. Kemikalieinspektionen, Sundbyberg. ISSN 1401-4251.
- Lindgren M, Pettersson O, Hansson P-A & Norén O. 2002. *Jordbruks- och anläggningsmaskinernas motorbelastning och avgasemissioner – samt metoder att minska bränsleförbrukning och avgasemissioner*. JTI-Rapport Lantbruk & Industri 308. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- NTM, nätverket för transport och miljö. [www.ntm.a.se](http://www.ntm.a.se)
- Oilworld, November 2007, OIL World, ISTA Mielke GmbH, Hamburg, Germany
- Paulsson, P. 2007. *Energianalys av etanolproduktion; En fallstudie av Lantmännen Agroetanols produktionssystem i Norrköping*. Examensarbete. Institutionen för biometri och teknik. SLU, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala
- Pelletier N. 2006. *Life cycle measures of biophysical sustainability in feed production for conventional and organic salmon aquaculture in the northeast pacific*. Master thesis, Dalhousie University, Halifax
- Perstorps Speciality Chemicals AB. 2001. Certifierad miljövarudeklaration, Myrsyra 85%
- Rochette P & Janzen H. 2005. Towards a revised coefficient for estimating N<sub>2</sub>O emissions from legumes. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 73: 171-179.
- SCB 1999. *Utnyttjande av halm och blast från jordbruksgrödor 1997*. Statistiska Meddelande MI 30 SM 9901. Statistiska Centralbyrån, Stockholm
- SCB 2004. *Normskördar för skördeområden, län och riket 2004*. Statistiska Meddelande JO 15 SM 0401. SCB, Örebro.
- SCB 2005. *Normskördar för skördeområden, län och riket 2005*. Statistiska Meddelande JO 15 SM 0501. SCB, Örebro.
- SCB 2006a. *Normskördar för skördeområden, län och riket 2006*. Statistiska Meddelande JO 15 SM 0401. SCB, Örebro.
- SCB 2006b. *Gödselmedel i jordbruket 2004/05*. Statistiska Meddelande MI 30 SM 0603. Statistiska Centralbyrån, Stockholm
- SCB 2007. *Utsläpp av ammoniak till luft i Sverige 2005*. Statistiska Meddelande MI 37 SM 0701. Statistiska Centralbyrån, Stockholm. ISSN 1403-8978
- Schmidt J H. 2007. *Life cycle assessment of rapeseed oil and palm oil. Ph.D. thesis, Part 3: Life cycle inventory of rapeseed oil and palm oil*. Department of Development and Planning. Aalborg University
- SimaPro7. 2007. PRé Consultants B.V. Amersfoort. Nederländerna. [www.pre.nl](http://www.pre.nl)
- SJV 2004. *Riktlinjer för gödsling och kalkning*. Rapport 2004:22. Jordbruksverket, Jönköping.

- SJV 2005. Jordbruksstatistisk Årsbok 2005. SCB, Örebro
- SJV 2006a. Jordbruksstatistisk Årsbok 2006. SCB, Örebro
- SJV 2006b. *Riktlinjer för gödsling och kalkning*. Rapport 2006:33. Jordbruksverket, Jönköping
- SJV 2007. Jordbruksstatistisk Årsbok 2007. SCB, Örebro
- Stadig M, Wallén E och Nilsson B. 2001. *Livscykelanalys av hamburgerbröd*. Projektnummer UP-00-10965. SIK, Institutet för Livsmedel och Bioteknik, Göteborg.
- Steinfeld H, Gerber P, Wassenaar T, Castel V, Rosales M, de Haan C. 2006. *Livestock's long shadow – environmental issues and options*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italien.
- Steen I. 1998. Phosphorous availability in the 21<sup>st</sup> century – Management of a non-renewable resource. *Phosphorous and Potassium* No. 124:24-31.
- Strid I & Flysjö A. 2007. *Livscykelanalys (LCA) av ensilage – jämförelse av tornsilo, plansilo och rundbal*. Biometri och teknik. SLU – Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala
- Svensk Frötidning. 2005. *Ökad veteskörd trots minskat N-behov efter raps*. Svensk Frötidning nr 7, december 2005. Alnarp.
- Wallén E, Stadig M, Mattsson B. 2000. *LCA av foderfetter*. Projektnummer UP-00-11173. SIK, Institutet för Livsmedel och Bioteknik, Göteborg.

### **Personligt Meddelande**

- Beckman, Börje. 2007. Lantmännen Agroetanol, Norrköping
- Biärsjö, Johan. 2007. Svensk Raps, Alnarp.
- Broberg, Jim. 2007. AAK, Karlshamn
- Galerani P R. 1997. Embrapa, Londrina, Brazil.
- Hjelm, Hugo. 2008. Perstorp Specialty Chemicals AB, Perstorp
- Kämpe, Gustav. 2003 och 2007. Svenska Lantmännen, Lidköping
- Landquist, Birgit. 2004 och 2007. Danisco Sugar, Köpenhamn
- Lindgren, Magnus, 2003, Lantbruksteknik, SLU, Uppsala
- Törner, Lars. 2007. Odling i Balans, Vallåkra
- Van der Werf, Hayo. 2007. INRA, Rennes, Frankrike.



## Bilaga 1 Transporter

Tabell 1: Beskrivning av transport av de olika fodermedlen; typ av fordon, sträcka och andel av produkt transporterad med respektive transport.

produkt	transport	typ av fordon	sträcka (km)	andel av produkt (%)
Spannmål	Odling – uppsamlingscentral	traktor, 10 ton (tom retur)	5	100
	Uppsamlingscentral – foderfabrik (Lidköping)	lastbil, stor	150	100
Sojamjöl	Odling – extraktion	lastbil, stor	50	100
	Extraktion – Santos	tåg, diesel	1 800	60
	Extraktion – Santos	lastbil, stor	1 800	15
	Extraktion – Paranagua	tåg, diesel	500	20
	Extraktion – Paranagua	lastbil, stor	500	5
	Santos/Paranagua – Rotterdam	båt, stor	10 080	100
	Rotterdam – foderfabrik (Lidköping)	båt, liten	1 000	100
ExPro® (rapsmjöl)	Odling – uppsamlingscentral	traktor, 10 ton (tom retur)	5	100
	Syd – extraktion (Karlshamn)	lastbil, stor	150	32
	Väst – extraktion (Karlshamn)	lastbil, stor	340	26
	Öst – extraktion (Karlshamn)	lastbil, stor	590	13
	Öst – extraktion (Karlshamn)	båt, liten	600	29
	Extraktion – foderfabrik (Lidköping)	lastbil, stor	360	100
Rapsfrö	Odling – uppsamlingscentral	traktor, 10 ton (tom retur)	5	100
	Uppsamlingscentral – foderfabrik (Lidköping)	lastbil, stor	150	100
Majsglutenmjöl	Odling – extraktion – Rotterdam	lastbil, stor	700	100
	Rotterdam – foderfabrik (Lidköping)	båt, liten	1 000	100
Ärter/åkerbönor	Odling – uppsamlingscentral	traktor, 10 ton (tom retur)	5	100
	Uppsamlingscentral – foderfabrik (Lidköping)	lastbil, stor	150	100
Palmkärneexpeller	Odling – extraktion	lastbil, stor	79	100
	Extraktion – hamn (i Malaysia)	lastbil, stor	150	100
	Hamn – Rotterdam	båt, stor	15 500	100
	Rotterdam – foderfabrik (Lidköping)	båt, liten	1 000	100

<b>produkt</b>	<b>transport</b>	<b>typ av fordon</b>	<b>sträcka (km)</b>	<b>andel av produkt (%)</b>
Betfiber/betfor	Odling – sockerindustri	traktor*	-	100
	Sockerindustri – foderfabrik (Lidköping)	lastbil, stor	390	100
Melass	Odling – sockerindustri	traktor*	-	100
	Sockerindustri – foderfabrik (Lidköping)	lastbil, stor	390	100
HP-massa	Odling – sockerindustri	traktor*	-	100
	Sockerindustri – gård	lastbil, stor	200	100
Agrodrank	Norrköping – foderfabrik (Lidköping)		250	100
Vetekli	Odling (öst) – uppsamlingscentral	traktor, 10 ton (tom retur)	5	100
	Uppsamlingscentral – kvarn (Mjölby)	lastbil, medel	50	100
	Kvarn (Mjölby) – foderfabrik (Lidköping)	lastbil, stor	230	100
Fetter	Karlshamn – foderfabrik (Lidköping)	lastbil, stor	360	100
Mineraler	Helsingborg – foderfabrik (Lidköping)	lastbil, stor	340	100

\*0,8 liter diesel per transporterat ton

## Bilaga 2 TS-halter för foderprodukter

Tabell 2: De olika TS-halterna som produkterna redovisas i.

Fodermedel	TS-halt (%) vilken resultaten redovisas för
Ensilage	100
Hö	100
Spannmål	86
Sojamjöl	87
Rapsmjöl (ExPro®)	90
Rapsfrö	91
Majsglutenmjöl	92
Ärter/åkerbönor	86
Palmkärnexpell	91
Betfiber	90
Melass	78
HP-massa	100
Agrodrank	90
Vetekli	87
Mineraler	100

## Bilaga 3 Emissioner för traktor

**Tabell 3.1: Emissioner för traktor vid fältarbete (gram per MJ diesel).**

Emissioner för traktor fältarbete, per 1 MJ diesel		
CO <sub>2</sub> *	gram	75
CO**	gram	0,080
NOx**	gram	0,91
SO <sub>2</sub> *	gram	0,019
HC (ospec.)**	gram	0,24

\* NTM – nätverket för transport och miljö

\*\*Lindgren (pers medd, 2003)

**Tabell 3.2: Emissioner för transport med traktor 10 ton med släp (inklusive tom retur).**

Transport med traktor, per tkm		
Energi		
Diesel	MJ	1,52
Emissioner		
CO <sub>2</sub> *	gram	114
CO**	gram	0,15
NOx**	gram	1,21
SO <sub>2</sub> *	gram	0,029
HC (ospec.)**	gram	0,037

\* NTM – nätverket för transport och miljö

\*\*Lindgren (pers medd, 2003)

## Bilaga 4 Ensileringsmedel

**Tabell 4: Energi användning och bidrag till växthuseffekten, försurning samt övergödning för produktion av ett kg myrsyra. Produktionen är även relevant för ensileringsmedlet promyr. Dock har tillverkningen i fabriken ändrats, så data är inte längre representativa för produktionen och bla energianvändningen är sannolikt lägre idag.**

per kg myrsyra (promyr)		
Energianvändning		
Naturgas	MJ	19,7
Kärnkraft	MJ	2,4
Vattenkraft	MJ	1,7
Olja	MJ	1,6
Torv	MJ	0,8
Kol	MJ	0,5
Bidrag till växthuseffekt	gram CO <sub>2</sub> -ekv.	720
Bidrag till försurning	mol H+	0,22
Bidrag till övergödning	gram O <sub>2</sub> -ekv.	31

Källa: Perstorps Speciality Chemicals AB, 2001 (miljövarudeklaration)