

# Mjölk på gräs och biprodukter – miljö och ekonomi

Maria Henriksson, Susanne Bååth Jacobsson,  
Mikaela Lindberg, Maria Berglund Lundberg

2019

Rapport från Hushållningssällskapet Halland



# Förord

Projektet ”Fortune - Mjölk på gräs och biprodukter” drevs mellan 2014-2019 med Kjell Holtenius (Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges Lantbruksuniversitet) som koordinator. Fortune var ett av fem projekt inom forskningsprogrammet AquaAgri. I AquaAgri studerade man nya systemlösningar inom traditionellt jord- och vattenbruk, och det övergripande målet var att bidra till effektivare och miljömässigt hållbar produktion. Forskningsprogrammet finansierades av Formas, Mistra och Lantmännens Forskningsstiftelse.

Hypotesen i Fortune var att mjölkkor kan utfodras uteslutande med grovfoder och biprodukter, det vill säga utan spannmål och soja, med bibehållen hälsa, ekonomi och med minskad miljöpåverkan. Projektet var uppdelat i fyra arbetspaket. I det första genomfördes vallförsök med syfte att studera optimal kvävegödsling till gräs- och blandvallar anpassade för utfodring tillsammans med biproduktsbaserat kraftfoder. I det andra arbetspaketet utvärderades olika biprodukters fodervärde *in vitro* och deras egenskaper i samband med ensilering. I det tredje, och mest omfattande arbetspaketet, genomfördes utfodringsförsök med mjölkkor på SLU:s försöksanläggningar i Uppsala och Umeå. Där undersöktes hur avkastning och djurhälsa påverkades av att korna enbart utfodrades med vallfoder och kraftfoder baserade på biprodukter.

Det fjärde arbetspaketet handlade om den miljömässiga och ekonomiska hållbarheten i vallfoder- och biproduktsbaserad mjölkproduktion under svenska förhållanden, och leddes initialt av Maria Berglund Lundberg, Hushållningssällskapet Halland. Målet med arbetspaketet var att utvärdera arbetet som genomförts i andra delar av projektet ur ett ekonomiskt och miljömässigt perspektiv. Resultatet från detta arbetspaket presenteras i denna rapport. Rapporten har skrivits av Maria Henriksson, Hushållningssällskapet Halland (miljöberäkningar), Susanne Bååth Jacobsson, Växa Sverige (ekonomiska beräkningar), Mikaela Lindberg, SLU (foderstater och djurberäkningar) och Maria Berglund Lundberg (miljöberäkningar).



# Sammanfattning

I denna rapport har miljöpåverkan och ekonomiskt resultat av att utfodra mjölkkor med kraftfoder baserat på biprodukter jämförts med att utfodra med konventionellt kraftfoder, i kombination med vallensilage i båda fallen. Det finns flera rapporter som redovisar livscykelanalyser av mjölkproduktion, men nyheten med denna studie är att den baserats på data från svenska utfodringsförsök för mjölkkor med faktiskt uppmätt foderintag och mjölkavkastning.

Livscykelanalysen i denna studie har haft två målsättningar; ett har varit att beskriva miljöpåverkan för mjölk producerad med olika typer av kraftfoder, här kallat "utfodringsstrategier", ett annat har varit att beskriva miljöpåverkan för vallfoder producerad med olika gödslingsstrategier. De miljöpåverkanskategorier som behandlas i denna rapport är *potentiell klimatpåverkan*, *energianvändning*, *markbehov* och *potentiell övergödning* eftersom de har bedömts vara de mest relevanta för denna studie. I beräkningarna ingår miljöpåverkan för alla insatsmedel och aktiviteter fram tills dess att mjölken lämnar gården och för vallodlingen fram tills dess att ensilaget ligger på foderbordet. Dessutom har vi beräknat nettoproduktion av livsmedel (protein och energi) gjort stallbalansberäkningar för att bestämma stallgödselns innehåll av kväve och fosfor.

Utöver livscykelanalyserna har ekonomiska beräkningar gjorts för både vallodling och mjölkproduktion vilket är nytt i sammanhanget och bidrar till en mer komplett bild av möjligheten att tillämpa resultaten i praktiken.

Vallförsöken gjordes under två år och omfattade både ren gräsvall och blandvall som gödslades med fyra olika nivåer av kväve i form av mineralgödsel, från 0 kg N/ha till 375 kg N/ha i gräsvallen och till 300 kg N i blandvallen.

Resultaten för vallodlingen visade att ensilage från blandvallar kan ge lägre klimatavtryck och mindre kväveutlakning än rena gräsvallar. Detta beror på att behovet av kvävegödsling vid samma förväntade skörd är lägre för blandvallar eftersom klövern fixerar kväve. Vid den optimala gödselgivan för gräsvallen, 265 kg N/ha, hade gräsvallen ett högre klimatavtryck per kg torrsbstans än vad blandvallen hade vid motsvarande skördenivå, men vid samma gödslingsnivå var klimatavtrycket ungefär likvärdigt. Användning av stallgödsel i vallodling kan förväntas ge högre klimatavtryck och utlakning än vid vallodling enbart med mineralgödsel. Vid användandet av stallgödsel blir de kväverelaterade emissionerna från mark och vid spridning av stallgödsel högre än om mineralgödsel använts. Vall är dock en gröda som lämpar sig bra att sprida stallgödsel till eftersom den håller jorden bevuxen året runt och därmed minskar risken för både utlakning och lustgasavgång jämfört med ettåriga grödor.

Utfodringsförsöken A-D som beskrivs nedan är gjorda utifrån olika förutsättningar och jämförelser kan därför bara göras inom respektive försök. Foderbehov och mjölkavkastning är omräknat till ett helt år oavsett längd på det reella försöket och tillägg har gjorts för uppfödning av rekryteringskvigor. Denna teoretiska anpassning av de verkliga försöken benämns i rapporten "utfodringsstrategier" vilka utgör basen för miljö- och ekonomiberäkningarna.

Försök A: Kraftfoder bestående av biprodukter (betfiber i kombination med rapsmjöl och drank) utfodrades i en "låg" respektive "hög" giva tillsammans med gräs/klöverensilage av en 1:a skörd.

Försök B: Kraftfoder bestående av biprodukter (betfiber i kombination med rapsmjöl och/eller drank) jämfördes med ett kontrollkraftfoder baserat på spannmål och sojamjöl. Kraftfodren utfodrades tillsammans med en blandning av 1:a och 2:a skörd av gräsensilage.

Försök C: Kraftfoder bestående av biprodukter (betfiber i kombination med rapsmjöl och drank) jämfördes med ett kontrollfoder baserat på spannmål och sojamjöl. Kraftfodren utfodrades som en fullfoderblandning tillsammans med gräsensilage av antingen tidig eller sen 1:a skörd.

Försök D: Kraftfoder baserat på spannmål jämfördes med samma kraftfoder i kombination med proteinkoncentrat tillsammans med gräs/klöverensilage av 1:a och 2:a skörd.

Resultaten för utfodringsstrategiernas miljöpåverkan visade att användningen av biproduktskraftfoder främst minskar behovet av mark och bidrar mindre till övergödning jämfört med kraftfoder baserade på spannmål och soja. En annan styrka är den låga konkurrensen med fodermedel som skulle kunna användas som livsmedel. Beräkningar av effektivitet och nettoproduktion av livsmedel visade på stora förtjänster med att använda biprodukter i kombination med relativt stor andel vallfoder till korna.

Energianvändningen i torkprocessen är det som främst talar emot kraftfoder med hög andel biprodukter, studien visade dock att resultaten till stor del beror på vilken energikälla som används för torkning.

Ett intressant resultat var också de stora skillnaderna i kväve- och fosforinnehåll i träck och urin mellan utfodringsstrategier. Detta kan ge konsekvenser för de rekommendationer som ges beträffande stallgödselspridning, något som i dagsläget beräknas schablonmässigt.

Resultaten för de ekonomiska beräkningarna visade att användning av en större andel biprodukter i kraftfodret eller användandet av låga kraftfodergivor inte ökade foderkostnaderna per kg mjölk förutsatt de antaganden som gjorts i beräkningarna.

De biprodukter som har använts i projektet ingår alla i torra kraftfoderblandningar som tillverkas på foderfabrik. Det innebär att de kan användas utan förändringar av gårdens infrastruktur eller inomgårdsmekanisering. Vid användning av blöta biprodukter kan det uppstå helt andra behov av investeringar i maskiner och byggnader för att kunna hantera fodermedlet på gården. Kostnader för foder utgör vanligen runt 50 % av de totala kostnaderna på en mjölkgård. Övriga kostnader som förekommer i produktionen är till största delen opåverkade av val av utfodringsstrategi eller avkastningsnivå, inom de intervall som ingår i denna rapport. Med oförändrad kostnad på gårdsnivå blir således de övriga kostnaderna högre per kg mjölk vid lägre avkastningsnivåer.

# Innehåll

|       |                                                                                                                                                                   |    |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | Inledning .....                                                                                                                                                   | 1  |
| 1.1   | Syfte .....                                                                                                                                                       | 1  |
| 1.2   | Denna studie i relation till tidigare genomförda studier .....                                                                                                    | 2  |
| 1.3   | Rapportens upplägg .....                                                                                                                                          | 2  |
| 2     | Metoder .....                                                                                                                                                     | 3  |
| 2.1   | Miljöpåverkan (livscykelanalys) .....                                                                                                                             | 3  |
| 2.1.1 | Mål och omfattning .....                                                                                                                                          | 3  |
| 2.1.2 | Miljöpåverkanskategorier .....                                                                                                                                    | 6  |
| 2.1.3 | Emissionsberäkningar och resursanvändning .....                                                                                                                   | 9  |
| 2.2   | Vallförsök .....                                                                                                                                                  | 10 |
| 2.2.1 | Anpassning av försök till praktisk odling .....                                                                                                                   | 11 |
| 2.3   | Utfodringsstrategier .....                                                                                                                                        | 12 |
| 2.3.1 | Utfodringsförsöken .....                                                                                                                                          | 14 |
| 2.3.2 | Mjölkvastning .....                                                                                                                                               | 15 |
| 2.3.3 | Besättningsdata .....                                                                                                                                             | 15 |
| 2.3.4 | Utfodringsstrategier .....                                                                                                                                        | 15 |
| 2.3.5 | Stallgödselproduktion .....                                                                                                                                       | 17 |
| 2.3.6 | Vallodling för ensilage .....                                                                                                                                     | 17 |
| 2.4   | Ekonomi .....                                                                                                                                                     | 19 |
| 2.4.1 | Produktionskostnad för vallfoder .....                                                                                                                            | 19 |
| 2.4.2 | Produktionskostnad för mjölk .....                                                                                                                                | 19 |
| 3     | Vallförsök – miljöpåverkan och produktionskostnad .....                                                                                                           | 21 |
| 3.1   | Gödslingsförsök vallår 1 och 2 .....                                                                                                                              | 21 |
| 3.2   | Scenario med 3 vallår och stallgödsel .....                                                                                                                       | 25 |
| 3.3   | Slutsats vallförsök .....                                                                                                                                         | 26 |
| 4     | Utfodringsstrategier – miljöpåverkan och produktionskostnad .....                                                                                                 | 29 |
| 4.1   | Fosfor och kväve i stallgödsel från mjölkarna .....                                                                                                               | 29 |
| 4.1.1 | Stallgödselns växtnäringsinnehåll .....                                                                                                                           | 29 |
| 4.1.2 | Olika sätt att bestämma behovet av spridningsareal .....                                                                                                          | 31 |
| 4.2   | Ensilage i utfodringsstrategierna – miljö och kostnad .....                                                                                                       | 33 |
| 4.3   | Utfodringsstrategier .....                                                                                                                                        | 36 |
| 4.3.1 | Utfodringsstrategier A; olika givor av ett kraftfoder bestående av biprodukter .....                                                                              | 36 |
| 4.3.2 | Utfodringsstrategier B; kraftfoder bestående av olika biprodukter jämfört med ett spannmålsbaserat .....                                                          | 36 |
| 4.3.3 | Utfodringsstrategier C; ett kraftfoder bestående av biprodukter jämfört med ett spannmålsbaserat i kombination med tidigt respektive sent skördat vallfoder ..... | 37 |

|          |                                                                                                                                        |    |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.3.4    | Utfodringsstrategier D; kraftfoder bestående av enbart spannmål jämfört med en kombination av spannmål och ett proteinkoncentrat. .... | 40 |
| 4.3.5    | Kvigornas inverkan.....                                                                                                                | 42 |
| 4.3.6    | Fördelning mellan mjölk och kött .....                                                                                                 | 42 |
| 4.3.7    | Inkludering av förändrad markanvändning i klimatpåverkan .....                                                                         | 43 |
| 4.3.8    | Kraftfoderprodukternas miljöpåverkan .....                                                                                             | 44 |
| 4.4      | Sammanfattande slutsatser .....                                                                                                        | 47 |
| 4.4.1    | Fosfor och kväve i stallgödsel .....                                                                                                   | 48 |
| 4.4.2    | Foder till djur eller livsmedel till människor? .....                                                                                  | 49 |
| 4.4.3    | Fodereffektivitet .....                                                                                                                | 49 |
| 4.4.4    | Markanvändning .....                                                                                                                   | 50 |
| 4.4.5    | Livscykelanalyser.....                                                                                                                 | 51 |
| 4.4.6    | Ekonomi .....                                                                                                                          | 52 |
| 5        | Referenser .....                                                                                                                       | 55 |
| Bilaga 1 | Indata                                                                                                                                 |    |
| Bilaga 2 | Potentiell klimatpåverkan                                                                                                              |    |
| Bilaga 3 | Resultat                                                                                                                               |    |

# 1 Inledning

Nötkreaturen har en unik förmåga att utnyttja fiberrika växter och grödor och omvandla dessa till mjölk och kött genom att de fermenterar fodret med hjälp av mikrober i våmmen. De så kallade enkelmagade djuren, såsom grisar och fjäderfä, har svårare att tillgodogöra sig fiber och produktionen av griskött, kyckling och ägg är därför mer beroende av spannmål och baljväxter, det vill säga grödor som även människan kan äta. Utöver grödor som är specifikt odlade för att användas som fodermedel, t.ex. gräs/klöver (vallfoder), spannmål och baljväxter, kan restprodukter eller biprodukter från livsmedels- och biobränsleindustrin användas som djurfoder eftersom de ofta inte kan användas som livsmedel. Biprodukterna kan anses som resurseffektiva eftersom det från den ursprungligt odlade grödan kommer flera produkter, t.ex. från odlingen av rapsfrö fås både olja och rapsmjöl. Att biprodukter används som fodermedel är inget nytt, men att *bara* utfodra biprodukter som kraftfoder till mjölkkor som i utfodringsförsöken i den här rapporten är unikt. I Sverige har det varit vanligt att kombinera spannmål med biprodukter, både inom fodermedelsindustrin och för enskilda lantbrukare som tillverkar sin egen foderblandning om de har tillgång på biprodukter i närområdet. Vanliga svenska biprodukter är betfiber och melass från sockerindustrin, vetekli från kvarnindustrin, rapskaka/rapsmjöl från rapsoljeframställning, drav från bryggerier och agrodrank från framställningen av etanol. För industrin är det ofta också av stor ekonomisk betydelse att kunna sälja de biprodukter som blir över efter tillverkningen av primärprodukten.

Jordbruket står inför flera utmaningar globalt sett, och måste klara av att mätta en växande befolkning på ett mer miljömässigt hållbart sätt. Världens befolkning beräknas öka med ca 2 miljarder människor till år 2050. Jordbruket står idag för ca 20 % av de globala växthusgasutsläppen (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2015), och 38 % av markytan globalt används för jordbruk (Foley *et al.*, 2011) varav ca 70 % för foderproduktion (FAO, 2010). En del i en miljömässigt hållbar mjölkproduktion skulle kunna vara att använda stor andel biprodukter i kombination med vallfoder som foder till mjölkkor. Biprodukter konkurrerar inte om markutrymme när det gäller produktion av livsmedel. Vallfoder odlas delvis på åkermark som skulle kunna användas till odling för humankonsumtion, men vallgrödan är samtidigt en mycket viktig gröda i växtföljden, har många miljömässiga odlingsfördelar och bidrar till upprätthållandet av många viktiga ekosystemtjänster (Cederberg, Henriksson and Rosenqvist, 2018). För ett långsiktigt hållbart jordbruk måste även ekonomisk hållbarhet uppnås. Eventuella förändringar i ett produktionssystem måste kunna genomföras utan ökade kostnader och med utnyttjande av befintlig infrastruktur på och runt gårdarna.

## 1.1 Syfte

Projektet "Fortune - Mjölk på gräs och biprodukter" genomfördes för att undersöka om mjölkkor kan utfodras uteslutande med grovfoder och biprodukter, det vill säga utan spannmål och soja, med bibehållen hälsa, ekonomi och med minskad miljöpåverkan. Syftet med denna rapport har varit att pröva hypoteserna som ställdes upp i projektets fjärde arbetspaket "Ekonomisk och miljömässig hållbarhet", nämligen:

**Hypotes 1:** Grovfoder- och biproduktbaserad mjölkproduktion ger bättre miljömässig hållbarhet än en mer konventionell foderstat med kraftfoder baserat på spannmål och sojamjöl.

**Hypotes 2:** Grovfoder- och biproduktbaserad mjölkproduktion ger samma ekonomiska resultat som en konventionell foderstat med kraftfoder baserat på spannmål och sojamjöl.

## 1.2 Denna studie i relation till tidigare genomförda studier

Det har publicerats många livscykelanalyser (LCA) av mjölk, inte minst med särskilt fokus på klimatpåverkan. Det finns internationella studier som jämför mjölkproduktion mellan olika länder och världsdelar (t.ex. Gerber m.fl., 2010; Flysjö m.fl., 2011). Flertalet svenska studier har genomförts, dels baserade på inventeringar av faktiska mjölkgårdar (t.ex. Cederberg & Mattsson, 2000; Cederberg & Flysjö, 2004; Cederberg och Ericson, 2007) och dels på statistik över svensk mjölkproduktion (Cederberg *et al.*, 2009; Henriksson *et al.*, 2011). Mer specifikt har jämförelser även gjorts av olika foderstater (t.ex. Liljeholm, Bertilsson och Strid, 2009 samt Henriksson, Cederberg och Swensson, 2014) och kvalitet på grovfoder (Henriksson, Cederberg och Swensson, 2012 och 2014). I en artikel har Rööf m.fl. (2016) beräknat miljöavtrycket av mjölk som producerats på en foderstat med grovfoder och biprodukter, och där har även olika mjölkavkastningsnivåer och betesstrategier beaktats. Miljöpåverkan av gräsbaserad mjölkproduktion har beräknats i en studie som är under publicering (Cederberg, 2019).

Traditionellt har livscykelanalyserna studerat miljöpåverkan i form av klimatpåverkan, energianvändning, övergödning och försurning. På senare tid har även markbehov och toxicitet tillkommit, och nu pågår metodutveckling och studier kring hur ekosystemtjänster ska kunna värderas (Cederberg, Henriksson & Rosenqvist, 2018).

Det som är nytt med denna studie är att den baserats på data från svenska utfodringsförsök för mjölkkor med faktiskt uppmätt foderintag och mjölkavkastning. De flesta utförda livscykelanalyser av mjölkproduktion baseras på datainsamling från mjölkgårdar eller statistik, vilket alltid innebär en osäkerhet kring foderintag. Särskilt stor är osäkerheten för grovfodret eftersom djuren ofta har fri tillgång till detta och vallskördarna sällan vägs ute på gårdar (Henriksson, 2014). När miljöberäkningar baseras på foderstater som tagits fram för att matcha vissa mjölkavkastningsnivåer uppstår också osäkerheter då man, trots noggranna beräkningar i foderstatsprogram, inte kan veta om aktuell mjölkavkastning nås vid den beräknade foderstaten. Utfodringsförsök kan visa på annat resultat än vad modellberäkningar i foderstatsprogrammen förutsagt. Till exempel har man i utfodringsförsök kunnat uppmäta högre mjölkavkastningsnivåer än förväntat på foderstater med hög andel grovfoder (Patel m.fl., 2017).

I utfodringsförsöken i detta projekt renodlades inverkan av biprodukter genom att man satte samman kraftfoder som uteslutande bestod av biprodukter. Normalt är annars att biprodukterna ges i kombination med till exempel spannmål. Miljöberäkningarna som gjorts för vallfoder baseras på ett odlingsförsök där olika gödslingsnivåer i vall jämfördes. Nytt är även att miljöpåverkan på utfodrings- och odlingsförsök har kompletterats med ekonomiska beräkningar för samma försök. Dessa har utförts för att bedöma om systemen är realistiska, och gör det lättare att förankra dem i praktiken.

## 1.3 Rapportens upplägg

Först redovisas vilken miljöpåverkan som har studerats samt vilka metoder och indata som använts för att beräkna den. Likaså förklaras upplägg och beräkningar av ekonomiska resultat. Därefter följer två avsnitt som beskriver vallförsöket och de utfodringsförsök som legat till grund för de utfodringsstrategier som jämförts, liksom den övriga indata som använts i beräkningarna.

Efter avsnitten om metod och indata redovisas och diskuteras de samlade resultaten (miljö, nettoproduktionen av livsmedel och ekonomi). Först för vallförsöket och därefter för utfodringsstrategierna. Rapporten avslutas med en sammanfattning av hur kraftfoder av biprodukter samt olika grovfodermängder kan påverka miljö, nettoproduktion av livsmedel och ekonomi.

## 2 Metoder

Miljöpåverkan, nettoproduktion av livsmedel och ekonomi har beräknats utifrån fyra olika utfodringsförsök som vardera inkluderar två till fyra olika utfodringsstrategier. Tre av försöken är utförda inom ramen för projektet ”Fortune - Mjolk på gräs och biprodukter”. Miljöpåverkan och ekonomi har även beräknats för ett kvävegödslingsförsök i vall med en gräs- och en blandvall. Även detta försök har legat inom ramen för Fortune-projektet. Resultat från vallförsöket har delvis legat till grund för antagande om avkastning och kvävegödsling i odling av det ensilage som använts i utfodringsstrategierna. Nedan följer metodbeskrivningar för hur beräkningar av miljöpåverkan, nettoproduktion av livsmedel samt ekonomi har utförts.

### 2.1 Miljöpåverkan (livscykelanalys)

Miljöpåverkan för mjölk och vallfoder har beräknats med en livscykelanalys (LCA). Det pågår flera internationella arbeten för att utveckla och harmonisera standarder för livscykelanalyser och miljöavtrycksberäkningar av produkter. Ett sådant initiativ pågår inom EU där man tar fram produktspecifika riktlinjer, så kallade *Product Environmental Footprint Category Rules* (PEFCR), för hur man ska beräkna miljöavtrycket av en rad olika produkter. PEFCR koordineras med och bygger vidare på andra LCA-standarder som till exempel i FAO:s riktlinjer för miljöbedömning av system med stora idisslare (*Livestock Environmental Assessment and Performance* (LEAP)) samt i riktlinjer från *International Dairy Federation* (IDF) för livscykelanalyser av mejeriprodukter (IDF, 2015; FAO, 2016).

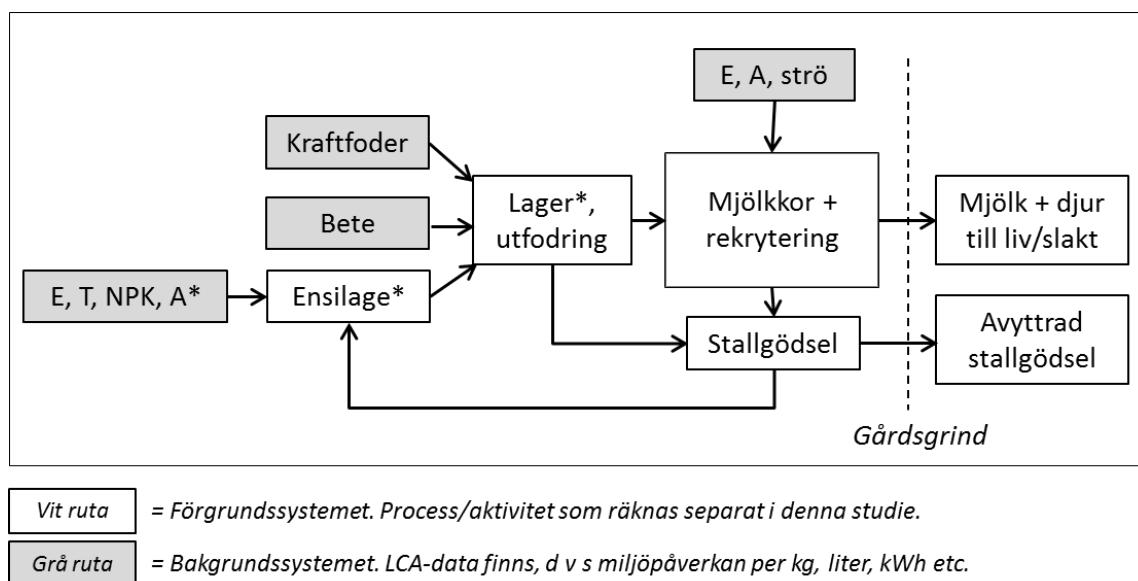
I denna studie utgår vi från IDF:s riktlinjer och två PEFCR, nämligen metoderna för foder till livsmedelsproducerande djur (hädanefter kallat PEFCR *Feed*) samt mjölkproduktion och mejeriprodukter (hädanefter kallat PEFCR *Dairy*) (EDA, 2018; PEFCR, 2018). PEFCR *Feed* avser egentligen foder som hanteras i foderfabriker, men riktlinjerna kan även användas för egenproducerat foder. Det finns även ett övergripande dokument, PEFCR Guidance, som använts när PEFCR för enskilda produkter har tagits fram. Det innehåller i vissa fall fler detaljer kring enskilda metodfrågor än vad PEFCR *Feed* eller PEFCR *Dairy* gör (European Commission, 2017).

Det finns två huvudprinciper för en livscykelanalys nämligen bokföringsinriktade analyser (*attributional LCA*, aLCA) och förändringsorienterade analyser (*consequential LCA*, cLCA). Studiens syfte styr vilken inriktning man väljer på analysen. Beräkningarna görs på lite olika sätt och de svarar på olika typer av frågor, vilket gör att resultaten från bokföringsinriktade och förändringsorienterade studier inte alltid är jämförbara.

Här har vi valt en bokföringsinriktad analys. Vi vill se vad som har betydelse för mjölkens miljöavtryck vid olika utfodringsstrategier respektive vallfodrets miljöavtryck vid olika gödslingsstrategier. Bokföringsinriktade analyser har ett tillbakablickande perspektiv och kan användas för att jämföra olika produkters miljöpåverkan. I de bokföringsinriktade analyserna beräknas produktens totala miljöpåverkan, och alla miljömässigt relevanta flöden till och från en produkts hela livscykel beskrivs. Då används medeldata som speglar miljöpåverkan av en genomsnittlig insatsvara. Man tar inte hänsyn till vad som händer i omvärlden om efterfrågan på en insatsvara ändras, till exempel om produktionen av den studerade produkten leder till ökad efterfrågan på elektricitet och att denna efterfrågan möts med ökad elimport eller att elproduktionen byggs ut.

#### 2.1.1 Mål och omfattning

Målet med livscykelanalysen i denna studie har varit att beskriva miljöpåverkan dels för mjölk producerad med olika utfodringsstrategier och dels för vallfoder producerat med olika gödslingsstrategier. I



Figur 1. Illustration av ingående delar och flöden i det studerade systemet, dels för mjölkproduktionen (hela bilden) och dels de delar som tagits med vid beräkningarna av vallförsöken (markerade med en stjärna (\*)). Uppdelning har gjorts mellan förgrunds- och bakgrundssystem. Pilarna illustrerar flöden av foder, gödsel, energi osv. Förkortningarna står för E: energi, T: transport, NPK: mineralgödsel, A: annat material, LCA: livscykelanalys.

beräkningarna ingår miljöpåverkan för alla insatsmedel och aktiviteter fram tills dess att mjölken lämnar gården och för vallodlingen fram tills dess att ensilaget ligger på foderbordet (Figur 1).

Förgrundssystemet i Figur 1 består i detta fall av de delar som mjölkproducenten har direkt kontroll över. Där ingår även de delar som bedömts ha störst betydelse för mjölkproduktionens miljöprestanda, och dessa delars miljöpåverkan har beräknats specifikt för denna studie. Bakgrundssystemet utgörs här av produktion av insatsvaror som mjölkproducenten inte har direkt kontroll över, till exempel hur drivmedlen har producerats och vilken miljöpåverkan som drivmedelsproduktionen ger upphov till. Här används tidigare publicerade data för produkters miljöpåverkan.

När det gäller fodermedel har miljöpåverkan av vallensilaget beräknats specifikt för denna studie. Ett av målen med denna studie var att utvärdera vallodlingens miljöpåverkan baserat på resultaten från gödslingsförsöken som gjorts tidigare i Fortune-projektet. Vallensilaget utgör också den enskilt största andelen av foderstaten varmed miljöpåverkan från den också får en stor inverkan på mjölkens miljöpåverkan.

Data för miljöpåverkan av övriga fodermedel (kraftfoder och bete) har hämtats från tidigare genomförda nationella och internationella livscykelanalyser. I första hand har svenska beräkningar använts vilka utförts av SIK eller RISE (Flysjö, Cederberg and Strid, 2008; RISE, 2013). När svenska data saknats eller ansetts för gamla har antingen danska värden använts (Mogensen, L., Knudsen, M. T., Dorca-Preda, T., Nielsen, N. I., Kristensen, I. S., Kristensen, 2018) eller värden framtagna med hjälp av LCA-databasen Agri-footprint (Blonk Consultants, 2018). Utvärdering och val av värden har baserats på författarnas egna kunskaper inom området. Vilken datakälla som använts för respektive fodermedel och övriga insatsvaror redovisas i Bilaga 1 Indata, Tabell 9.

När det gäller infrastruktur ("capital goods"), vilket i denna studie omfattar material i traktorer, stall, lager etc., har det tagits med för traktorer genom ett påslag på dieselns miljöavtryck. Byggnader har inte tagits med enligt PEFCR Dairy (EDA, 2018).

## Funktionell enhet

All miljöpåverkan från ett studerat system behöver relateras till systemets funktion och kallas för systemets funktionella enhet. Det kan t.ex. vara en produkt eller en aktivitet. De funktionella enheterna som valts för denna studie är ”1 kg energikorrigerad mjölk (ECM) levererad vid gårdsgrind” för studien av utfodringsstrategierna och ”1 kg torrsubstans (ts) på foderbordet” för studierna av vallfoder. Resultaten kommer alltså att presenteras per kg ECM respektive per kg ts. Att mjölmängden är energikorrigerad innebär att oavsett om de olika foderstrategierna gett mjölk med olika protein- och fettinnehåll så räknas den om till en jämförbar mjölmängd.

## Fördelning av miljöpåverkan – allokering

I foderkedjan och mjölkproduktionen finns det flera situationer där en process ger flera olika produkter, så kallade multifunktionella processer. Det handlar till exempel om mjölkarna som både ger mjölk, kalv/kött och stallgödsel, och det gäller även flera kraftfoderingsredienser som är bi- eller samprodukter, till exempel drank från etanolproduktion eller betfiber från sockerindustrin. För att kunna särredovisa miljöpåverkan av en av dessa produkter behöver man fördela, eller allokera, miljöpåverkan av processen, och alla inflöden till processen, mellan de produkterna som fås från processen. Inom LCA-området finns det riktlinjer och beslutshierarkier för hur denna fördelning ska göras generellt, men även specifikt för vissa processer (IDF, 2015; European Commission, 2017; EDA, 2018).

De allokeringsprinciper som använts här är:

**Mjölk och kött/livdjur:** Görs enligt IDF (2015). Allokeringen mellan mjölk och kött/livdjur baseras på hur stor andel av djurens energiintag som går till mjölkproduktion respektive till tillväxt, enligt:

$$AF = 1 - 6,04 \cdot m_{\text{kött}} / m_{\text{mjölk}}$$

Där:

**AF** = Allokeringsfaktor mjölk, det vill säga hur stor andel av miljöpåverkan som ska läggas på mjölken.

**6,04** = konstant, empiriskt framtagen

**$m_{\text{kött}}$**  = kg levande vikt av djur (både kor och kalvar/ungdjur (både kvigor och tjurar)) som säljs till liv eller slakt. Kadaver ska inte inkluderas.

**$m_{\text{mjölk}}$**  = kg energikorrigerad mjölk (ECM), som producerats. I IDF (2015) står det dock att mjölken ska anges som kg FPCM (fett- och proteinkorrigerad mjölk), men den formel som IDF använder för att räkna ut mängden FPCM avser egentligen omräkning till ECM. Vi har därför tolkat det som att mängden mjölk ska anges som kg ECM.

Observera att resultaten för mjölkens miljöavtryck presenteras oallokerade förutom i kapitel 4.3.6. I resultattabellerna i Bilaga 1 redovisas både oallokerade och allokerade värden.

**Stallgödsel:** All miljöpåverkan fram till och med lager tillskrivs djurhållningen. All miljöpåverkan fr.o.m. transport från gödsellagret till fält tillskrivs växtodlingen. Det innebär att det inte sker någon allokering av uppströms miljöpåverkan till stallgödseln.

I de fall djuren producerar mer stallgödsel än vad vallarealen räcker till som spridningsareal så antas överskottet av stallgödsel avyttras till annan odling utanför vårt uppsatta produktionssystem. Den avyttrade gödseln antas sakna ekonomiskt värde, och därmed allokeras inte heller någon uppströms miljöpåverkan till den avyttrade stallgödseln, enligt PEFCR *Dairy* (EDA, 2018). Det innebär också att

mjölkproduktionen inte kommer att tillgodoräknas fördelar med att avyttrad gödsel eventuellt ersätter andra gödselmedel.

**Ingredienser i kraftfoder:** För kraftfodringredienser används ekonomisk allokering för att fördela miljöpåverkan mellan samprodukter, det vill säga för att fördela miljöpåverkan av odling och förädling av en gröda mellan de produkter som fås (till exempel mellan rapskaka och rapsolja efter pressning av rapsfrö) (PEFCR, 2018). Eftersom vi inte gjort några egna livscykelanalyser av kraftfodringredienser används samma allokeringsfaktorer som i de refererade studierna. När LCA-data har hämtats ur databasen Agri-footprint kan man välja mellan olika allokeringsprinciper. Vi har då valt ”*Economic*”. För LCA-data som har hämtats från RISE:s LCA-databas för fodermedel (Flysjö, Cederberg and Strid, 2008; RISE, 2013) har dock ingen allokering gjorts mellan bärgad halm och kärn-/fröskörd. Det innebär att miljöavtrycket för spannmål, rapsfrö etc. är något högre än om en del av växtodlingens miljöpåverkan hade allokerats till halmen. Denna effekt antas dock vara försumbar i denna studie eftersom den bärgade halmen har ett begränsat ekonomiskt värde och dessa grödor utgör en liten andel av fodret.

**Vallfoder:** Miljöpåverkan av gödsel och drivmedel som använts i växtodlingen tillskrivs årets gröda. Vallgrödor ingår normalt sett i en växtföljd där vissa insatser görs för hela växtföljden. Det gäller till exempel kalkning. Kalkningsbehovet slogs därför ut på en 4-årig växtföljd (spannmål följt av tre vallår), där respektive år bär sin andel.

### 2.1.2 Miljöpåverkanskategorier

Miljöpåverkanskategorier som behandlas i denna rapport är *potentiell klimatpåverkan*, *energi-användning*, *markbehov* och *potentiell övergödning*. Dessa miljöpåverkanskategorier har bedömts vara de mest relevanta för denna studie där skillnaderna mellan utfodringsstrategier med och utan biprodukter studeras. Dessa miljöpåverkanskategorier ingår även i listorna över mest relevanta miljöpåverkanskategorier enligt PEFCR *Dairy* (EDA, 2018) samt i LEAP (FAO, 2016). Utöver dessa fyra har andelen foder som kan användas som livsmedel beräknats i form *protein- och energieffektivitet* för respektive utfodringsstrategi. Det är ingen direkt miljöpåverkanskategori, men är relevant för denna studie då det är stora skillnader mellan strategierna med avseende på hur stor mängd av proteinet och energin i fodret som skulle kunna vara ätbart för människor (på engelska kallat ”*human edible*”). Som ett ytterligare komplement har även *flöden av kväve och fosfor* beräknats och redovisats, dels som innehåll i träck och urin och dels för att beräkna behovet av spridningsareal.

I PEFCR *Dairy* och LEAP listas ännu fler miljöpåverkanskategorier som mest relevanta för mjölkproduktion, nämligen förurning, partikelutsläpp och vattenförbrukning. De har dock uteslutits då vi har bedömt att dessa miljöpåverkanskategorier har mindre betydelse i denna studie, framför allt för att skillnaderna för dessa påverkanskategorier förväntas vara relativt små mellan utfodringsstrategierna.

#### Potentiell klimatpåverkan

I kategorin potentiell klimatpåverkan ingår i huvudsak utsläpp av koldioxid (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) och lustgas (N<sub>2</sub>O). Utsläppen av växthusgaser räknas om till enheten koldioxidekvivalenter (CO<sub>2</sub>e) i ett hundraårsperspektiv (GWP<sub>100</sub>) enligt IPCC, 2013 (Myhre *et al.*, 2013), se Tabell 1. I Bilaga 1 ges en utförligare förklaring av karaktäriseringsfaktorerna och begreppen som används.

Klimatavtrycket för insatsvaror som används i vallodlingen och mjölkproduktionen har hämtats från tidigare livscykelanalyser och LCA-databaser. Omräkningar har gjorts om klimatavtrycken som presenteras i dessa källor inte har beräknats med GWP<sub>100</sub> enligt (Myhre *et al.*, 2013). Det gäller

Tabell 1. Potentiell klimatpåverkan i ett hundraårsperspektiv (Global Warming Potential, 100 years, GWP<sub>100</sub>) för växthusgaser (Myhre *et al.*, 2013).

| Växthusgas        | GWP <sub>100</sub><br>kg CO <sub>2</sub> e/kg växthusgas | Exempel på källor                                               |
|-------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Koldioxid, fossil | 1                                                        | Förbränning av fossila bränslen, förändrad markanvändning, kalk |
| Koldioxid, biogen | 0                                                        | Fodersmältning, stallgödsel, förbränning av biobränslen         |
| Metan, fossil     | 30                                                       | Utvinning av fossila bränslen                                   |
| Metan, biogen     | 28                                                       | Fodersmältning, lagring av stallgödsel                          |
| Lustgas           | 265                                                      | Mark, stallgödsel                                               |

klimatavtrycket för fodermedlen i RISE:s databas som är beräknade enligt (Flysjö, Cederberg and Strid, 2008)(Forster *et al.*, 2007).

I LCA-sammanhang ingår ibland markanvändning (*land use, LU*) och förändrad markanvändning (*land use change, LUC*) i beräkningen av en grödas klimatavtryck. Det som då avses är de långsiktiga förändringarna av kolförrådet i mark och biomassa, och hur det påverkar flödet av koldioxid (läs mer i Bilaga 1). Markanvändning, LU, syftar här på hur kolförrådet ändras i marken vari grödan odlas. Förändrad markanvändning, LUC, avser de koldioxidemissioner som sker när användningsområdet för marken ändras, till exempel att skogsmark röjs för att bli betes- eller åkermark. LUC brukar dessutom delas upp i två kategorier, nämligen direkt (dLUC) och indirekt (iLUC) förändrad markanvändning. Med dLUC avses de förändringar som sker inom det geografiska området för studien, medan iLUC avser de förändringar som sker i omvärlden till följd av förändrad efterfrågan av den studerade produkten.

I denna studie har vi tagit med koldioxidemissioner kopplade till direkt förändrad markanvändning (dLUC), vilket även följer riktlinjerna enligt PEFCR *Feed* och PEFCR *Dairy*. Klimatavtrycket för mjölk redovisas för tydlighetens skull både med och utan dLUC. dLUC tas bara med för de grödbaserade foderingredienser som kommer från länder där grödan expanderat på bekostnad av att annan markanvändning trängts undan. Det gäller sojabönor, oljepalm och solros. I denna studie ingår inte indirekt förändrad markanvändning (iLUC) eller markanvändning (LU).

## Energianvändning

Energianvändning avser här förbrukning av icke-förnybar energi, det vill säga fossil energi och kärnkraft. Energianvändningen uttrycks som MJ per enhet av de insatsvaror som används i vallodlingen respektive mjölkproduktionen, till exempel som MJ per liter diesel, kg mineralgödsel eller kWh el. Det handlar dels om den direkta användningen av diesel, eldningsolja etc. och dessa energibärares energiinnehåll, och dels om fossil energi och kärnkraft som använts för framställning av diesel, eldningsolja, mineralgödsel, plast etc.

Uppgifter om energianvändningen för de olika insatsvarorna har hämtats från tidigare livscykelanalyser och från LCA-databaser. Det finns dock flera olika metoder för att summera energianvändningen, och olika metoder har använts i dessa referenser. Det har inte varit möjligt att harmonisera beräkningarna fullt ut. När beräkningar har gjorts med data från databasen Agri-footprint (Blonk Consultants, 2018) har miljöpåverkanskategorin "Abiotic depletion, fossil fuels" enligt EPD (2013) använts. I metodbeskrivningen i Mogensen m.fl. (2018) står det att energianvändningen anges som förbrukning av fossil energi (*forbrug af fossil energi*), men utan närmare definition av begreppet. I resultatdelen i Mogensen m.fl. (2018) verkar det dock vara icke-förnybar energi som gäller. Där anges energianvändningen som MJ "NRE", vilket vi tolkat som "*non-renewable energy*". Med ledning av de miljöavtryck

som de har redovisat för elektricitet verkar det också rimligt att kärnkraft har inkluderats i energianvändningen. I RISE:s LCA-databas för fodermedel (RISE, 2013) anges energianvändningen som primärenergi, särredovisat som förnybara energi, kärnkraft och fossil energi. Här har vi summerat värdet för kärnkraft och fossil energi.

För de allra flesta insatsvaror utgörs användningen av icke-förnybar energi av fossil energi. Kärnkraft har störst betydelse i de fall produktionen har varit elintensiv och en stor andel av elproduktionen skett med kärnkraft. Vi bedömer därför att det är ett acceptabelt fel att vi inte kunnat harmonisera beräkningarna.

### Markbehov

Här avser markbehov hur mycket mark (m<sup>2</sup>) som tagits i anspråk för foderproduktionen. På engelska används uttrycken *land occupation* eller *land requirement*.

### Potentiell övergödning

I den potentiella övergödningen ingår både utlakning av fosfor- och kväveföreningar till vatten (under rotzon) och utsläpp av kväveföreningar till luft. Effekten av kväve och fosfor summeras. Den potentiella övergödningen kan anges i olika enheter, bland annat nitrategkvivalenter (NO<sub>3</sub>-e) och fosfategkvivalenter (PO<sub>4</sub>-e). I denna rapport redovisas den potentiella övergödningen i form av nitrategkvivalenter, och i de fall övergödningen angetts som fosfategkvivalenter i en referens har en omräkning gjorts där 1 kg PO<sub>4</sub>-e motsvarar 10,45 kg NO<sub>3</sub>-e.

De karaktäriseringsfaktorer som använts är: 1 kg ammoniak (till luft) motsvarar 3,64 kg NO<sub>3</sub>-e, 1 kg kväveoxider (till luft) motsvarar 1,35 kg NO<sub>3</sub>-e, 1 kg kväve (till vatten) motsvarar 4,43 kg NO<sub>3</sub>-e, 1 kg fosfor (till vatten) motsvarar 32,03 kg NO<sub>3</sub>-e och 1 kg fosfat (till vatten) motsvarar 10,45 kg NO<sub>3</sub>-e (Flysjö, Cederberg & Strid, 2008).

### Protein- och energieffektivitet för den andel av fodret som kan användas som livsmedel

För att få ett mått på hur stor andel av djurens foder (totalt för mjölkko inklusive rekryteringskviga) som kan användas som livsmedel i relation till hur mycket livsmedel djuren producerar beräknades effektiviteten för omvandlingen av protein respektive energi för de olika utfodringsstrategierna. Detta har beräknats som: *andel ätbart protein respektive energi i producerad mjölk och kött från utslagskon delat med andel ätbart protein respektive energi i konsumerat foder*. Även nettoproduktionen av livsmedel beräknades som: *total mängd ätbart protein i mjölk och kött från utslagskon minus den potentiellt ätbara mängden protein i konsumerat foder*, enligt Ertl m.fl. (2016).

Antaganden om andelen potentiellt livsmedel av olika fodermedel har gjorts enligt Wilkinson (2011), se Tabell 2.

### Fosfor och kväve i stallgödseln från mjölkkena

I denna studie har vi beräknat mängden fosfor och kväve i träck och urin från mjölkkena med hjälp av Norfor, och sedan använt dessa värden för att beräkna mängden fosfor och kväve i stallgödsel och därmed behovet av spridningsareal.

Mängden fosfor och kväve i kornas stallgödsel har beräknats separat för varje utfodringsförsök. Växtnäringsinnehållet i träck och urin har beräknats i Norfor baserat på faktisk foderåtgång enligt de försöksresultat som foderstaterna baserats på. Gödselns växtnäringsinnehåll bestäms med en balansberäkning, det vill säga som differensen mellan växtnäring tillförd via foder och bortförd via mjölk och för tillväxt. För att få fram mängden växtnäring i stallgödseln har tillägg sedan gjorts för strömedel

Tabell 2. Potentiell andel av grödor och biprodukter som kan användas som livsmedel och ingår i foderstater för nötkreatur (Wilkinson, 2011).

| <b>Fodermedel som ingår i studerade foderstater</b>                            | <b>Potentiell andel livsmedel</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Vallfoder (ensilage och bete), grönmjölpellets, halm, kalk, mineraler, salter  | 0,0                               |
| Biprodukter från spannmål, oljeväxter och sockerbetor*<br>Foderfett<br>Rapsfrö | 0,2                               |
| Spannmål, sojamjöl, majs kärna                                                 | 0,8                               |

\*kli, fodermjöl, drank, rapsmjöl (inkl ExPro), rapskaka, betfiber, melass, palmkärnexpeller, majs glutenmjöl

(1,1 kg halm per koplats och dag) samt för foderspill som hamnar i stallgödsel (här uppskattat motsvara 2 % av kornas foderbehov). Avdrag har sedan gjorts för ammoniakförluster i stall och gödsellager (flytgödsel med svämtäcke). Ammoniakförlusterna har beräknats vara 9,8 % av gödselns innehåll av totalkväve (baserat på Jordbruksverkets beräkningsverktyg VERA (Jordbruksverket, 2019)).

Mängden stallgödsel och andra organiska gödselmedel som får spridas per hektar regleras i Jordbruksverkets föreskrift om miljöhänsyn i jordbruket (SJVFS 2004:62). Enligt dessa får man inte sprida mer än 22 kg fosfor per hektar spridningsareal och år (8 §). I spridningsarealen ingår åkermark som är tillgänglig för spridning av organiska gödselmedel, dock inte trädor eller mark där det är olämpligt eller råder förbud mot att sprida organiska gödselmedel. Inom känsliga områden, det vill säga stora delar av södra Sverige, får dessutom inte stallgödsel tillföras i större mängd än vad som motsvarar 170 kg totalkväve per hektar och år (19 a §).

Här utgick vi från att Jordbruksverkets föreskrifter begränsar stallgödselgivan så att maximalt 22 kg fosfor och maximalt 170 kg totalkväve sprids per hektar i den vallodling som behövs för varje utfodringsstrategi.

### 2.1.3 Emissionsberäkningar och resursanvändning

#### Emissioner från mark

Gäller all vallodling, både vid utvärdering av vallförsöken och utfodringsstrategierna.

*Kväveutlakning* från mark (nitrat) har beräknats med Jordbruksverkets beräkningsverktyg för gårdens resurser och miljöpåverkan, VERA (Jordbruksverket, 2019). Några av de faktorer som beaktas är jordart, kommun, jordbearbetning och kvävegödsling.

*Ammoniakförluster* från spridning av stallgödsel har beräknats med samma emissionsfaktorer som i VERA. Spridningsförlusterna beror på gödselslag (flyt, fast etc.), spridningstidpunkt, spridningsteknik och gröda. Spridningsförlusterna har beräknats motsvara ca 30 % av ammoniumkvävet i stallgödseln som sprids. Ammoniakförlusterna vid spridning av mineralgödsel har antagits vara 1,2 % av kväveinnehållet i mineralgödsel, vilket ligger inom intervallet för de emissionsfaktorer för ammoniak från mineralgödsel ( $Frac_{GASF}$ ) som Sverige använt i sin klimatrapportering de senaste åren.

*Lustgasavgång* från mark har beräknats enligt IPCCs riktlinjer (IPCC, 2006). Direkt lustgasavgång, från markyta till atmosfär, beräknas enligt Tier 1. Det innebär att 1 % av kvävet som tillförs marken via mineralgödsel, stallgödsel och skörderester antas avgå som lustgas. Mängden kväve i skörderester beräknas enligt (IPCC, 2006). Den indirekta lustgasavgången, orsakad av att en del av nitrat- och ammoniakförlusterna omvandlas till lustgas, beräknades enligt Tier 1. Då antas att 1 % av kvävet som förloras som ammoniak respektive 0,75 % av utlakat kväve omvandlas till lustgas.

Uppgifter om *fosforutlakning* har hämtats från Johnsson m.fl. (2016) och avser det normalläckaget för slättervall i region 7a, Sydsvenska höglandet, västra delen (viktat medel 0,39 kg P/ha).

*Direkt förändrad markanvändning*, dLUC, har bara tagits med för vissa importerade fodermedel, och ingår som en del i färdiga LCA-värden för dessa fodermedel. I de refererade studierna har dLUC beräknats enligt PAS 2050 (BSI, 2012).

### Markbehov

Markbehov beräknas som en funktion av foderbehovet (mängd per år av respektive fodermedel). Besättningsens totala behov av respektive fodermedel används för att beräkna hur stor areal som krävs för att odla respektive fodergröda, vilket grundar sig på antagna skördenivåer för respektive gröda. I foderbehovet ingår även foderförluster som uppstår, t.ex. vid lagring av ensilage. För grovfoder och spannmål antas svenska medelskördar. Övrigt foder kan vara inhemskt och/eller importerat. När det gäller biprodukter så fördelas arealbehovet mellan huvudprodukt och biprodukt genom så kallad ekonomisk allokering (se avsnitt 2.1.1).

### Emissioner från djur och stallgödsel

*Metan från djurens fodersmältning* har beräknats i programmet IndividRAM med foderstatsberäkning enligt fodervärderingssystemet NorFor (Nielsen *et al.*, 2013).

*Metan och lustgas från stall- och betesgödsel* har beräknats med emissionsfaktorer enligt den svenska klimatrappporteringen (Naturvårdsverket, 2018). Mängden kväve och organiskt material (VS) i gödseln beräknades i IndividRAM enligt NorFor (Volden, 2011).

*Ammoniakförluster* i stall, vid lagring av stallgödsel samt från betesgödsel baseras på kvävemängder beräknade enligt NorFor samt emissionsfaktorer enligt Jordbruksverkets beräkningsverktyg VERA (Jordbruksverket, 2019).

### Flöden av kväve och fosfor

I denna studie har vi beräknat mängden fosfor och kväve i träck och urin från mjölkarna med hjälp av Norfor (Volden, 2011), och sedan använt dessa värden för att beräkna mängden fosfor och kväve i stallgödsel och därmed behovet av spridningsareal. Beräkningar av innehållet i träck och urin har baserats på faktisk foderåtgång enligt de försöksresultat som foderstaterna baserats på. Gödselns växt-näringsinnehåll bestämdes med en balansberäkning, det vill säga som differensen mellan växtnäring tillfört via foder och bortfört via mjölk och djurens tillväxt.

## 2.2 Vallförsök

Inom Fortune-projektet utfördes ett antal vallförsök med syfte att studera optimal kvävegödsling till gräs- och blandvallar passande för utfodring med kraftfoder av biprodukter. Ett av dessa gödslingsförsök utfördes på Rådde Gård i Länghem, Älvsborgs län. Försöket bestod av ren gräsvall samt blandvall med klöver och gräs och omfattade två vallår (2015 och 2016). Fyra olika nivåer av kvävegödsling med enbart mineralgödsel studerades. Resultat och upplägg av försöket har publicerats av Gustavsson (2017).

I denna studie har miljöpåverkan och produktionskostnad beräknats för vallfoder (ensilage i plansilo) producerat enligt detta tvååriga gödslingsförsök. Detsamma har gjorts för ett antaget alternativ som bygger på försöket men som verklighetsanpassats genom att ytterligare ett vallår har lagts till och stallgödsel fått ersätta en del av mineralgödseln. På mjölkgårdar utgörs vallodlingen vanligtvis av treåriga vallar som gödslas med stallgödsel i kombination med mineralgödsel.

## 2.2.1 Anpassning av försök till praktisk odling

I beräkningarna av miljöpåverkan och produktionskostnad har en del justeringar behövt göras av förutsättningar och försöksresultat, se nedan.

### Skördenivåer och förluster

Eftersom försöksskördar skördas på en mindre begränsad yta av ett fält (ofta vald på ett för skiftet bra och odlingsmässigt jämn plats) så kan man förutsätta att de är högre än vad medelskörden för hela fältet skulle vara. De skördemängder som använts i beräkningarna har därför reducerats till 80 % av försöksskördarna. Den faktiskt bärgade skörden har därefter reducerats med 5 % torkningsförluster. Under lagring av vallgrödan sker ytterligare förluster. Dessa lagringsförluster har antagits till 15 % (för plansilo) baserat på presenterade studier av Spörndly (2018).

Skördarna liksom klöverhalten för det tredje vallåret reducerades till 90 % av skördarna vallår 1 och 2.

### Gödsling

Kvävetillförseln i försöket varierades från 0 till 375 kg kväve per hektar till gräsvall och till 300 kg per hektar till blandvallen, se Tabell 3. Eftersom syftet med försöket var att studera olika kvävenivåer var gödslingen av fosfor och kalium inte anpassade efter förväntad skörd, utan tillfördes i mängder så att eventuella fosfor- eller kaliumbrister inte skulle inverka negativt på resultatet (30 kg P/ha respektive 220 kg K/ha för alla led). Eftersom dessa givor överskrider egentligt behov så behovsanpassades fosfor- och kaliumgödslingen i våra beräkningar efter skördenivå i enlighet med Jordbruksverkets rekommendationer (Jordbruksverket, 2017), se Tabell 3.

### Stallgödsel

I det anpassade alternativet med stallgödsel antogs en tillförsel om 37 ton nötflytgödsel per hektar. Mängden anpassades till den maximalt tillåtna fosforgivan om 22 kg fosfor per hektar från stallgödsel.

Tabell 3. Odlingsdata som använts i beräkningar av miljöpåverkan och ekonomi för vallförsöken. Kvävegiva, skördenivå och klöverhalt för vallår 1 och 2 är hämtat från vallodlingsförsök ((Gustavsson, 2017); 2018). Värderna för vallår 3 samt tillförsel av stallgödsel är antagna.

| Valltyp     | Kväve           | Skörd                 |                     | Klöverhalt            |                     | Vall 1-2 utan stallgödsel |                     |        | Vid gödsling med nötflyt, 37 ton/ha <sup>f</sup> |                 |                     |                     |        |
|-------------|-----------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|--------|--------------------------------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|--------|
|             |                 |                       |                     |                       |                     | Fosfor <sup>e</sup>       | Kalium <sup>e</sup> | Diesel | Kväve                                            |                 | Fosfor <sup>g</sup> | Kalium <sup>g</sup> | Diesel |
|             |                 | vall 1-2 <sup>a</sup> | vall 3 <sup>b</sup> | vall 1-2 <sup>c</sup> | vall 3 <sup>d</sup> |                           |                     |        | Stallgöds.                                       | Handelsg.       |                     |                     |        |
|             |                 | kg/ha                 | kg ts/ha            | kg ts/ha              | % av ts             | % av ts                   | kg/ha               | kg/ha  | l/ha                                             | kg tot-N/ha     | kg N/ha             | kg/ha               | kg/ha  |
| Gräs        | 0               | 2 560                 | 2304                | -                     | -                   | 0                         | 0                   | 84     | -                                                | -               | -                   | -                   | -      |
| Gräs        | 150             | 7 094                 | 6384                | -                     | -                   | 13                        | 94                  | 99     | 159 (48) <sup>h</sup>                            | 102             | 22                  | 141                 | 111    |
| Gräs        | 225             | 8 444                 | 7600                | -                     | -                   | 16                        | 120                 | 104    | 159 (48)                                         | 177             | 22                  | 141                 | 116    |
| Gräs        | 300             | 9 297                 | 8368                | -                     | -                   | 19                        | 136                 | 108    | 159 (48)                                         | 252             | 22                  | 141                 | 119    |
| Gräs        | 375             | 9 696                 | 8726                | -                     | -                   | 20                        | 144                 | 109    | 159 (48)                                         | 327             | 22                  | 141                 | 123    |
| Klöver/gräs | 0               | 7 544                 | 6789                | 65                    | 58                  | 14                        | 103                 | 97     | -                                                | -               | -                   | -                   | -      |
| Klöver/gräs | 75              | 8 671                 | 7804                | 49                    | 44                  | 17                        | 124                 | 103    | 159 (48)                                         | 27              | 22                  | 141                 | 115    |
| Klöver/gräs | 150             | 8 818                 | 7936                | 39                    | 35                  | 18                        | 127                 | 106    | 159 (48)                                         | 102             | 22                  | 141                 | 115    |
| Klöver/gräs | 225             | 9 322                 | 8390                | 32                    | 29                  | 19                        | 137                 | 108    | 159 (48)                                         | 177             | 22                  | 141                 | 117    |
| Klöver/gräs | 300             | 9 468                 | 8521                | 23                    | 21                  | 20                        | 140                 | 108    | 159 (48)                                         | 252             | 22                  | 141                 | 120    |
| Korn        | 65 <sup>i</sup> | 4500                  |                     |                       |                     | 14                        | 38                  |        | 0                                                | 65 <sup>i</sup> | 14                  | 38                  |        |

a) Avser skörd före förluster. Motsvarar 80 % av försöksskörd för att representera praktisk skörd

b) Uppskattad till 90% av skörd vallår 1 och 2

c) Analyserad i försök, medel vallår 1 och 2

d) Uppskattad till 90 % av klöverhalt vallår 1 och 2

e) Utifrån skördenivå enligt Jordbruksverket (2017), medel för alla vallår

f) Växtnäringsinnehåll per ton enligt Jordbruksverket schablon, N-tot: 4,3 kg, växttillgängligt N efter spridning med släpslang (20 ton i vårbruk och 17 ton efter 1:a skörd): 1,3 kg, P: 0,6 kg, K: 3,8 kg.

g) Behov enligt Jordbruksverket (2017) minus innehåll i stallgödsel

h) Total-N, inom parentes: växttillgängligt N efter spridning

i) Baserat på skördenivå och förfuktseffekt vall enligt Jordbruksverket (2017).

Stallgödselns näringsinnehåll följer Jordbruksverkets schablonvärden, dvs. 4,3 kg total-N per ton stallgödsel, 0,6 kg fosfor/ton, 3,8 kg kalium/ton samt 50 % ammoniumkväve av total-N (Jordbruksverket, 2017). 37 ton stallgödsel per hektar, fördelat på 20 ton i vårbruk och 17 ton efter första skörden, utspridd med släpslang, innebar en tillförsel om 48 kg växttillgängligt kväve, 22 kg fosfor samt 140 kg kalium per hektar.

Ammoniakförluster vid spridning har beräknats enligt Jordbruksverkets normer (Jordbruksverket, 2019).

Mängden fosfor och kalium i stallgödseln beräknades täcka behovet, så utöver stallgödseln behövde endast kväve tillföras med mineralgödsel (Tabell 3).

### **Växtföljd**

Med avsikt att efterlikna praktisk vallodling så har miljö- och ekonomiberäkningarna dessutom utgått från att vallgrödan ingår i en växtföljd med vårkorn som insåningsgröda. Syftet med att även inkludera insåningsgrödan var att effekter och kostnader, t.ex. jordbearbetning och kalkning, slås ut på flera odlingsår.

Korngrödans skörd sattes då till 4,5 ton per hektar (baserat på nationell skördestatistik (Jordbruksverket, 2018a)). Utifrån skörd och gödslingsrekommendationer (Jordbruksverket, 2017) bestämdes gödslingen till 60 kg kväve, 14 kg fosfor och 38 kg kalium (Tabell 3).

Utsädesmängder för vall och korn antogs enligt gängse normer till 24 kg per hektar för vall och 160 kg för korn.

### **Fältarbeten och lagring**

Förbrukning av diesel för fältarbeten samt inomgårdskörningar vid utfodring (se Tabell 3) har beräknats med utgångspunkt från häftet Maskinkostnader 2017 (Maskinkalkylgruppen & HIR-Skåne, 2017). Val av maskiner och fördelning av maskintimmar finns beskrivet i avsnittet om ekonomiska kalkyler nedan. Åtgång av smörjolja till maskiner har antagits vara 10 % av diesel förbrukningen (Flysjö, Cederberg & Strid, 2008).

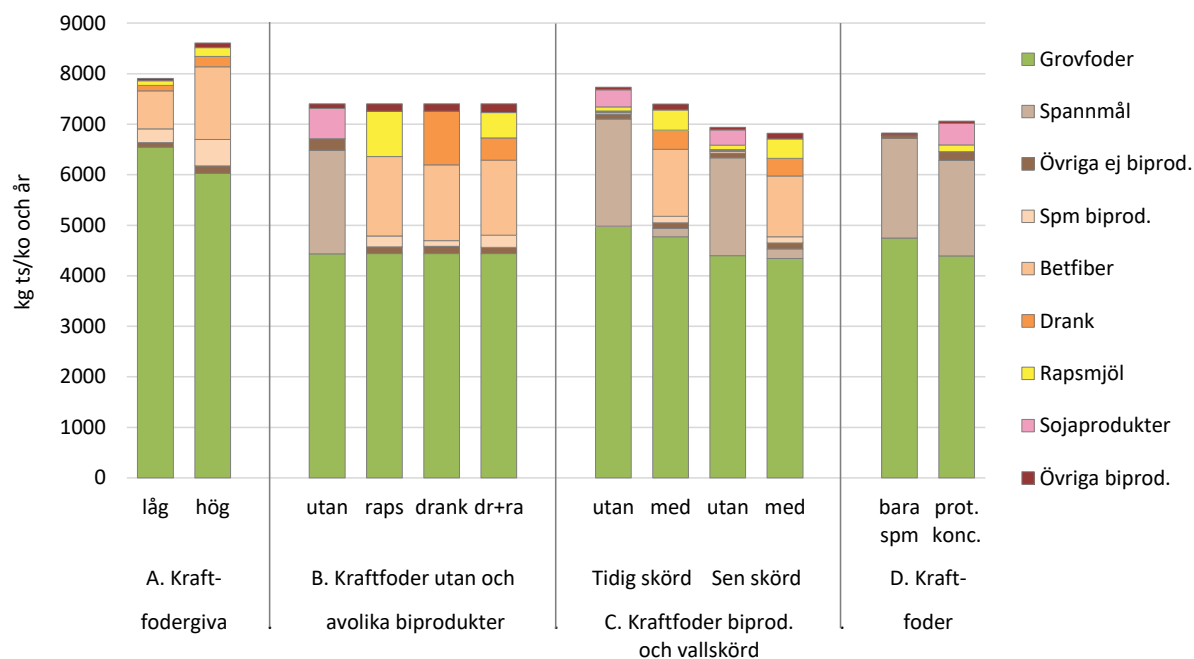
### **Övriga insatsmedel**

Övriga insatsmedel som tagits med i beräkningarna är kalkning med 200 kg CaO per hektar i växtföljden, ensileringsmedel (Promyr) med 4 liter per ton inlagrad grönmassa samt täckplast för plansilo med 4 m<sup>2</sup> per ton ts.

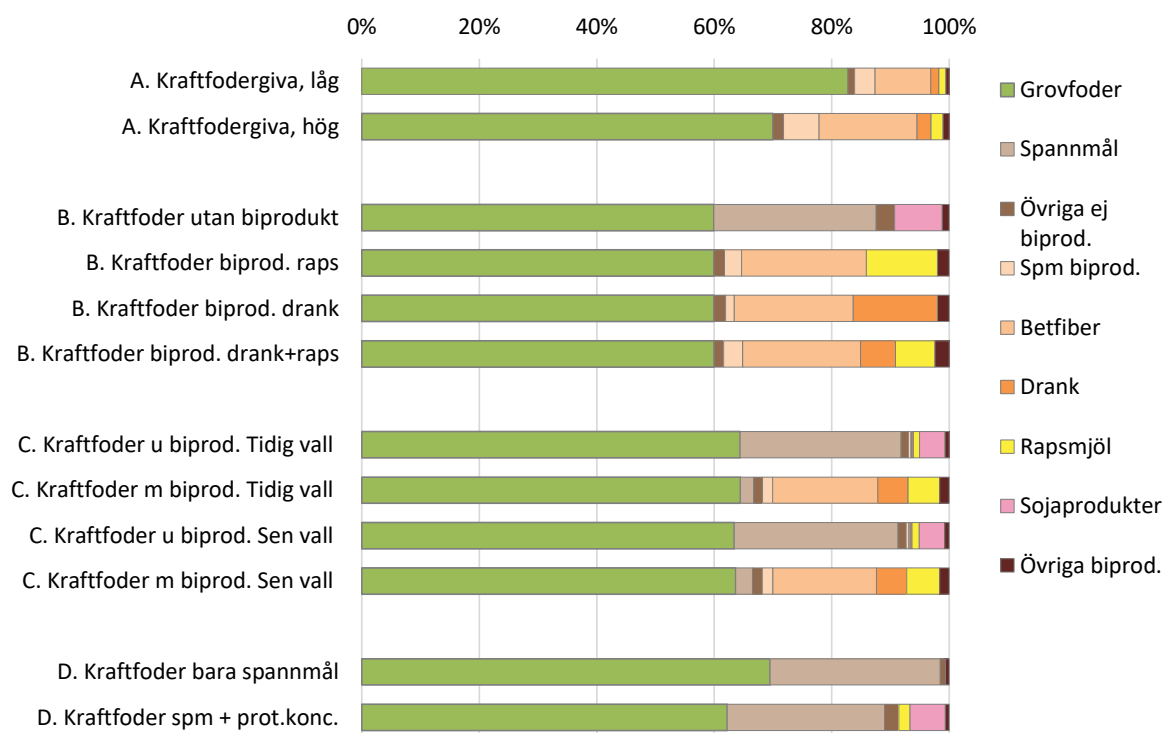
## **2.3 Utfodringsstrategier**

I huvuddelen av de utfodringsförsök som ligger till grund för denna studie studerades effekterna av foderstater där kraftfoderandelen till mjölkkor och rekryteringskvigor endast utgjordes av biprodukter. Definitionen av en biprodukt är att det är en sekundär produkt som fås utifrån produktionen av en primär produkt. I den här studien har det främst använts biprodukter från sockertillverkning (bet-fiber), etanoltillverkning (drank) samt oljeprodukter från rapsodling (värmebehandlat rapsmjöl, sk. ”Expro”). Sojamjöl är inte en biprodukt enligt definitionen ovan då sojabönor odlas primärt både för olja och mjöl.

Resultaten från utfodringsförsöken har legat till grund för beräkningar av olika utfodringsstrategier på gårdsnivå och beräkningarna avser produktionen under ett år.



Figur 2. Mjölkkornas årliga foderintag (305 dagars laktation och 60 dagar sinperiod) i de olika utfodringsstrategierna som miljöpåverkan och ekonomi beräknats för.



Figur 3. Andel av olika foderingsredienser i mjölkkornas årliga foderintag (305 dagars laktation och 60 dagar sinperiod) för respektive utfodringsstrategi.

### 2.3.1 Utfodringsförsöken

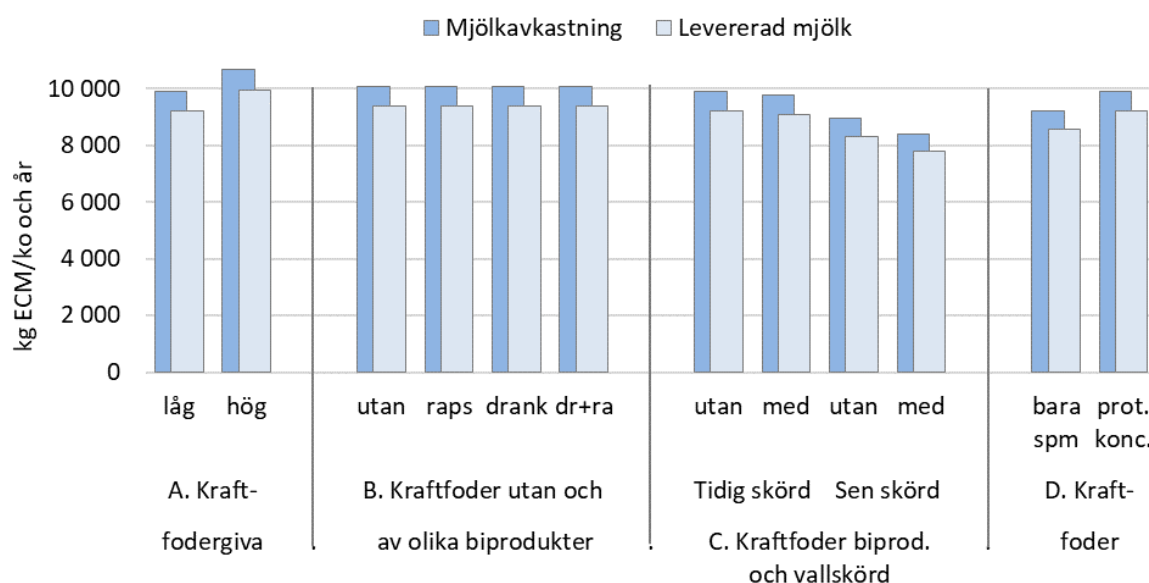
De olika utfodringsförsöken beskrivs i texten nedan. Figur 2 och Figur 3 illustrerar de årliga foderstaterna för mjölkarna när utfodringsförsöken räknats om att motsvara en hel laktation, 305 dagar samt 60 dagar sinperiod. Detaljer om utfodringen finns även i Tabell 7 i Bilaga 1.

**Försök A:** Kraftfoder bestående av biprodukter (betfiber i kombination med rapsmjöl och drank) utfodrades i en "låg" respektive "hög" giva tillsammans med gräs/klöverensilage av en 1:a skörd. Försöket var ett hellaktationsförsök som genomfördes vid Lövsta lantbruksforskning SLU Uppsala under 2017-18. Efter kalvning trappades kraftfodret upp till en fast giva på 6 kg per dag för "låg" respektive 12 kg per dag för "hög" och ensilaget utfodrades i fri tillgång. I senare delen av laktationen trappades kraftfodret ner och det genomsnittliga kraftfoderintaget över laktationen var därför ca 5 kg respektive 9,5 kg per ko och dag i de två grupperna.

**Försök B:** Kraftfoder bestående av biprodukter (betfiber i kombination med rapsmjöl och/eller drank) jämfördes med ett kontrollkraftfoder baserat på spannmål och sojamjöl. Kraftfodren utfodrades med 11 kg per dag tillsammans med en blandning av 1:a och 2:a skörd av gräsenilage med låg proteinhalt i fri tillgång. Korna var i mittlaktation och försöket genomfördes vid Lövsta lantbruksforskning SLU Uppsala under tolv veckor 2015 (Karlsson m.fl., 2018).

**Försök C:** Kraftfoder bestående av biprodukter (betfiber i kombination med rapsmjöl och drank) jämfördes med ett kontrollfoder baserat på spannmål och sojamjöl. Kraftfodren utfodrades tillsammans med gräsenilage av antingen tidig eller sen 1:a skörd. De fyra olika kombinationerna utfodrades som blandningar och gavs i fri tillgång, så att andelarna mellan kraftfoder och grovfoder var konstanta men mängderna varierade beroende på intaget. Eftersom gaser från utandningsluften mättes i samband med försöket fick korna också ca 1,5 kg per dag av ett kommersiellt kraftfoder som lockgiva till mätstationen. Korna var i mittlaktation och försöket genomfördes vid Röbäcksdalen SLU Umeå under tolv veckor 2015 (Pang m.fl., 2018).

**Försök D:** Kraftfoder baserat på spannmål jämfördes med samma kraftfoder i kombination med proteinkoncentrat som utfodrades efter avkastning tillsammans med gräs/klöverensilage av 1:a och 2:a skörd i fri tillgång. Korna åt dagligen i genomsnitt 7,5 kg spannmål respektive 6,7 kg spannmål +



Figur 4. Mängd energikorrigerad mjölk (ECM) som producerats respektive levererats från gården i de olika utfodringsstrategierna som ligger till grund för beräkningar av miljöpåverkan och ekonomi.

3,3 kg proteinkoncentrat. Resultaten baseras på två års hellaktationsförsök som genomfördes vid Lövsta lantbruksforskning SLU Uppsala under åren 2014-16.

### 2.3.2 Mjölkvastning

Mjölkvastningen har hämtats från utfodringsförsöken där den angavs i medeltal per ko och dag. I denna studie har avkastningen räknats om till en sammanlagd avkastning per ko under 305 dagars laktation och andelen levererad mjölk har satts till 93 %, se Figur 4. Medelavkastningen per ko och dag användes i foderstatsprogrammet IndividRAM i inställningarna för Typfoderstat. I programmet gjordes även inställningar med antagandet att förstakalvare ingår i gruppen med äldre kor och att förstakalvarna antas avkasta 85 % av de äldre kornas mjölkproduktion per laktation.

### 2.3.3 Besättningsdata

Beräkningarna utfördes för en tänkt besättning om 100 mjölkkor samt rekryteringskvigor. I samtliga utfodringsförsök utom i försök C har korna varit både av raserna Holstein och svensk röd boskap (SRB). I försök C var alla kor SRB. I beräkningarna i IndividRAM har Holstein använts som ras i alla strategier utom i försök C där SRB använts. De antaganden som gjorts utöver ras har varit samma för alla strategier och redovisas i Tabell 4. Överskottskalvar antogs säljas vid två månaders ålder, dessa utgörs enbart av tjurkalvar då alla kvigkalvar behövs för rekrytering, beaktat den besättningsdata som använts.

### 2.3.4 Utfodringsstrategier

#### Faktiskt respektive beräknat foderbehov

Foderåtgången för mjölkorna är den faktiskt uppmätta foderåtgången i utfodringsförsöken, och medelkonsumtionen per ko och dag har använts för de olika fodermedlen. Foderstater för sinperioden (60 dagar) har beräknats i IndividRAM. För miljöberäkningar och ekonomiska beräkningar har foderförluster lagts till för lagring av grovfoder och vid utfodring, dessa är satta till 15 % för grovfoder och 2 % för övrigt foder.

#### Uppfödning av rekryteringskvigor

I alla strategier antas rekryteringskvigor vara av rasen Holstein utom i försök C där rasen var SRB. Tillväxten antas vara 637 g/dag för Holstein respektive 610 g/dag för SRB. Mjolk- och betesperiodens längd är 60 respektive 210 dagar i samtliga strategier. Rekryteringskvigor antogs få samma utfodring under mjölkperioden med mjölkersättning och kalvkraftfoder (hö under mjölkperioden antogs utgöra försumbara mängder och medtogs inte in beräkningarna).

Tabell 4. Besättningsdata, baserat på nationell statistik (Växa Sverige, 2017)

| Parameter                | enhet | Värde |
|--------------------------|-------|-------|
| Inkalvningsålder         | mån   | 27,3  |
| Kalvningsintervall       | mån   | 13,1  |
| Rekrytering              | %     | 38    |
| Dödfödda <sup>a</sup>    | %     | 5,2   |
| Kalvdödlighet 1-60 dagar | %     | 3,8   |
| Kalvdödlighet 2-15 mån   | %     | 3,0   |
| Dödlighet äldre kvigor   | %     | 1,0   |
| Könskvot tjurkalvar      | %     | 51    |
| Levererad mjölk          | %     | 93    |

a) viktat medel för kor och förstakalvare.

Efter mjölkperioden antogs kvigorna utfodras med samma typ av kraftfoder som mjölkkena, vilket innebär att kvigornas foderstater skiljer sig åt mellan strategierna enligt följande: A, både *hög* och *låg* har fått samma kraftfoder samt en del av ett kommersiellt ungdjurskraftfoder på grund av att fyllnadsvärdet i foderstaten annars överskred maximum enligt NorFor; B, *utan* har fått ett kommersiellt ungdjurskraftfoder, övriga har fått kraftfoder med raps + drank samt en del av ett kommersiellt ungdjurskraftfoder på grund av att fyllnadsvärdet i foderstaten annars överskred maximum enligt NorFor; C, *utan* och *med* har fått motsvarande kraftfoder som mjölkkena i respektive grupp; D, båda grupperna har fått både spannmålskraftfoder och proteinkoncentrat. Foderbehovet för rekryteringskvigorna redovisas i Figur 5 och har beräknats i programmet IndividRAM enligt fodervärderingssystemet NorFor.

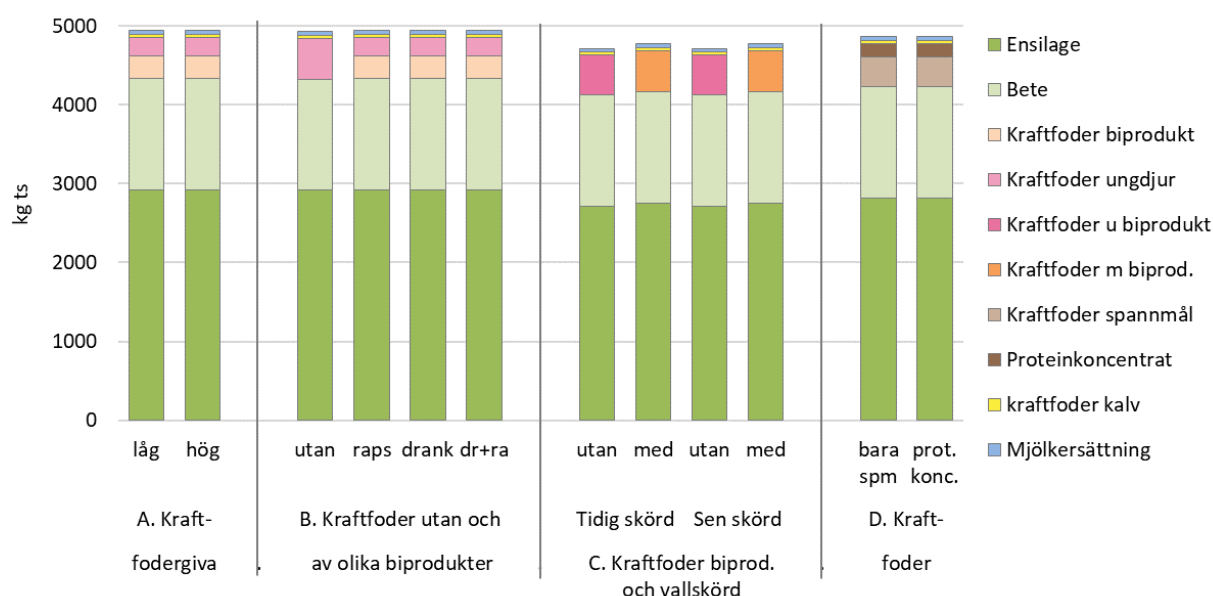
## Kraftfoder

De kraftfoder som användes i utfodringsförsöken var specialbeställda, bl.a. för att få samma protein- och energiinnehåll per kg ts (inom försök B och C) trots att råvarorna var olika. I försök C fick korna dessutom en liten daglig mängd av ett kommersiellt kraftfoder för att lockas att gå in i den mätstation för utandningsluft som var en del av försöket, se avsnitt 2.3.1. För kraftfoder har analysvärden från foderleverantören använts i beräkningarna.

## Grovfoder

I utfodringsförsök A har ensilaget till mjölkkena under hela laktationen haft mycket högt näringsinnehåll då den bara bestått av 1:a skörd. I försök C var ensilaget också av 1:a skörd, medan det i försök B och D var både 1:a och 2:a skörd. Anledningen till att 1:a skörden prioriterats i vissa fall är för att ge korna möjlighet till de bästa förutsättningarna för högt foderintag då det var en viktig frågeställning i produktionsförsöken. I praktiken måste dock även ensilage från de andra skördarna användas, det är inte ovanligt att använda ensilage från första och del av tredje skörd till mjölkkena och övrigt till sinkor och kvigor. Förutom optimal gödsling så är rätt skördetid avgörande för kvaliteten på fodret.

För beräkningarna i IndividRAM har foderanalysvärden motsvarande ensilaget som använts i de olika försöken lagts in i programmet och där analysvärden saknats har data hämtats från NorFor:s foder-



Figur 5. Foderstater för rekryteringskvigor i respektive utfodringsstrategi, total mängd från födsel till inkalvning (27,3 mån).

medelstabell (<http://feedstuffs.NorFor.info/>). Ensilaget till sinkorna har varit samma som för mjölk-korna i respektive strategi, medan rekryteringskvigorerna i alla strategier har fått samma gräs/klöver-ensilage av 2:a skörd hämtat från fodermedelstabellen.

### **Bete**

Mjölkorna i försök A hade rastbete med full inomhusutfodring, och för försök B och C antogs korna i beräkningarna också ha rastbete med full inomhusutfodring. Mjölkorna i försök D hade produktionsbete under fyra månader per år, men i den här studien har beräkningarna gjorts på full inomhusutfodring även under betesperioden, inget bete har alltså räknats in. För sinkorna har inte något bete räknats in i foderstaten.

Rekryteringskvigorerna antogs gå på bete under betessäsongen, totalt 210 dagar upp till 27,3 månader då de kalvar in. Ungdjuren är ute dygnet runt under betessäsongen, vilket innebär att allt foderintag sker på betet och all träck och urin under denna tid släpps på betet.

### **2.3.5 Stallgödselproduktion**

All stallgödsel hanteras som flytgödsel. Mängden flytgödsel för besättningen (träck och urin från kor och kvigor samt strö och nederbörd) beräknades i Jordbruksverkets beräkningsprogram VERA (Jordbruksverket, 2019) utifrån mjölkavkastning och djurantal. Flytgödselproduktionen beräknades till ca 31 ton per mjölkko och år, ca 10 ton per dräktig kvinga och år, respektive ca 5,5 ton per yngre kvinga och år.

Mängden kväve och fosfor i träck och urin har skattats i NorFor för respektive utfodringsstrategi. Mängderna beräknades som skillnaden mellan mängden kväve och fosfor i fodret och mängderna som avsätts i mjölk och tillväxt. Mängden organiskt material i gödseln beräknats från skattningar av mängden smältbart organiskt material i fodret.

Växtnäringsinnehållet per ton av den flytgödseln som antogs gå till vallodlingen beräknades utifrån det sammanlagda växtnäringsinnehållet i träck, urin och strömedel delat med den beräknade mängden flytgödsel.

### **2.3.6 Vallodling för ensilage**

Beräkningarna av miljöpåverkan och produktionskostnad för ensilaget har gjorts separat för respektive utfodringsstrategi. Den viktigaste anledningen till den separata beräkningen var att gödningen till vallen i de olika utfodringsscenarierna kom att variera på grund av att utsöndrat kväve och fosfor i urin och träck var unikt för respektive utfodringsstrategi, liksom behovet av vallareal.

Nedan redovisas vilka parametrar som antagits för vallodlingen. Beräkningsmetoden har varit densamma som för vallförsöket. Med undantag för skördenivå, gödslingsnivåer (se nedan) och dieselåtgång är även indata densamma som för vallodlingsförsöket. Dieselåtgången per kg ts ensilage påverkas av mängden stallgödsel som sprids per hektar och varierar därför mellan utfodringsstrategierna.

Vi har utgått ifrån att ensilaget odlats fram på i stort sett samma sätt för alla utfodringsstrategier där skördenivå, skördestrategi, kväve-, fosfor- och kaliumbehov samt övriga insatsvaror varit desamma. Det som skiljer sig åt i vallodlingen mellan de olika strategierna är mängden tillförd stallgödsel och dess innehåll av kväve, fosfor och kalium, eftersom detta påverkats av utfodringen (se Tabell 6). Det förekommer alltså ingen koppling av ekonomin och miljöpåverkan till det faktiska ensilaget som användes i de olika utfodringsförsöken, eftersom detta odlades på olika platser och under andra förutsättningar. Anledningen till att vi bedömde att detta vara den bästa lösningen var dels att det endast

var till kraftfodren i utfodringsförsök A som det togs fram en specifik vallfröblandning medan övriga försök använde tillgängliga vallar. Dessutom är det flera parametrar än botanisk sammansättning och gödslingsstrategi som påverkar skördenivåer och näringskvalitet (t.ex. klimat och skördetidpunkt).

### **Skörd**

Vallen antogs vara en blandvall med 30 % klöver. Bärgad och inlagrad skörd sattes till 8 200 kg ts per hektar (motsvarar ca 8 600 kg ts/ha före fältförluster). Det är en skattad nivå som baseras på ett flertal källor, bland annat gödslingsförsöket som ingår i denna studie (blandvallen i Tabell 3) vilket jämförts med nationell skördestatistik samt andra försök och studier. Skördenivån ligger alltså nära den som den antagna gödslingen (160 kg N/ha) ger i gödslingsförsöket (Tabell 3). Eftersom det saknas tillförlitlig data för vallskördar, framför allt för att dessa till skillnad mot t.ex. spannmål sällan vägs innan de lagras in, så är osäkerheten i antagna vallskördar generellt alltid stor.

### **Gödsling**

Årlig tillförsel av kväve i vallodlingen bestämdes till 160 kg per hektar. Den baseras på den i gödslingsförsöket framtagna optimala kvävegivan för gräsvall samt hur denna ska anpassas till en klöver/gräsvall för att nå önskad klöverandel. Den optimala givan i gräsvall bestämdes till 265 kg N/ha (Gustavsson, 2017). För att få en önskad klöverhalt på 30 % i en blandvall är rekommendationen, enligt Kvarnmo och Börling (2017), att sänka givan till 60 % av den optimala kvävegivan för gräsvall. Grödans behov av fosfor och kalium fastställdes till 17 kg fosfor respektive 120 kg kalium per hektar och år (Jordbruksverket, 2017).

### **Stallgödsel**

Utifrån mjölkavkastning och djurantal (kor och rekryteringskvigor) beräknades årlig stallgödselmängd med Jordbruksverkets beräkningsverktyg VERA (Jordbruksverket, 2019). Mängden kväve, fosfor och kalium i träck och urin för respektive utfodringsstrategi beräknades i fodervärderingssystemet Norfor. Den utsöndrade mängden kväve reducerades för kväveförluster i stall (flytgödsel) och lager (brunn med svämtäcke). Tillägg av växtnäring i strömedel (halm) gjordes utifrån Jordbruksverkets schablonvärden (Jordbruksverket, 2019). Baserat på ovanstående beräknades den totala mängden växtnäring per ton stallgödsel för respektive utfodringsstrategi.

Den växttillgängliga mängden kväve (ammoniumkväve) i stallgödseln antogs vara 50 % av totalkvävet från mjölkprodukterna och 60 % av det från kvigor (Jordbruksverket, 2019). Den sammanlagda spridningsförlusten av ammoniumkväve beräknades i VERA (Jordbruksverket, 2019) till 36,7 % baserat på spridning med släpslang av 2/3 av gödseln i vårbruket och 1/3 på försommaren efter första skörd.

### **Spridningsareal för stallgödseln**

Tillgänglig spridningsareal för stallgödsel antogs motsvara behovet av areal för vallodling i respektive utfodringsstrategi. Arealbehovet fastställdes utifrån hektarskörd efter lagrings- och utfodringsförluster (dvs. 6 970 kg ts/ha) och det sammanlagda ensilagebehovet för kor och rekryteringskvigor, se Tabell 6.

Mängden stallgödsel som får spridas per hektar begränsas Jordbruksverkets föreskrifter (SJVFS 2004:62) så att maximalt 22 kg fosfor eller 170 kg totalkväve tillförs via stallgödsel per hektar och år (Jordbruksverket, 2004). Miljöpåverkan och kostnader för eventuell "överbliven" gödsel följs fram till dess att den avyttrats. Den stallgödseln som måste spridas på annan areal har inte inkluderats i några ytterligare beräkningar, i enlighet med LEAP (FAO, 2016).

Antagandet att stallgödseln enbart sprids till vallen grundar sig på att vall är den enda egna foderodling som den tänkta mjölkgården har. Allt kraftfoder förutsätts köpas in som färdiga blandningar.

Normalt vore annars att inkludera djurens konsumtion av spannmål, vilket inte låter sig göras här på ett rättvist sätt då de flesta utfodringsstrategier inte innehåller någon spannmål.

## 2.4 Ekonomi

### 2.4.1 Produktionskostnad för vallfoder

Vid beräkning av produktionskostnad för vallfodret (ensilage) har syftet varit att ta fram ett pris som är jämförbart med alternativet att köpa in färdigt kraftfoder eller spannmål. I produktionskostnaden ingår därför kostnader till och med uttag från plansilo. Detta har valts för att få med den merkostnad som det innebär att hantera ett grovfoder i jämförelse med hanteringen av ett kraftfoder som ofta är enklare. Även företagsgemensamma kostnader och markkostnader ingår i beräkningarna. För vallförsöket utgår beräkningarna från vallår 1 och 2, men med antagandet att vallen ändå ligger i totalt tre år.

Uppgifter om pris på insatsvaror har hämtats från produktionsgrenskalkyler för växtodling, "Efterkalkyler för år 2016 – Södra Sverige" (Hushållningssällskapet, 2017). Även mängder av insatsvaror är hämtade från ovan nämnda källa samt från egna beräkningar.

Maskinkostnaderna är beräknade så att samtliga kostnader för maskinen är beaktade (bränsle, underhåll, avskrivning och ränta) liksom kostnad för föraren. Samtliga maskinkostnader är tagna från häftet "Maskinkostnader 2017" (Maskinkalkylgruppen & HIR-Skåne, 2017) där metodiken för beräkning av timkostnader finns beskriven. Maskinkostnad för kemisk avdödning av vall vid vallbrott har fördelats på tre år. Kostnader för jordbearbetning och sådd har fördelats med 50 % på insåningsgrödan och 50 % på vallen, den senare fördelat över tre vallår.

Vissa kostnader är fasta per hektar, t.ex. jordbearbetning, medan andra varierar med varierad skörd, t.ex. skörd och lagring. Beräkningarna för gödslingsförsöken vallår 1-2 finns redovisade i Tabell 12 och Tabell 13 i Bilaga 1. Beräkningar för scenario med 3 vallår och stallgödsel finns redovisade i Tabell 14 och Tabell 15 i Bilaga 1.

Kostnader för plansilolager, övrigt arbete, allmänna företagsomkostnader och markkostnader har hämtats från rapporten "Ekonomi och ekosystemtjänster i gräsbaserad mjölk- och nötköttsproduktion" (Cederberg, Henriksson & Rosenqvist, 2018), där likartade beräkningar har tagits fram. Där beräknades markkostnaden till 172 kronor per hektar och år med granskog som alternativgröda. Detaljer för denna beräkning finns beskrivna i nämnd rapport.

Det ingår inga intäkter i form av stöd eller bidrag i beräkningarna. Syftet har varit att se variationer i produktionskostnad oberoende av politiska styrmedel.

### 2.4.2 Produktionskostnad för mjölk

Beräkning av ekonomin för utfodringsstrategierna har fokuserats på foderkostnader. Detaljerade uppgifter om foderpriser finns i Tabell 8 i o. Prisuppgifter på kraftfoder har hämtats från Lantmännen (Öhman, 2018) och avser medelpris för 2017 för motsvarande foderblandning fritt levererat till gård. Pris på vallfoder har satts till produktionskostnad enligt samma grundkalkyl som för vallförsöken 3 år med stallgödsel (beskrivet ovan), där endast stallgödselgiva, inköpt mineralgödsel samt därmed förknippade kostnader varierar mellan de olika strategierna.

För att visa hur olika utfodringsstrategier påverkas av gårdens övriga kostnader har även andra kostnader än foder tagits upp i vissa beräkningar. Dessa kostnader är beräknade från insamlad data från verkliga gårdar inom föreningen *European Dairy Farmers* (EDF, 2018), och har omarbetats för att

stämma med de kostnader projektet vill synliggöra. I detta material ingår data från 30 gårdar under 1-4 år. Dessa värden är beräknade per ko, och fördelas sedan på olika mängd mjölk beroende på utfodringsstrategi.

## 3 Vallförsök – miljöpåverkan och produktionskostnad

Resultaten av miljöpåverkan och produktionskostnad för vallfodret, dvs. ensilaget, från vallförsöket presenteras i Figur 6 och Figur 8. Resultaten för det anpassade scenariot med 3 vallår och stallgödsel presenteras i Figur 7 och Figur 8. Resultat finns även i Tabell 11 i Bilaga 1.

### 3.1 Gödslingsförsök vallår 1 och 2

#### Klimatpåverkan

Den största delen av ensilagets klimatpåverkan består av direkt lustgasavgång från mark samt av växthusgasutsläpp från produktion av mineralgödsel (framför allt kväve, men även fosfor och kalium) (se första diagrammet i Figur 6). Den direkta lustgasavgången beräknas vara direkt proportionell mot mängden tillfört kväve, och ökar därför med ökad kvävetillförsel. Likaså ökar de beräknade utsläppen av växthusgaser från gödselproduktionen med ökad tillförsel av kväve. Utsläppen vid produktion av de antagna mineralgödselmedlen var för kvävegödseln (per kg N) ca fyra gånger så höga som för fosforgödseln (per kg P) och åtta gånger så höga som för kaliumgödseln (per kg K). Med andra ord är det kväve som totalt sett bidrar med den största mängden växthusgaser per kg ensilage.

Utsläpp orsakade av drivmedel (produktion inklusive användning) är i ungefär samma storleksordning per kg foder i alla kväveled (ca 15-30 % av de totala utsläppen). Nolledet i gräsvallen avviker vilket förklaras med den mycket låga skörden som ska bära samma utsläpp för vallanläggning (plöjning, harvning, sådd) som de högre skördarna i de andra leden.

De indirekta utsläppen av lustgas, det vill säga utsläpp orsakade av utlakat kväve från odlingen och ammoniakavgång i samband med gödslingen, bidrar med ca fem procent av de totala utsläppen i gödslade led.

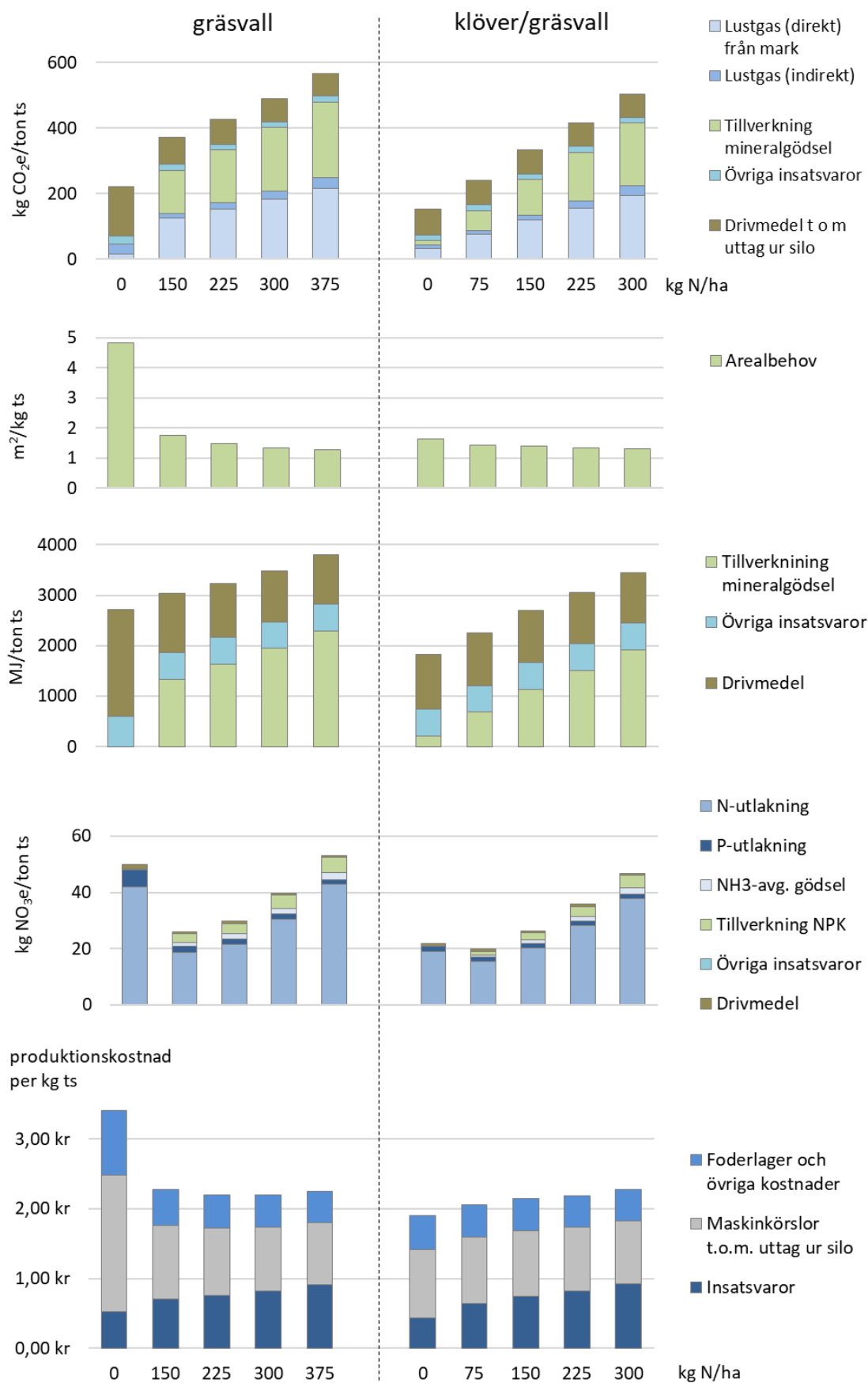
Växthusgasutsläppen per hektar ökar i större grad än skördenivån vid ökade kvävegivor, vilket leder till ökande utsläpp per kg färdigt ensilage. Från lägsta till högsta kvävegivan ökade klimatavtrycket med ca 50 % för ensilaget från gräsvallen och med ca 100 % för ensilaget från klöver/gräsvallen. Vid gödslingsnivån 150 kg N/ha var klimatavtrycket för fodret från klöver/gräsvallen lägre än för fodret från gräsvallen, medan klimatavtrycket vid gödslingsnivåerna 225 och 300 kg N/ha låg på ungefär samma nivå för båda valltyperna.

#### Markbehov

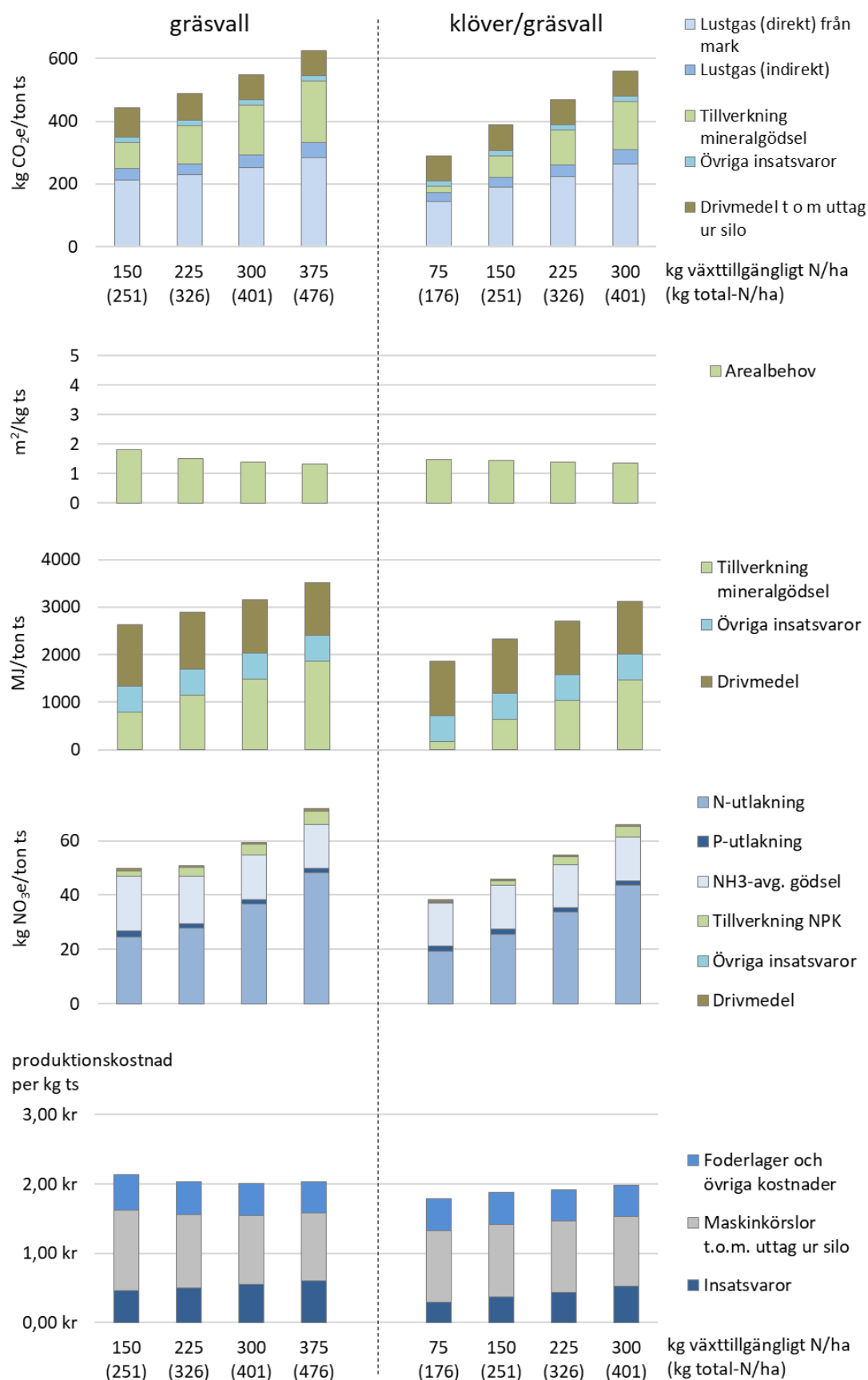
Det andra diagrammet i Figur 6 visar markbehovet. Eftersom markbehovet är skörderelaterat minskar det när skördenivåerna stiger (skördenivåerna visas i Figur 1). Tydligast ses skillnaden för gräsvallen eftersom ökade kvävegivor har större skördehöjande effekt för gräs odlat i renbestånd än vid odling av klöver och gräs i blandning. I en blandvall är behovet av kvävegödsling lägre, eftersom baljväxternas symbios med kvävefixerande bakterier bidrar med kväve fixerat från luften.

#### Energianvändning

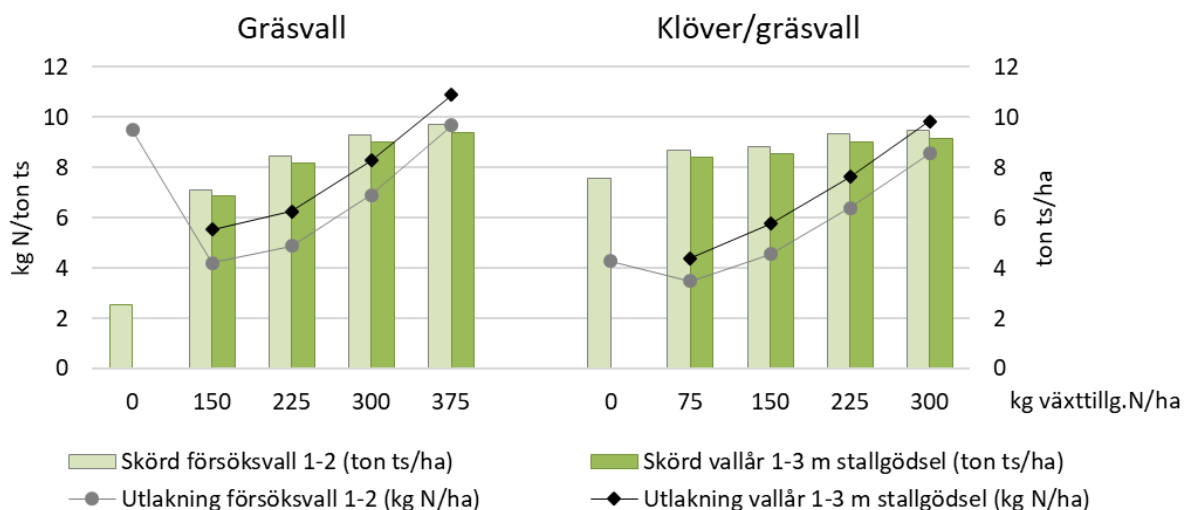
Den totala användningen av icke-förnybar energi (diagram 3 i Figur 6) visar samma mönster som klimatpåverkan, dvs. den ökar med stigande kvävegiva, och det är framför allt kvävetillförseln som orsakar ökningen. Från leden med 150 kg kväve per hektar och uppåt utgör produktionen av mineralgödsel (framför allt kväve) dessutom den största delen av energianvändningen. Användningen av icke-förnybar energi är störst för tillverkning av kvävegödsel (drygt 50 % högre än de vid tillverkning av fosfor och 5 gånger högre än vid tillverkning av kalium). Energianvändningen i form av drivmedel och



Figur 6. Klimatpåverkan, markbehov, energianvändning, övergödning samt produktionskostnad per kg torrsbstans (ts) (efter lagring) för vallfoder i gödslingsförsök på Rådde. Resultat speglar medel för vallår 1-2 (enbart mineralgödsel).



Figur 7. Klimatpåverkan, markbehov, energianvändning, övergödning samt produktionskostnad per kg torrsbstans (ts) (efter lagring) för vallfoder baserade på ett gödslingsförsök (Rådde) som modifierats med tillägg av ett tredje vallår där stallgödsel ersatt en del av mineralgödseln. Resultat speglar medel för vallår 1-3.



Figur 8. Beräknad kväveutlakning per ton torrs substans (ts) för vallfoder i gödslingsförsök på Rådde (ljusa staplar och punkter) samt i det försöksbaserade scenariot med tillägg av ett tredje vallår där stallgödsel ersatt en del av mineralgödseln (mörka staplar och punkter).

insatsvaror är i princip densamma oavsett kvävegödslingsnivå. Gräsvallen utan gödsling avviker på grund av den låga skördenivån.

### Övergödning och kväveutlakning

Det övervägande bidraget till vallodlingens effekt på övergödning kommer från kväveutlakningen (diagram 4 i Figur 6). Ett visst bidrag står tillverkningen av kvävegödselmedel för. Bidrag från drivmedel och övriga insatsvaror har i jämförelse en marginell betydelse. Ammoniakförlusterna är små vid spridning av mineralgödsel, och bidrar marginellt till övergödningen. Fosforutlakningen är måttlig (räknat med samma fosforutlakning i alla led) och står också för en liten del av den potentiella övergödningen när kväve- och fosforförluster vägs samman.

Den beräknade kväveutlakningen blev lägst för den lägsta kvävegivan (dvs. 150 kg N/ha till gräsvall och 75 kg N/ha till klöver/gräsvall) och ökade sedan med ökad kvävetillförsel (Figur 8). Utlakningen mer än fördubblas från de lägsta till de högsta kvävegivorna. Den höga ökningen är en effekt av att utlakningen beräknats utifrån ett visst antaget kvävebehov för respektive skördenivå, i enlighet med Jordbruksverkets riktlinjer i beräkningsverktyget VERA (Jordbruksverket, 2019). Ju mer detta behov överskrids, desto högre blir utlakningen. Som exempel beräknar VERA ett kvävebehov om 190 kg/ha för gräsvall och 130 kg för klöver/gräsvall med 30 % vid en vallskörd på ca 9 ton ts/ha.

### Ekonomi

Beräkningar av produktionskostnaden för ensilaget ger den lägsta produktionskostnaden för ogödslad blandvall. Den största effekten på produktionskostnaden mellan de olika kvävegödslingarna ses på insatsvaror, där inköp av kväve i form av mineralgödsel blir en stor kostnadspost vid högre kvävegivor.

Kostnader för maskinkörsor, lagring och övriga kostnader per kg ensilage minskar något med ökad skörd, men förändringen är förhållandevis liten. Endast den ogödslade gräsvallen skiljer sig markant från övriga, där kostnaden per kg foder blir hög till följd av den mycket låga skördenivån. Det ska också betonas att många av dessa kostnadsposter är osäkra, och stora variationer finns beroende av skördesystem, maskinkedja, arrondering med mera.

## 3.2 Scenario med 3 vallår och stallgödsel

När försökupplägget anpassades till brukliga förhållanden på en mjölkgård, dvs. ett tredje vallår läggs till och stallgödsel från mjölkproduktion får ersätta en del av det tillförda kvävet, förändrades resultaten för miljöpåverkan och produktionskostnad, se Figur 7 och Tabell 11. De följer dock i princip samma mönster som resultaten för ensilaget från vallförsöket. Observera dock att nolleden inte finns med i Figur 7 och Tabell 11 eftersom gödslingen med stallgödsel implicerar att alla led blir kvävegödslade.

### Klimatpåverkan

Till följd av stallgödsetillförseln ökade klimatavtrycket för ensilaget med runt 15 % i snitt (dvs. med 50-70 kg CO<sub>2</sub>e/ton ts) jämfört med resultatet från vallförsöket (vallår 1-2 utan stallgödsel).

Ökningen förklaras av att den totala mängden kväve som tillförs marken ökar när en del av tillfört mineralgödskväve byts ut mot en motsvarande mängd växttillgängligt kväve från stallgödsel, eftersom stallgödsel även innehåller organiskt bundet kväve. Det organiskt bundna kvävet (ca 50 % av stallgödselets totala kväveinnehåll) är inte tillgängligt för växterna under det aktuella odlingsåret, men beräknas ha samma potentiella lustgasavgång som annat kväve.

Även den indirekta lustgasavgången ökar, eftersom spridning av stallgödsel medför ökad ammoniakavgång jämfört med användning av mineralgödsel. Utsläppen från mineralgödsetillverkningen minskar när en del av denna gödsel byts ut mot stallgödsel (störst andel vid de låga kvävegivorna).

### Markbehov

Medelskörden för 3 vallår var något lägre än medelskörden för de två försöksåren. Detta medför endast en liten marginell ökning av markbehovet (+3 %) för 3 vallår jämfört med vallförsöket. Förändringen av markbehov beroende av kvävegödsling följer samma mönster som för vallförsöket, där högre kvävegiva ger minskat markbehov och effekten är större i gräsvall än i blandvall.

### Energianvändning

Jämfört med vallförsöket minskade energianvändningen för ensilaget med runt 10 % (dvs. knappt 0,4 MJ/kg ts). Drivmedelsåtgången för att sprida stallgödsel är relativt hög vilket innebär att drivmedelsåtgången i fält ökar något. Denna effekt överskuggas dock av att det minskade behovet av mineralgödsel och därmed minskad energianvändning för att producera mineralgödsel. Produktion av mineralgödsel förbrukar relativt mycket fossil energi.

### Övergödning och kväveutlakning

Jämfört med vallförsöket ökade kväveutlakningen med ca 15-30 % (motsvarar drygt 1 kg N/ton ts) (Figur 7). Liksom för klimatpåverkan är förklaringen att vid användningen av stallgödsel ökar den totala mängden kväve som tillförs marken.

För gräsvallen är ökningen störst för ledet med lägst kvävegiva och minst för den med högst kvävegiva. Det beror på att samma mängd stallgödsel har antagits för alla led och därmed minskar stallgödskvävets andel för respektive led med ökad kvävegiva.

För blandvallen är förändringen mellan kväveleden mindre, vilket beror på mindre skördeskillnader mellan leden och att klöverandelen var lägre ju högre den totala kvävegivan var.

Ensilagets totala bidrag till övergödning följer resultaten för kväveutlakningen, eftersom den utgör den dominerande delen. När mineralgödsel byts ut mot stallgödsel tillkommer även utsläpp av ammoniak från spridningen av stallgödsel, vilket också leder till övergödning. Därför ökar det totala bidraget till

övergödning med ca 40-100 %, jämfört med vallförsöket där stallgödsel inte användes. Högst var ökningen för de låga kvävegivorna där stallgödseln utgjorde en förhållandevis stor andel av det tillförda kvävet.

### Ekonomi

Produktionskostnaden för ensilaget sjunker vid användning av stallgödsel. Detta är en effekt dels av att mindre kväve behöver köpas in i form av mineralgödsel, dels av att behovet av fosfor och kalium täcks av stallgödseln, vilket betyder att kostnaden för inköp av dessa gödselmedel försvinner helt.

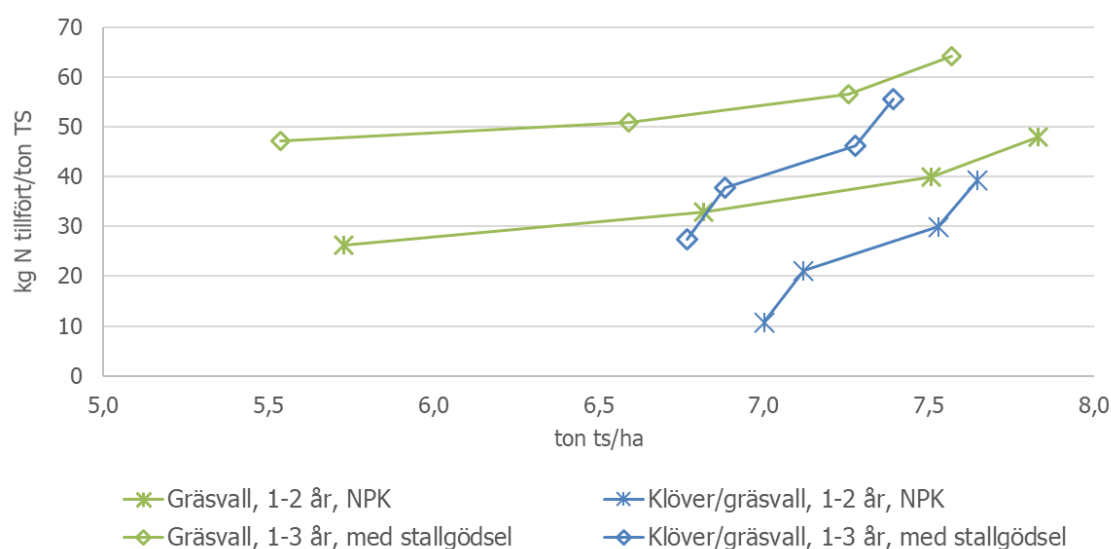
Tillkommer gör kostnaden för spridning av stallgödseln. Här finns stora osäkerhetsfaktorer, så som transportavstånd, arrondering, spridningsteknik med mera.

Denna beräkning ska ses som ett exempel, men är inte applicerbar på alla gårdar. Blandvall med den lägsta kvävegivan (75 kg växttillgängligt kväve per hektar) är det alternativ som ger den lägsta produktionskostnaden.

## 3.3 Slutsats vallförsök

Vid överoptimala kvävegivor kan man förvänta sig att ensilagens potentiella klimatavtryck och bidrag till övergödning samt användningen av fossil energi ökar. Mycket av ensilagens miljöpåverkan kan kopplas till kvävet eftersom många emissioner från växtodling är förknippade med kvävet omsättning i mark och med spridning av gödsel (gäller lustgas, ammoniak och nitrat). Dessutom är produktionen av mineralgödselkväve energikrävande och ger betydande utsläpp av växthusgaser. Mängden tillfört kväve via mineralgödsel och stallgödsel är därmed ett mått som indikerar en stor del av vallens miljöpåverkan. I Figur 9 visas hur mängden tillfört kväve per ton ts ensilage varierar mellan vallsorterna och mellan gödslingsstrategierna och gödslingsnivåerna. Högre kvävegiva ger högre skördar, men mängden kväve som tillförts per ton ensilage ökar också. Som framgår av Figur 7 och Figur 8 är också miljöpåverkan i många fall högst för de leden som gödslats med mest kväve.

Ensilage från blandvallar kan ge lägre klimatavtryck och mindre kväveutlakning än rena gräsvallar. Anledningen är att behovet av kvävegödsling vid samma förväntade skörd är lägre för vallar med



Figur 9. Mängd kväve som tillförts vallen via mineralgödsel och stallgödsel plottat mot den genomsnittliga skörden av gräs- respektive klöver/gräsvall som gödslats enbart mineralgödsel (motsvarar gödslingsförsöket vallår 1 och 2) respektive med mineralgödsel och stallgödsel (motsvarar scenariot med tre vallår).

inslag av kvävefixerande baljväxter. Vid den optimala gödselgivan för gräsvallen, 265 kg N/ha (Gustavsson, 2017), hade gräsvallen ett högre klimatavtryck per kg ts än vad klöver/gräsvallen hade vid motsvarande skördenivå (dvs. vid 75 resp. 150 kg N/ha), men vid samma gödslingsnivå var klimatavtrycket ungefär likvärdigt. Samma resonemang gäller även för de andra miljöpåverkanskategorierna.

Användning av stallgödsel i vallodling kan förväntas ge högre klimatavtryck och utlakning än vid vallodling enbart med mineralgödsel. Vid användandet av stallgödsel tillkommer även övergödande bidrag från ammoniakutsläpp vid spridning. Stallgödsel som genereras av djuren som äter ensilaget måste ju dock spridas någonstans, och flyttar man spridningen från vallen till annan gröda så flyttas också klimatpåverkan och utlakning med. Vall är en gröda som lämpar sig bra att sprida stallgödsel till eftersom den håller jorden bevuxen året runt och därmed minskar risken för både utlakning och lustgasavgång jämfört med ettåriga grödor.



## 4 Utfodringsstrategier – miljöpåverkan och produktionskostnad

Här redovisas resultat från utfodringsstrategierna fördelade under tre huvudrubriker. Först behandlas skillnaderna i mängd kväve och fosfor i stallgödsel mellan utfodringsstrategierna. Därefter redovisas miljöpåverkan och produktionskostnad för det ensilage som används i utfodringsstrategierna. Sist presenteras miljöpåverkan för mjölken för de olika utfodringsstrategierna samt foderkostnader. Ett fjärde kapitel sammanfattar slutsatser från studien.

### 4.1 Fosfor och kväve i stallgödsel från mjölkarna

#### 4.1.1 Stallgödselns växtnäringsinnehåll

Mängden fosfor och kväve i stallgödseln från mjölkarna har beräknats för varje utfodringsstrategi som en balansberäkning, det vill säga mängd växtnäring tillfört korna via fodermedel minus bortfört via mjölk och för tillväxt. Tillägg har sedan gjorts för växtnäring som tillförs stallgödseln via foderspill och strömedel, och avdrag har gjorts för förluster av ammoniak i stall och lager.

Resultatet visas i Figur 10. Värdena avser innehållet i stallgödseln per ko och år om all träck och urin hamnar i stallet. I figuren jämförs även stallgödselns växtnäringsinnehåll med innehållet i konsumerat foder samt producerad mjölk. Figuren visar även ett effektivitetsmått på fosfor- och kväveutnyttjandet uttryckt som andel av fosfor och kvävet i fodret som hamnar i mjölken. Ju högre tal, desto större andel av växtnäringen hamnar i mjölken och desto effektivare är utnyttjandet av kväve och fosfor. I Figur 11 visas också växtnäringsinnehållet i stallgödseln, men plottat mot kornas mjölkavkastning.

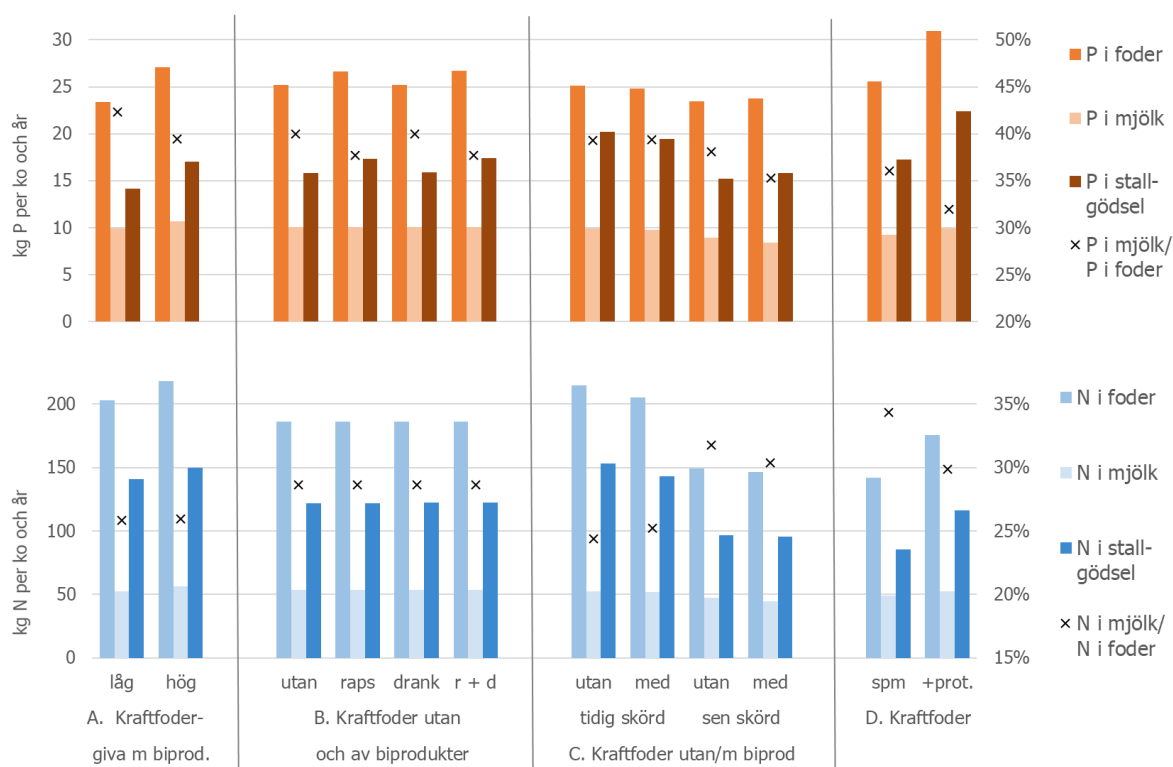
Mängden fosfor och kväve i stallgödseln och utnyttjandegraden varierar inom försöken. Det finns flera faktorer som förklarar skillnaderna och spridningen, och förklaringarna skiljer sig dessutom åt för fosfor respektive kväve.

#### Fosfor

Mängden fosfor i svenska foderstater är i regel inte begränsande för mjölkproduktionen, tvärtom är det vanligare att korna överutfodras med fosfor (Nordqvist, 2012). Foderintaget begränsas av andra faktorer, såsom fodrets smältbarhet samt fiber- och näringsinnehåll, vilket i sin tur begränsar hur mycket foder korna kan äta eller hur mycket mjölk de ger.

Fodrets fosforinnehåll har direkt koppling till stallgödselns fosforinnehåll eftersom man räknar med att fosfor som inte avsätts i mjölk, foster eller tillväxt hamnar i träcken. En relativt stor andel av fosfor i fodret kommer från kraftfodret eftersom det har ett högt fosforinnehåll jämfört med grovfodret (4-9,4 g P/kg ts kraftfoder jämfört med 2,7-2,8 g P/kg ts grovfoder). Högre andel kraftfoder i foderstaten kan då ge mer fosfor i stallgödseln (se utfodringsstrategierna A och D).

Kraftfodrens fosforinnehåll skiljer sig dock åt beroende på recept och vilka ingredienser som valts. Fosforinnehållet är högt i rapsprodukter (12-14 g P/kg ts i rapsmjöl och expro) jämfört med sojaprodukter (6-7 g P/kg ts), drank (7,5 g P/kg TS) och spannmål (ca 4 g P/kg TS) (Spörndly, 2003). Högre andel raps i kraftfodret kan då vara en bidragande orsak till mer fosfor i stallgödseln. Det syns i utfodringsstrategierna B där de kraftfoder som innehöll rapsmjöl (raps och raps+drank) hade något högre fosforinnehåll (5 g P/kg ts kraftfoder) än kontrollkraftfodret och kraftfodret med drank (4,5 g P/kg ts kraftfoder). Skillnaderna beror dock inte enbart på rapsmjölet. Kraftfodret med raps innehöll dubbelt så mycket rapsmjöl som det med raps+drank, men fodren hade ändå samma fosforinnehåll.



Figur 10. Mängd fosfor och kväve i konsumerat foder, producerad mjölk respektive i stallgödsel per ko och år (exklusive rekryteringskvigor) (staplar, vänster skala) respektive effektivitet uttryckt som mängden växtnäring i producerad mjölk dividerat med mängden i konsumerat foder (kryss, höger skala). Resultaten ska i första hand jämföras inom varje försök.

Totalintaget av fosfor per ko och dag varierade mellan 73 och 97 g mellan utfodringsstrategierna där strategi D med proteinkoncentrat utmärkte sig med den högre mängden. Rekommenderat dagligt intag enligt NorFor för en mjölkko som väger 600 kg och mjölkar 35 kg ECM per dag är 77 g fosfor (Volden, 2011). Mängden och typen av tillsatta mineraler i kraftfodret har också betydelse. Mineraler utgör 1-5 % av ingredienserna i kornas kraftfoder. Flera mineralfoder har mycket högt fosforinnehåll (mononatriumfosfat 240 g P/kg).

## Kväve

Kvävet i gödseln härstammar från proteinet i fodret (1 kg råprotein = 160 g kväve). Generellt sett blir kväveutnyttjandet, det vill säga mängden kväve i producerad mjölk i förhållande till i konsumerat foder, sämre ju högre kvävekoncentrationen i fodret är (Huhtanen m.fl., 2008). Överskott av kväve utsöndras främst i urin men även i träck, och ger då högre kväveinnehåll i stallgödseln.

Kvävekoncentrationen i konsumerat foder skiljde sig åt mellan leden. Korn i utfodringsförsök D som utfodrades med spannmål som enda kraftfoder och korna i försök C med sent skördat ensilage hade båda ca 13,5-14 % råprotein i foderstaten vilket kan betraktas som en låg nivå för en högavkastande mjölkko. Detta kan ha påverkat skillnaden i mjölkavkastning mellan de två grupperna i försök D där korna som även fick proteinkoncentrat hade ca 16 % råprotein i foderstaten och mellan grupperna i försök C där de som fick tidigt skördat ensilage hade ca 17 % råprotein i foderstaten.

Kväveutnyttjandet beräknat som mängden kväve i mjölken dividerat med mängden kväve i foder över laktationen skilde sig också mellan utfodringsstrategierna och var lägst, ca 28 % i A med hög och låg kraftfodergiva samt C i grupperna med tidigt skördat ensilage. Kväveutnyttjandet var högst, ca 36-

37 % i utfodringsstrategi D med bara spannmål och i C med sent skördat ensilage och spannmålsbaserat kraftfoder. Däremellan låg utfodringsstrategi B med ca 30 % för samtliga led med kraftfoder med och utan biprodukter och ca 33-34 % i utfodringsstrategi C med sent skördat ensilage och biproduktsbaserat kraftfoder och i D med spannmål och proteinkoncentrat.

Utmärkande för de utfodringsstrategier som hade högt kväveutnyttjande var att ensilaget hade en betydligt lägre råproteinhalt per kg ts än de utfodringsstrategier som hade det lägsta kväveutnyttjandet.

#### **4.1.2 Olika sätt att bestämma behovet av spridningsareal**

Mängden fosfor och kväve i stallgödseln har betydelse för behovet av spridningsareal och för ekonomin. Spridningen av stallgödsel regleras i Jordbruksverkets föreskrift om miljöhänsyn i jordbruket (SJVFS 2004:62), och begränsar givan till max 22 kg fosfor per hektar och år, och i känsliga områden dessutom till max 170 kg totalkväve per hektar och år. I djurtäta regioner kan djurgårdar ha problem att hitta tillräckligt med spridningsareal och ha extra kostnader kopplade till att få avsättning för all sin stallgödsel. I vissa områden ställer dessutom länsstyrelserna ännu högre krav på tillståndspliktiga djurgårdar, och begränsar eller t.o.m. förbjuder spridning av stallgödsel på jordar med högt fosforinnehåll.

I SJVFS 2004:62 anges schablonvärden för kväve- och fosforinnehåll i stallgödseln från olika djurslag, och för flera djurslag även uppdelat mellan produktionsformer, ålder och kön. För mjölkkor finns det schablonvärden för olika mjölkavkastningsnivåer. Schablonvärdena avser växtnäringsinnehållet i träck och urin samt växtnäring som tillförts stallgödseln via strömedel och foderspill. Avdrag görs för kväve som förloras som ammoniak i stall och gödsellager. Vaxtnäringsinnehållet i träck och urin har bestämts med en balansberäkning, det vill säga som mängden kväve och fosfor som tillförs via foder (baserat på typfoderstater) och livdjur minus mängderna växtnäring i levererade produkter.

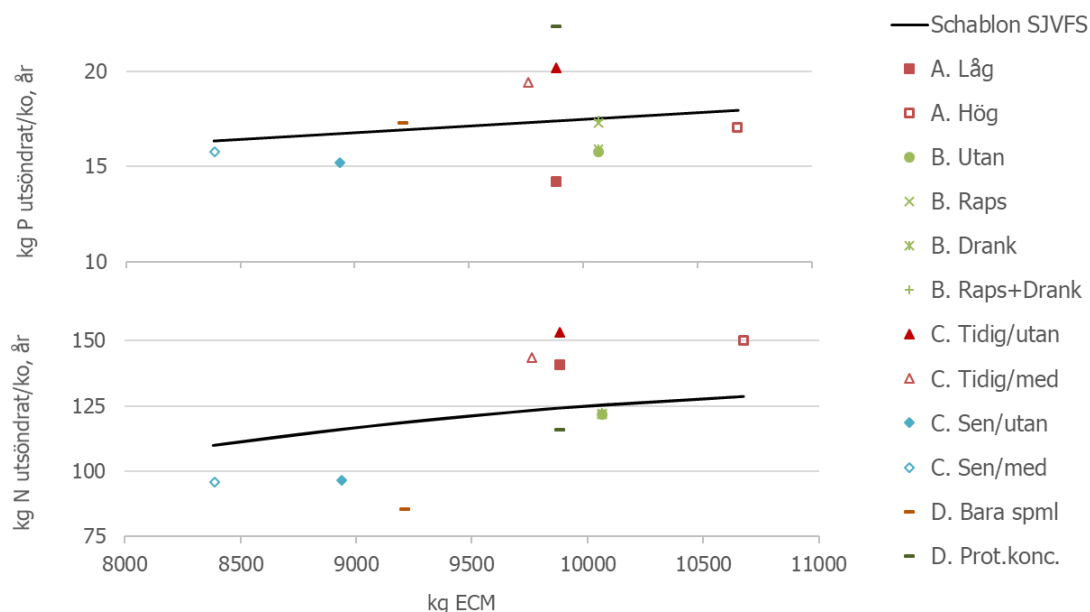
Schablonvärdena används för att beräkna mängden fosfor och kväve i stallgödsel på djurgårdar och därmed bestämma hur stor spridningsareal som krävs för verksamheten. Beräkningarna kan göras manuellt eller med särskild programvara. Enligt SJVFS 2004:62 är det även möjligt att bestämma stallgödselns växtnäringsinnehåll med hjälp av en balansberäkning. I praktiken används dock schablonvärdena för att beräkna stallgödselns växtnäringsinnehåll för i princip alla mjölkgårdar. Möjligheten att göra en egen balansberäkning är begränsad, främst beroende på bristande uppgifter om faktisk foderåtgång och därmed mängden kväve och fosfor som tillförts stallet via fodret.

Om man utgår från schablonvärdena kommer mängden fosfor i gödseln att styr hur stor spridningsareal som krävs för djurhållningen på en gård. Med dagens schablonvärden för stallgödselns växtnäringsinnehåll för olika djurslag krävs det alltid större areal för att klara spridningsreglerna för fosfor (det vill säga max 22 kg P per hektar och år) än för kväve (max 170 kg N-tot per hektar och år). Som ett exempel är schablonvärdena för en mjölkko (10 ton mjölk per år) 17,4 kg fosfor respektive 125 kg kväve per år (avser flytgödsel och efter förluster i stall och lager). Då skulle det behövas 0,79 hektar spridningsareal för att klara fosforkravet, men bara 0,74 hektar för att klara kravet om kväve.

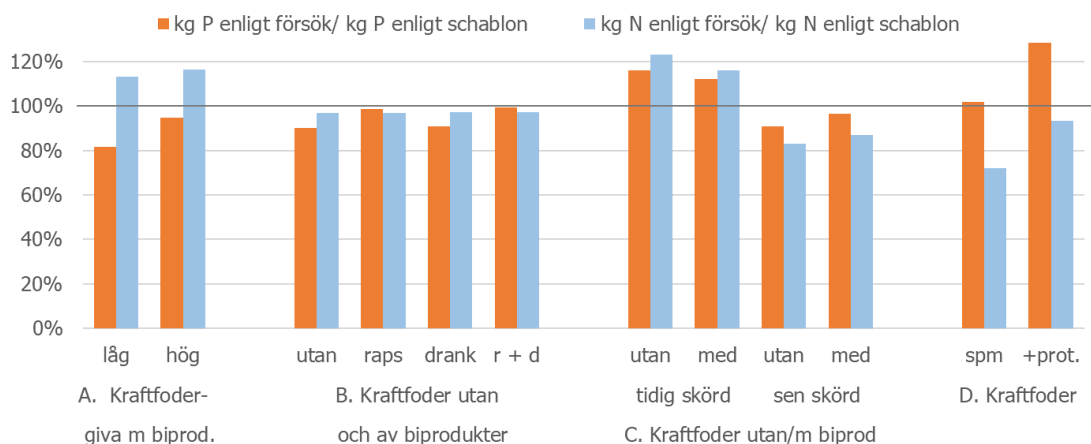
Schablonvärdena ger dock bara en statisk bild av växtnäringsinnehållet i gödseln och kan inte spegla skillnader mellan utfodringsstrategier, mellan olika fodermedels växtnäringsinnehåll eller djurens fodereffektivitet. I denna studie har vi haft möjlighet att göra egna beräkningar för varje utfodringsstrategi och beräkna växtnäringsinnehållet i träck och urin baserat på faktisk foderåtgång. I Figur 11 jämförs det beräknade fosfor- respektive kväveinnehållet i stallgödseln från de olika utfodringsstrategierna (balansberäkning i Norfor) med schablonvärdena enligt föreskriften. Värdena avser fosfor- respektive kväveinnehåll i stallgödseln per ko och år om all träck och urin hamnar i stallet. Vaxtnäring

i strömedel och foder är tillagt, och avdrag har gjorts för ammoniakförluster i stall och gödsellager P(flytgödsel med svämtäcke). Linjen som representerar schablonvärdena är en interpolering mellan de värden som finns i bilaga 8 och 9 i föreskriften SJVFS 2004:62.

Balansberäkningen visar att mängden kväve och fosfor i stallgödseln från respektive utfodringsstrategi skiljer sig mot schablonvärdena (Figur 11). Skillnaden mellan balansberäkning och schablonvärden ligger för det mesta inom intervallet  $\pm 20\%$ , men skillnaden kan också vara större (Figur 12). Balansberäkningen för ett utfodringsalternativ kan också ge högre fosforinnehåll men lägre kväveinnehåll än schablonberäkningen, och vice versa.



Figur 11. Mängd fosfor respektive kväve (totalkväve) i stallgödsel per ko och år (exklusive rekryteringskvigor) i de olika utfodringsstrategierna jämfört med schablonvärden (interpolerat) enligt Jordbruksverkets föreskrifter om miljöhänsyn i jordbruket (SJVFS 2004:62). Stallgödselns växtnäringssinnehåll har beräknats som mängd N och P i träck och urin, strömedel och foderspill, minus ammoniakförluster i stall och gödsellager. Bokstäverna beskriver utfodringsstrategierna där A: Kraftfodergiva, B: Kraftfoder utan och av biprodukter, C: Kraftfoder biprodukter och vallskörd, och D: Kraftfoder.



Figur 12. Mängd fosfor respektive kväve i stallgödsel från mjölkkor (exklusive rekryteringskviga) enligt respektive utfodringsstrategi (balansberäkning) relativt schablonvärden enligt SJVFS 2004:62. Om värdet överstiger 100 % innebär det att balansberäkningen ger ett högre växtnäringssinnehåll än schablonvärdet, och vice versa. Om värdet är 100 % innebär det att båda beräkningssätten ger samma resultat. Resultaten ska i första hand jämföras inom varje försök.

För utfodringsstrategierna i denna studie verkar det inte finnas något entydigt samband mellan mjölkavkastning och mängd kväve och fosfor i stallgödseln. Som tidigare nämnts finns det många faktorer som påverkar mängden fosfor och kväve i gödseln. Schablonvärdena i föreskriften kan också komma att uppdateras framöver. De värden som finns i Jordbruksverket rekommendationer för gödsling och kalkning (Jordbruksverket, 2018b) skiljer sig dessutom från föreskriften. Enligt SJVFS 2004:62 innehåller stallgödseln från en mjölkko som avkastar 10 ton ECM 17,4 kg P per ko och år, och från en ko som producerar 12 ton ECM 19,1 kg P per ko och år. Motsvarande värden enligt (Jordbruksverket, 2018b) är 16,5 respektive 21 kg P per ko och år.

En effekt av skillnaderna mellan schablonvärdena och det beräknade växtnäringsinnehållet i producerad stallgödsel är att behovet av spridningsareal kommer att skilja sig åt beroende om man använder schablonvärden eller balansberäkning med faktiska värden. I denna studie har vi använt Norfor-beräkningen för att skatta behovet av spridningsareal, och antagit att den stallgödsel som inte kan spridas på vallarealen måste avyttras. Det innebär att stallgödsel kommer att avyttras bland annat från foderstrategierna D där fosfor begränsar stallgödselgivan till vallen (Figur 13). Om behovet av spridningsareal istället baserats på schablonvärdena hade mer stallgödsel kunnat användas i vallodlingen för dessa strategier.

## 4.2 Ensilage i utfodringsstrategierna – miljö och kostnad

Beräknad miljöpåverkan och produktionskostnad för ensilaget som använts i respektive utfodringsstrategi visas i Tabell 5. Resultatet skiljer sig åt mellan strategierna, trots samma skördenivå och gödslingsnivå av lättillgängligt kväve (dvs. ammoniumkväve). Det beror på att stallgödselns innehåll av kväve och fosfor varierade för respektive utfodringsstrategi, liksom den vallareal som stallgödseln kunde spridas på (se Tabell 6). Förklaring till detta beskrivs längre fram i texten. Olika näringsinnehåll i stallgödseln ledde i sin tur till att mängden stallgödselkväve per hektar kom att variera för respektive utfodringsstrategi och därmed också kvävegivan med mineralgödsel (se Tabell 6). Förklaringen till detta är att vid en fastställd giva växttillgängligt kväve per hektar tillförs det mer kväve totalt sett när det tillförs i form av stallgödsel än om det tillförs som mineralgödsel, eftersom stallgödseln även innehåller en stor andel organiskt bundet kväve som inte är direkt tillgängligt för växterna.

Skillnaderna i ensilagets klimatpåverkan och bidrag till övergödning beror på att mängderna stallgödselkväve som ersätts med mineralgödselkväve varierar. Ju större andel mineralkväve i förhållande till total kvävegiva (växttillgängligt) desto lägre blir vallens klimatavtryck liksom övergödning och kväveutlakning. Den varierade energianvändningen är en följd av skillnader i stallgödselmängder (dieselåtgång) och behov av mineralgödselkväve (energianvändning vid tillverkning) mellan olika utfodringsstrategier.

Skillnaderna i produktionskostnad kommer som en effekt av olika mängd inköpt kväve i form av mineralgödsel och olika mängd flytgödsel som ger spridningskostnad. Vid höga givor stallgödsel ökar kostnaden för spridning, men i vissa fall kompenseras detta delvis av lägre behov av inköpt kväve. Samtliga vallfoder ligger inom prisintervallet 1,89 till 1,93 kr/kg ts.

Skillnaderna i miljöpåverkan och produktionskostnad för ensilaget är dock små och har en marginell påverkan på resultaten för foderstrategiernas miljöpåverkan och kostnad. Foderintag och kraftfodrens miljöpåverkan och pris har betydligt större inverkan. Mer intressant är betydelsen av skillnaderna i förhållandet mellan kväve och fosfor i utsöndrad träck och urin, se kapitel 4.1.

Att nivåerna av kväve- och fosforinnehåll i utsöndrad träck och urin skiljer sig åt mellan utfodringsstrategierna är väntat och beror på vad korna har ätit (dvs. tillförsel av N och P) samt mjölkavkastning,

Tabell 5. Miljöpåverkan för det vallensilage som använts i beräkningarna av respektive utfodringsstrategis miljöpåverkan och foderkostnad.

| Utfodrings-<br>strategi                                           | Klimat-                    | Mark-                 | Energi-    | Över-                     | Utlakning |                     | Kostnad  |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------|------------|---------------------------|-----------|---------------------|----------|
|                                                                   | avtryck                    | behov                 | användning | gödning                   | Kväve     | Fosfor <sup>a</sup> |          |
|                                                                   | kg CO <sub>2</sub> e/kg ts | m <sup>2</sup> /kg ts | MJ/kg ts   | g NO <sub>3</sub> e/kg ts | g N/kg ts | g P/kg ts           | kr/kg ts |
| A. Kraftfoder av biprodukter                                      |                            |                       |            |                           |           |                     |          |
| låg giva                                                          | 0,38                       | 1,4                   | 2,4        | 36                        | 3,6       | 0,06                | 1,90     |
| hög giva                                                          | 0,39                       | 1,4                   | 2,3        | 39                        | 3,6       | 0,06                | 1,89     |
| B. Kraftfoder utan och av olika biprodukter                       |                            |                       |            |                           |           |                     |          |
| utan biprod.                                                      | 0,39                       | 1,4                   | 2,4        | 39                        | 3,7       | 0,06                | 1,91     |
| med raps                                                          | 0,39                       | 1,4                   | 2,4        | 38                        | 3,6       | 0,06                | 1,91     |
| med drank                                                         | 0,39                       | 1,4                   | 2,4        | 39                        | 3,7       | 0,06                | 1,91     |
| raps + drank                                                      | 0,39                       | 1,4                   | 2,4        | 38                        | 3,6       | 0,06                | 1,91     |
| C. Kraftfoder utan och av biprodukter vid olika tid för vallskörd |                            |                       |            |                           |           |                     |          |
| Tidig skörd                                                       |                            |                       |            |                           |           |                     |          |
| utan biprod.                                                      | 0,39                       | 1,4                   | 2,3        | 40                        | 3,7       | 0,06                | 1,90     |
| med biprod.                                                       | 0,39                       | 1,4                   | 2,3        | 40                        | 3,7       | 0,06                | 1,90     |
| Sen skörd                                                         |                            |                       |            |                           |           |                     |          |
| utan biprod.                                                      | 0,38                       | 1,4                   | 2,4        | 36                        | 3,6       | 0,06                | 1,93     |
| med biprod.                                                       | 0,38                       | 1,4                   | 2,4        | 35                        | 3,5       | 0,06                | 1,93     |
| D. Kraftfoder utan och med proteinkoncentrat                      |                            |                       |            |                           |           |                     |          |
| enbart spannmål                                                   | 0,37                       | 1,4                   | 2,4        | 32                        | 3,4       | 0,06                | 1,93     |
| spm + prot.konc.                                                  | 0,37                       | 1,4                   | 2,4        | 33                        | 3,4       | 0,06                | 1,90     |

a) motsvarar viktat medelvärde för slåttervall i landet

Tabell 6. Stallgödsels växtnäringsinnehåll i de olika utfodringsstrategierna samt strategiernas olika behov av vallareal, mängden spridningsbar stallgödsel per ha utifrån gödsels innehåll av kväve och fosfor (lagkrav begränsar med max 170 kg N eller 22 kg P per hektar), kompletterande kvävetillförsel med mineralgödsel samt total tillförsel av kväve per hektar, samt export av stallgödsel (andel av producerad stallgödsel samt kg tot-N som exporteras). Resultaten gäller för 100 mjölkkor inklusive rekrytering

Exporteras: Resultaten gäller för 100 mjölkkor inklusive ferkylning

| Utfodrings-<br>strategi                                           | Stallgödselinnehåll          |                  | N/P-<br>kvot | Vallareal<br>behov<br>ton/ha | Stallgödsel-<br>giva<br>ton/ha | Mineral-<br>gödsel<br>kg N/ha | Total<br>N-giva <sup>b</sup><br>kg/ha | Exporterad stallgödsel |                   |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------|--------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|------------------------|-------------------|
|                                                                   | Kväve <sup>a</sup><br>kg/ton | Fosfor<br>kg/ton |              |                              |                                |                               |                                       | Andel<br>%             | Kväve<br>kg tot-N |
| A. Kraftfoder av biprodukter                                      |                              |                  |              |                              |                                |                               |                                       |                        |                   |
| låg giva                                                          | 4,0                          | 0,43             | 9,3          | 105                          | 36                             | 114                           | 255                                   | 0%                     | 0                 |
| hög giva                                                          | 4,2                          | 0,49             | 8,6          | 97                           | 38                             | 108                           | 268                                   | 0%                     | 0                 |
| B. Kraftfoder utan och av olika biprodukter                       |                              |                  |              |                              |                                |                               |                                       |                        |                   |
| utan biprod.                                                      | 3,5                          | 0,46             | 7,5          | 75                           | 47                             | 106                           | 271 P                                 | 5%                     | 673               |
| med raps                                                          | 3,5                          | 0,50             | 6,9          | 75                           | 44                             | 111                           | 262 P                                 | 13%                    | 1645              |
| med drank                                                         | 3,5                          | 0,47             | 7,4          | 75                           | 47                             | 107                           | 270 P                                 | 6%                     | 809               |
| raps + drank                                                      | 3,5                          | 0,51             | 6,9          | 75                           | 43                             | 111                           | 262 P                                 | 13%                    | 1722              |
| C. Kraftfoder utan och av biprodukter vid olika tid för vallskörd |                              |                  |              |                              |                                |                               |                                       |                        |                   |
| Tidig skörd                                                       |                              |                  |              |                              |                                |                               |                                       |                        |                   |
| utan biprod.                                                      | 4,2                          | 0,46             | 9,1          | 81                           | 40                             | 104                           | 274 N                                 | 13%                    | 1982              |
| med biprod.                                                       | 4,0                          | 0,45             | 8,9          | 78                           | 42                             | 104                           | 274 N                                 | 11%                    | 1690              |
| Sen skörd                                                         |                              |                  |              |                              |                                |                               |                                       |                        |                   |
| utan biprod.                                                      | 2,9                          | 0,45             | 6,4          | 75                           | 49                             | 114                           | 254 P                                 | 1%                     | 94                |
| med biprod.                                                       | 2,9                          | 0,47             | 6,1          | 74                           | 47                             | 116                           | 251 P                                 | 5%                     | 516               |
| D. Kraftfoder utan och med proteinkoncentrat                      |                              |                  |              |                              |                                |                               |                                       |                        |                   |
| enbart spannmål                                                   | 2,6                          | 0,52             | 5,1          | 79                           | 42                             | 124                           | 235 P                                 | 9%                     | 859               |
| spm + prot.konc.                                                  | 3,3                          | 0,64             | 5,2          | 74                           | 34                             | 122                           | 238 P                                 | 32%                    | 3961              |

a) totalt, både organiskt och ammoniumkväve

b) total kväve i stallgödsel samt kväve från mineralgödsel

P = fosfor begränsar 22kg/ha

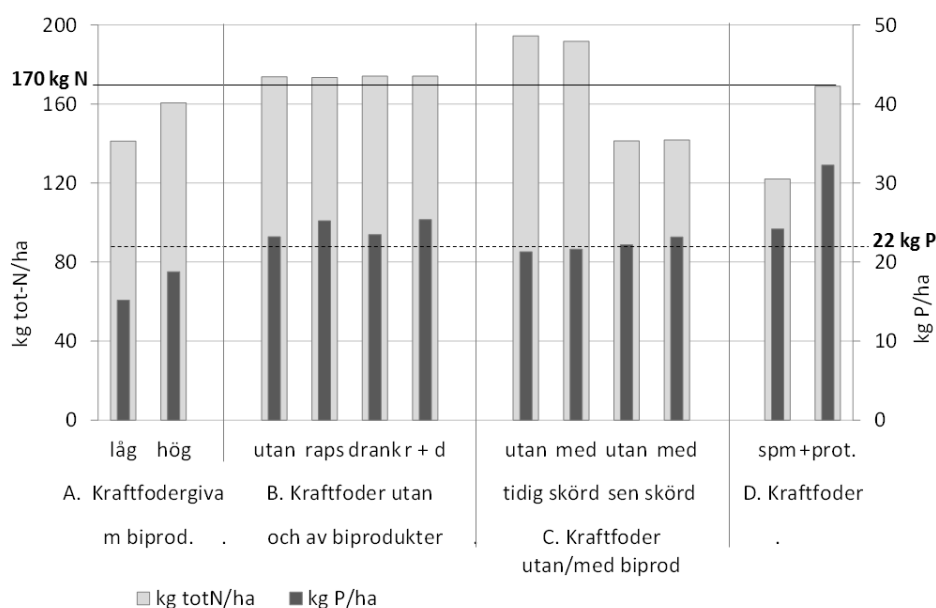
N= kväve begränsar 170 kg/ha

dräktighet och tillväxt (dvs. bortförsel av N och P). Skattningarna för kväve i NorFor baseras på intag av kväve, bortförsel av kväve och antaganden om smältbarheten av protein för fördelningen av kväve i träck respektive urin. Skattningarna för fosfor i NorFor baseras på att all utfodring över behovet utsöndras i träcken (Volden, 2011).

På grund av de nationella begränsningarna om max 22 kg fosfor respektive 170 kg kväve per hektar från stallgödsel (Jordbruksverket, 2004) kunde behovet av vallareal inte uppfylla behovet av spridningsareal utan att maxgränserna då skulle överskridits. Maxgränserna överskreds för alla utfodringsstrategier utom två, vilket illustrerats i Figur 13.

Vallgrödans behov av fosfor och kalium täcktes dock av den mängd stallgödsel som var tillåten att sprida. Konsekvensen av brist på spridningsareal blev att en del stallgödsel behöver exporteras från vallodlingen och ersättas av mineralgödselkväve. Andelen stallgödsel som exporterades var måttlig i de flesta fall (upp till 13 % av producerad stallgödsel), men i en strategi (D) behövde en tredjedel av stallgödsel exporteras (se Tabell 6). Skillnaderna i kväve- och fosformängder i stallgödseln från respektive utfodringsstrategi innebar alltså att de totala kvävegivorna (dvs. organiskt bundet kväve i stallgödsel plus ammoniumkväve från stallgödsel och mineralgödsel) kom att skilja sig åt i vallodlingen för respektive strategi, se total kvävegiva i Tabell 6. Därmed varierade även utlakning av kväve samt ammoniakemissioner mellan strategierna.

I normalfallet odlas även andra grödor på en mjölkgård, framför allt den spannmålsgröda som en vall normalt etableras i och som antingen skördas som helsäd eller till mogen kärna. Eftersom utfodringsstrategierna här inte genomgående innehåller vare sig helsäd eller spannmål, så har vi inte heller kunnat räkna in ett arealbehov för denna, vilket är orsaken till att stallgödseln fått antas läggas enbart till vallgrödan. För att effektivt utnyttja växtnäringen i stallgödsel är det annars vanligt att även lägga stallgödsel till den gröda som vallen etableras i. Att sprida stallgödsel under sommarmånaderna (1/3 av stallgödseln i denna studie) är inte optimalt med tanke på risken för stora kväveförluster i form av ammoniakavgång. Spridning under tidig vår är då mer lämpligt för att effektivt utnyttja kvävet i stallgödseln (2/3 av stallgödseln i denna studie).



Figur 13. Mängden kväve (ljusa staplar, vänster axel) och fosfor (mörka staplar, höger axel) per hektar om all stallgödsel från respektive utfodringsstrategi skulle spridits på den åkerareal som mängden ensilage i respektive strategi krävde. Heldragen linje visar begränsningen om 170 kg N/ha och streckad linje begränsningen på 22 kg P/ha enligt SJVFS 2004:62. Resultaten ska i första hand jämföras inom varje försök.

## 4.3 Utfodringsstrategier

Resultaten för miljöpåverkan, foderkostnader och potentiell andel livsmedel presenteras separat för respektive grupp av utfodringsstrategier (A-D). Anledningen är att de bakomliggande utfodringsförsöken är separata försök där resultaten i första hand har jämförts inom respektive försök och alltså inte mellan försöken. I vissa fall där så har varit möjligt har vi även kunnat dra slutsatser mellan försöken. Nedan redovisas resultaten i diagram, medan värdena bakom redovisas i Tabell 16-Tabell 20 i Bilaga 1.

### 4.3.1 Utfodringsstrategier A; olika givor av ett kraftfoder bestående av biprodukter

Detta försök jämförde två olika kraftfodergivor i kombination med hög andel grovfoder av bra kvalitet. Kraftfodret var detsamma och bestod av biprodukter och tillgången till ensilage var fri.

Den lägre kraftfodernivån innebar ett högre intag av ensilage, men lägre totalt foderintag och lägre mjölkavkastning. Skattningen av metanproduktionen från kornas fodersmältning (575 g/d respektive 624 g/d) var lägre för den lägre kraftfodernivån främst för att foderintaget var lägre. Anledningen till att den totala klimatpåverkan och energianvändningen blev något lägre för den låga kraftfodergivan (se Figur 15 respektive Figur 17) är att denna foderstrategi hade en något högre fodereffektivitet (kg ECM/kg ts) än den med hög kraftfodergiva och lägre ensilageintag (se Figur 14). Att markbehovet i strategin med låg kraftfodergiva ligger något högre än den med hög kraftfodergiva kan härledas till det högre intaget av ensilage, eftersom det kräver mer odlingsyta än ett kraftfoder bestående av biprodukter (se Tabell 9 i Bilaga 1). Den samlade miljöpåverkan av att sänka kraftfodergivan varierar med andra ord för olika miljöparametrar.

Båda foderstrategierna är effektiva för att omvandla djurens foder till mänskligt ätbara livsmedel, se Figur 19. En viktig anledning är den förhållandevis höga grovfoderandelen som inte kan nyttjas av människor samt att det biproduktbaserade kraftfodret har en låg mänsklig ätbarhetsfaktor. Att den låga kraftfodergivan har högst effektivitet beror på den större andelen ensilage.

Ekonomiskt visar beräkningarna ingen skillnad i total foderkostnad för de båda foderstrategierna, se Figur 20. Trots att alternativet med låg kraftfodergiva gav en lägre avkastning, innebar det högre foderutnyttjandet i kombination med att kraftfoder ersätts med grovfoder som är ett billigare foder, att den totala foderkostnaden per kg ECM blev densamma. Med höga grovfodergivor blir produktionskostnaden för grovfodret en extra viktig faktor. Denna kostnad har stora variationer beroende av bland annat maskinkedja, arrondering, avkastning, förluster och markpris.

### 4.3.2 Utfodringsstrategier B; kraftfoder bestående av olika biprodukter jämfört med ett spannmålsbaserat

Detta försök jämförde ett kontrollkraftfoder baserat på spannmål och sojamjöl med kraftfoder bestående av olika biprodukter. Kraftfodret gavs i en bestämd mängd medan ensilagetillgången var fri. Kornas konsumerade lika mycket ensilage i de olika leden, men den skattade metanproduktionen från kornas fodersmältning var högre i kontrollgruppen (525 g/d) jämfört med grupperna som fick biproduktbaserat kraftfoder där nivåerna var likvärdiga (506-510 g/d). Detta beror troligen på att fetthalten i kraftfodret var lägre i kontrollfodret och i den beräkningsmodell som används i NorFor ger större mängd fettsyror i foderstaten lägre mängd producerad metan.

Den tydligaste skillnaden i miljöpåverkan mellan kontrollen och de övriga utfodringsstrategierna återfinns i markbehov, energianvändning och övergödning (Figur 16 -Figur 18). Kontrollen kräver mer

areal, vilket är en följd av att den övervägande arealåtgången vid odling av spannmål och soja ligger på dessa foderingredienser, medan biprodukterna endast belastas med en mindre del av arealåtgången för odlingen av deras huvudprodukter (sockerbetor, spannmål och raps). För energianvändningen är bilden den motsatta, vilket beror på den stora energianvändning som åtgår för att torka dessa biprodukter, särskilt produkter med hög vattenhalt som betfiber och agrodrank. I den här studien utgör betfiber den största andelen av foderingredienserna i kraftfodren med biprodukter (Figur 3). Övergödningen visar samma bild som markbehovet och orsaken till detta är också densamma. Klimatpåverkan visar ingen större skillnad mellan utfodringsstrategierna eftersom energianvändningen för torkningen ökar klimatavtrycket för biproduktskraftfodren (Figur 15). Diagrammet visar dock inte hela sanningen eftersom förändrad markanvändning (dLUC) inte tagits med här. Läggss dessa utsläpp till så ökar klimatpåverkan för kontrollen med ca 20 % och blir då betydligt högre än strategierna med kraftfoder av biprodukter, se Figur 23.

Slutsatsen blir att mjölken som producerats med kraftfoder av biprodukter i vissa fall hade bättre och i vissa fall sämre miljöpåverkan än kontrollen med kraftfoder av spannmål och sojamjöl.

Som väntat är det också en tydlig skillnad i omvandlingseffektiviteten av foder till livsmedel mellan utfodringsstrategier med kraftfoder av biprodukter och kontrollen med spannmål och sojamjöl, där den senare hamnade under ett (Figur 19). Ett värde under ett innebär att det hade varit mer effektivt att använda kraftfodret till livsmedel direkt än att göra mjölk av det. Strategierna med biprodukter ligger alla ganska lika och betydligt över ett.

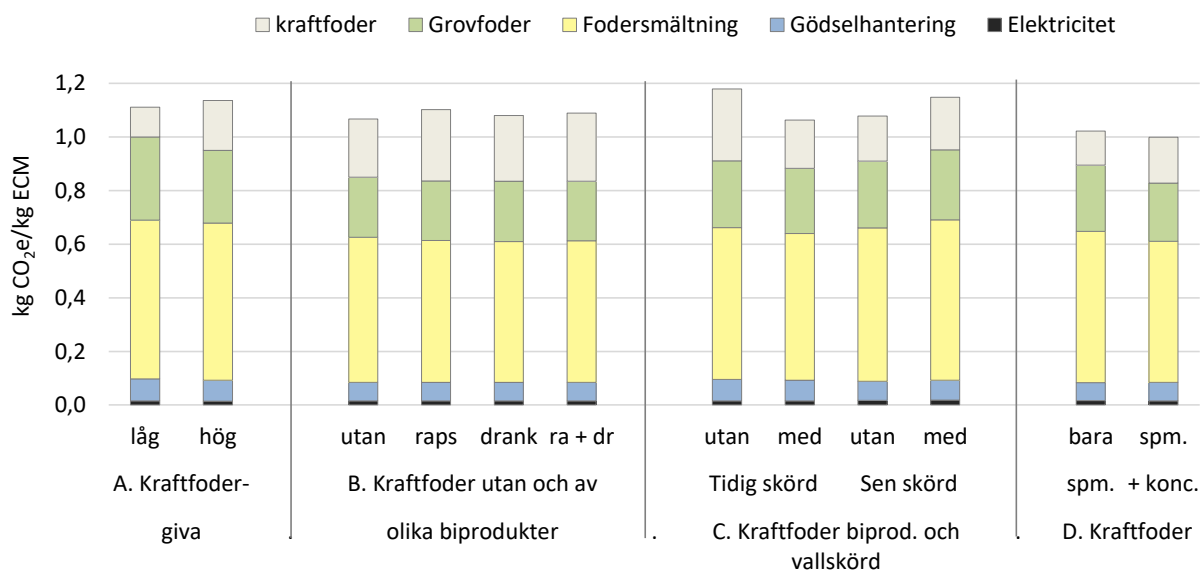
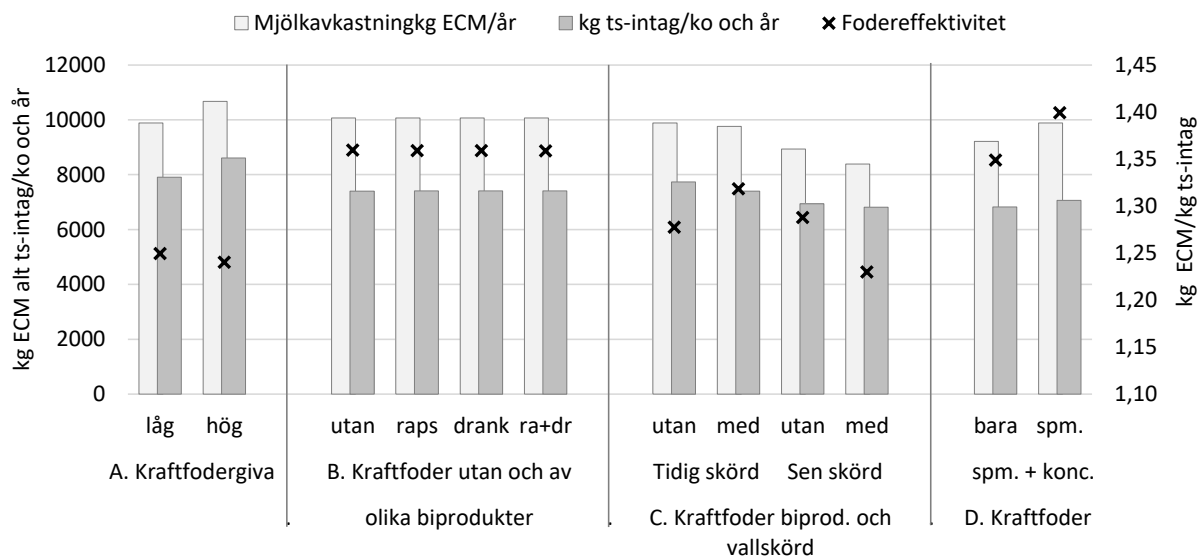
Den ekonomiska utvärderingen visar ingen skillnad i foderkostnad beroende av vilket kraftfoder som användes (Figur 20). Priset på kraftfoder är satt utifrån ett marknadspris. De biprodukter som användes finns vanligt förekommande på fodermarknaden idag, och priset är därmed balanserat av befintlig marknad utifrån priset på soja och spannmål som alternativ, snarare än relaterat till produktionskostnaden för den aktuella biprodukten.

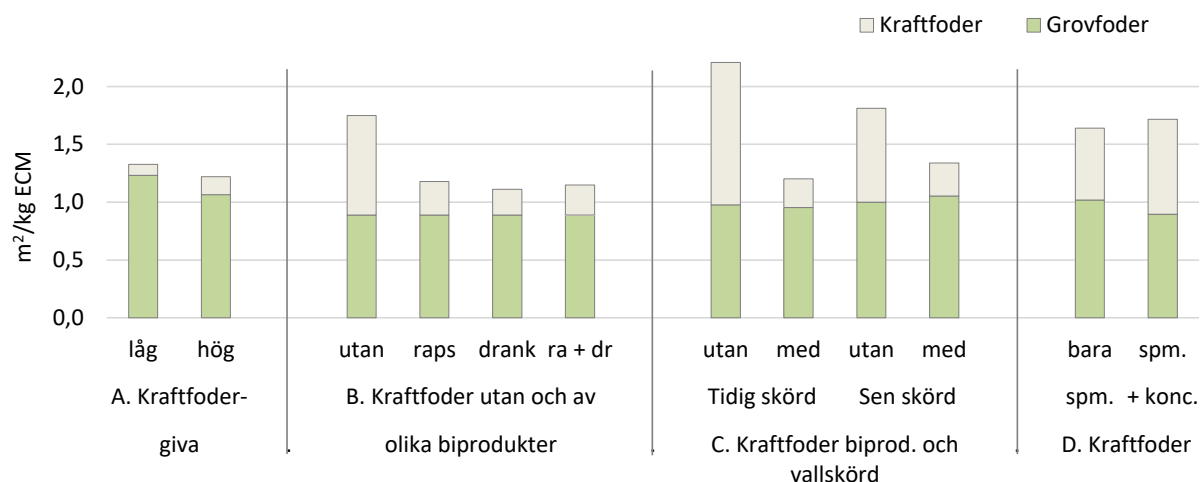
#### **4.3.3 Utfodringsstrategier C; ett kraftfoder bestående av biprodukter jämfört med ett spannmålsbaserat i kombination med tidigt respektive sent skördat vallfoder**

Även i detta försök har ett kraftfoder bestående av biprodukter jämförts med ett foder baserat på spannmål och sojamjöl. Detta gjordes i kombination med två olika kvaliteter på ensilaget, ett som hade skördats tidigt med en högre smältbarhet än det andra som skördades två veckor senare. Kraftfoder och ensilage gavs som en mix där förhållandet mellan kraftfoder och grovfoder var konstant medan tillgången på mixen var fri, dvs. djuren bestämde själva det totala intaget av foder.

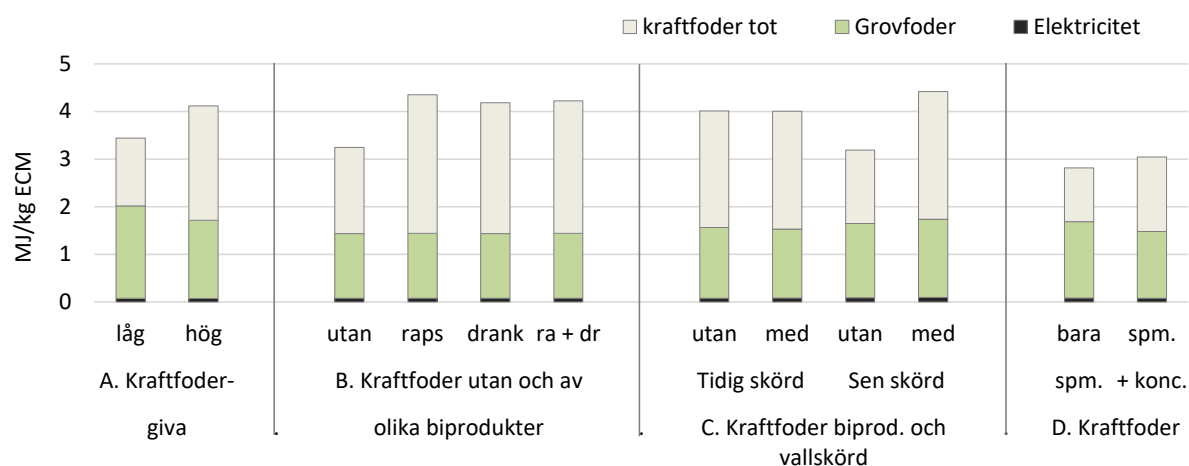
Den skattade metanproduktionen från kornas fodersmältning var lägre hos de kor som fick biproduktsbaserat kraftfoder jämfört med spannmålsbaserat kraftfoder: 510 g/d respektive 541 g/d med tidigt skördat ensilage och 476 g/d respektive 488 g/d med sent skördat ensilage. Detta beror troligen på ett lägre intag av ensilage jämfört med motsvarande grupp som fick spannmålsbaserat kraftfoder och en något högre fetthalt i kraftfodret. Sett till klimatpåverkan (Figur 15) är det svårt att hävda en skillnad beroende på typ av kraftfoder eftersom fodereffektiviteten (Figur 19) har en stor inverkan och den varierar ganska mycket mellan foderstrategierna. Om man inkluderar utsläppen från förändrad markanvändning blir klimatpåverkan för utfodringsstrategierna med sojamjöl betydligt högre än strategierna med biprodukter (Figur 23).

I försök C ser man inte ser samma skillnad i energianvändning mellan spannmåls- och biproduktsbaserade kraftfoder som i utfodringsstrategierna i A och B. Det beror på att fodereffektiviteten slår

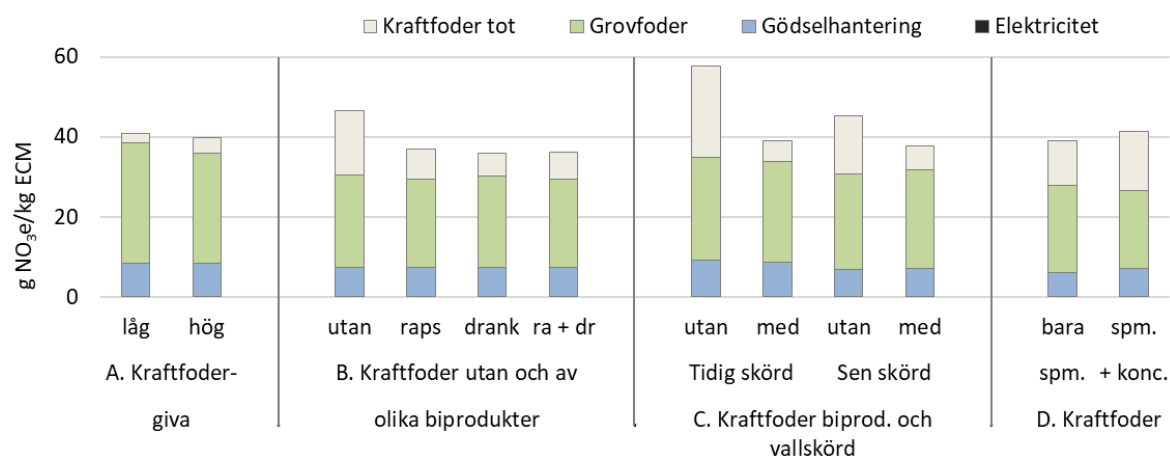




Figur 16. Markbehov per kg energikorrigerad mjölk (ECM, levererad från gård) fördelat på olika källor. Användningen omfattar mjölkko inklusive rekryteringskviga. Resultaten ska i första hand jämföras inom varje försök.



Figur 17. Energianvändning (fossil energi) i megajoule per kg energikorrigerad mjölk (ECM, levererad från gård) fördelat på olika källor. Användningen omfattar mjölkko inklusive rekryteringskviga. Resultaten ska i första hand jämföras inom varje försök.



Figur 18. Övergödning uttryckt som g nitratekvivalenter per kg energikorrigerad mjölk (ECM, levererad från gård) fördelat på olika källor. Utsläppen omfattar mjölkko inklusive rekryteringskviga. Resultaten ska i första hand jämföras inom varje försök.

igenom även här. Utfodringsstrategin med spannmål och tidigt skördat ensilage visade en lägre fodereffektivitet än strategin med biproduktskraftfoder. Fodret mixades i C vilket innebar att korna åt mer kraftfoder i C än i strategierna med biproduktskraftfoder (A och B). För det senare skördade ensilaget var förhållandet det omvända, och fodereffektiviteten var högre för strategin med spannmål och sojamjöl. I det ursprungliga utfodringsförsöket kunde man dock inte visa på någon signifikant skillnad i fodereffektivitet mellan leden (Pang m.fl., 2018). Därför kan det inte heller här hävdas någon skillnad utifrån val av utfodringsstrategi.

För markbehov och övergödning ses samma mönster som i försök B, dvs. att leden med spannmåls- och sojamjölsbaserat kraftfoder har betydligt högre värden än de biproduktsbaserade.

Omvandlingseffektiviteten av foder till mjölk visar samma mönster som i utfodringsstrategierna i B, dvs. att det hade varit mer effektivt att använda kraftfodret med spannmål och sojamjöl till livsmedel än att först omvandla det till mjölk (Figur 19). Strategierna med kraftfoder av biprodukter gav en bättre utdelning i form av livsmedel efter att de omvandlats till mjölk.

Foderkostnaden skiljer sig marginellt mellan leden, utom för alternativet med sent skördat ensilage i kombination med kraftfoder av biprodukter, se Figur 20. Detta alternativ ger en högre foderkostnad som en följd av låg avkastning kombinerat med låg fodereffektivitet. Liksom i försök B kan man konstatera att ett kraftfoder baserat på hög andel biprodukter inte ger en ökad foderkostnad. Det förutsätter dock att grovfodret är av tillräcklig kvalitet för att upprätthålla avkastning och fodereffektivitet.

#### **4.3.4 Utfodringsstrategier D; kraftfoder bestående av enbart spannmål jämfört med en kombination av spannmål och ett proteinkoncentrat.**

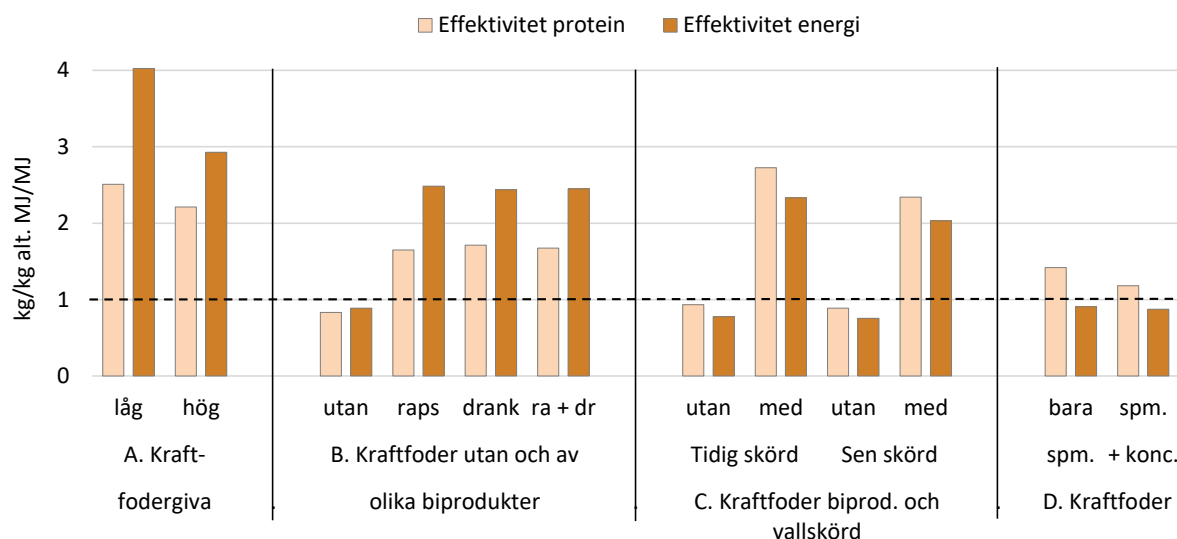
I det här försöket jämfördes en strategi där kraftfodret utgjordes av enbart spannmål med en annan där spannmålen kombinerades med ett proteinkoncentrat baserat på bland annat soja- och rapsmjöl. Tillgången på ensilage var fri.

Den skattade metanproduktionen från kornas fodersmältning var likvärdigt mellan grupperna trots att gruppen som bara fick spannmål (495 g/d) hade ett lägre totalt foderintag. Detta beror troligen både på att gruppen som även fick proteinkoncentrat (498 g/d) dels fick mera fett i foderstaten men även hade ett lägre ensilageintag, vilket leder till lägre metanproduktion.

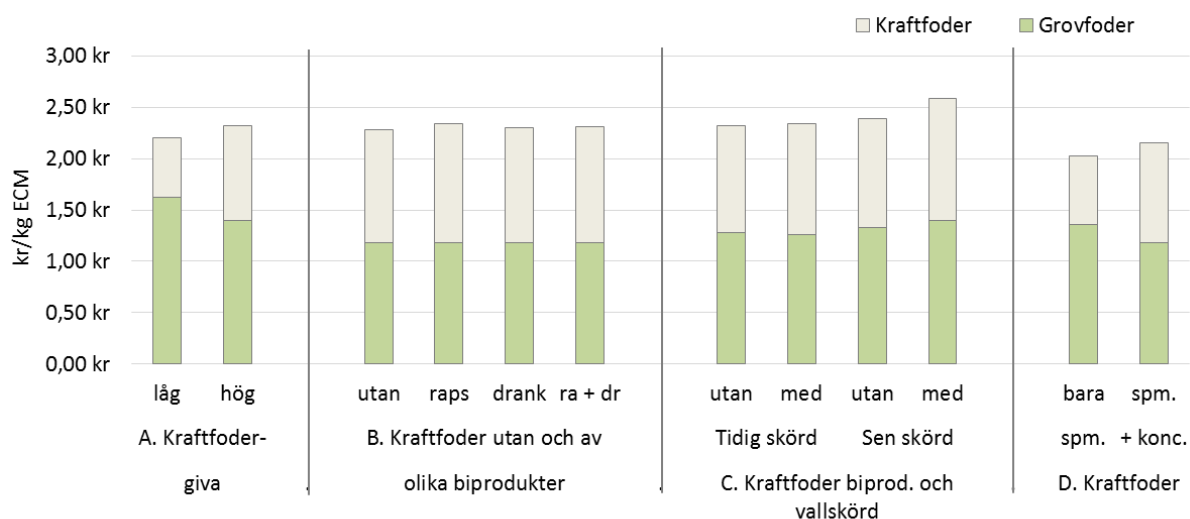
Även här sågs en skillnad i fodereffektivitet (Figur 14) för de två olika strategierna, vilket inverkade på resultatet av miljöpåverkan. Miljöpåverkan blir generellt sett högre vid låg fodereffektivitet än vid hög fodereffektivitet. I Figur 15 ser klimatpåverkan för de olika utfodringsstrategierna likvärdig ut, men om sojan i proteinkoncentratet antas komma från Brasilien och utsläpp från en förändrad markanvändning inkluderas, så får utfodringsstrategin med proteinkoncentrat ett betydligt högre klimatavtryck än den med enbart spannmål. För de övriga miljöpåverkanskategorierna är resultaten ganska likvärdiga med en tendens till lägre påverkan för den med enbart spannmål. Hade fodereffektiviteten varit den samma för båda utfodringsstrategierna hade skillnaden blivit ännu större till fördel för strategin med det rena spannmålskraftfodret.

Omvandlingseffektiviteten är för båda strategierna ganska lika och ligger nära ett, med en lite högre utväxling för strategin med proteinkoncentrat (Figur 19). Här är det den relativt höga grovfoderandelen som lyfter upp effektiviteten något jämfört med motsvarande spannmåls- och sojamjölsfoderstater i grupperna B och C.

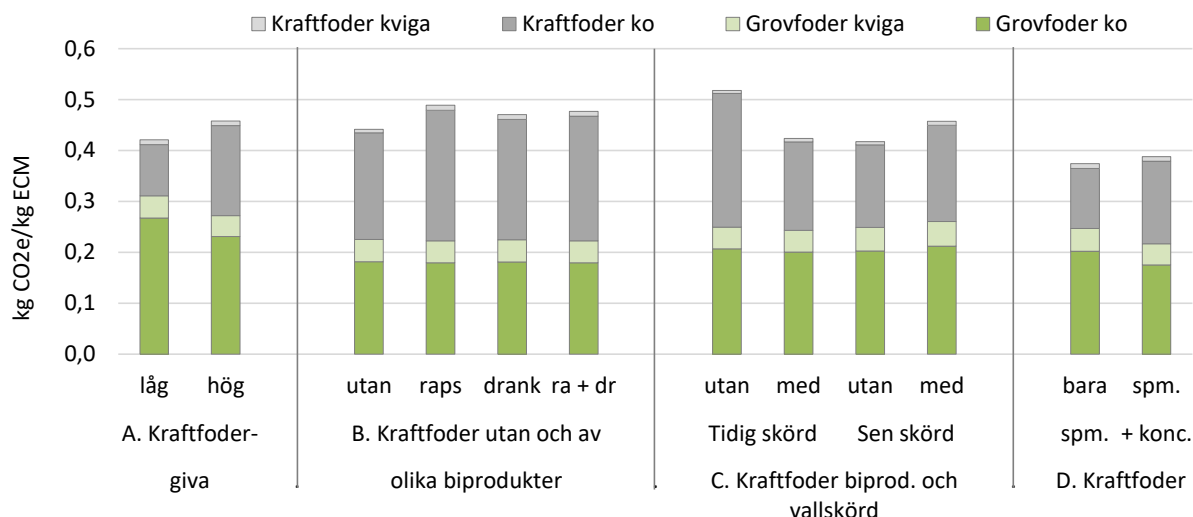
Foderkostnaden per kg ECM blir något lägre vid alternativet med enbart grovfoder och spannmål (Figur 20). Det är en direkt följd av att proteinkoncentrat är ett dyrt fodermedel, vilket gör att besparingen kompenserar den förlorade avkastningen. När övriga kostnader tas med i beräkningen, för att få fram total produktionskostnad per kg ECM, kan dock besparingen gå förlorad i att mindre mängd mjölk ska dela på övriga kostnader vilket höjer den totala produktionskostnaden. Kostnader för t.ex. byggnader och arbete varierar stort mellan gårdar. Här kan den enskilda gårdens ekonomiska situation ha stor betydelse för den ekonomiska konsekvensen av dessa båda foderstrategier.



Figur 19. Effektiviteten i mjölkproduktionen är när det gäller att omvandla foder till mänskligt ätbart protein respektive energi i mjölk och kött. Beräkning av omvandlingseffektiviteten: mängd protein respektive bruttoenergi i mjölk och kött delat med mängd protein respektive bruttoenergi i de fodermedel som kan utgöra livsmedel. Ett värde under 1 innebär att det är mer effektivt att den ätbara delen av djurets foder äts direkt av människan, medan ett värde över 1 innebär att det är mer effektivt att omvandla fodret till mjölk. Resultaten ska i första hand jämföras inom varje försök.



Figur 20. Kostnad för foder, beräknat som produktionskostnad för egen produktion av grovfoder och inköp av kraftfoder. Kostnaden omfattar foder till kor och rekryteringskvigor under ett år, fördelat per kg energikorrigerad mjölk (ECM, levererad från gård). Resultaten ska i första hand jämföras inom varje försök.



Figur 21. Klimatpåverkan från foderdelen av mjölkens klimatpåverkan, uttryckt som kg koldioxidekvivalenter per kg energikorrigerad mjölk (ECM, levererad från gård), uppdelat på kraftfoder respektive grovfoder för mjölkkon respektive rekryteringskviga. Resultaten ska i första hand jämföras inom varje försök.

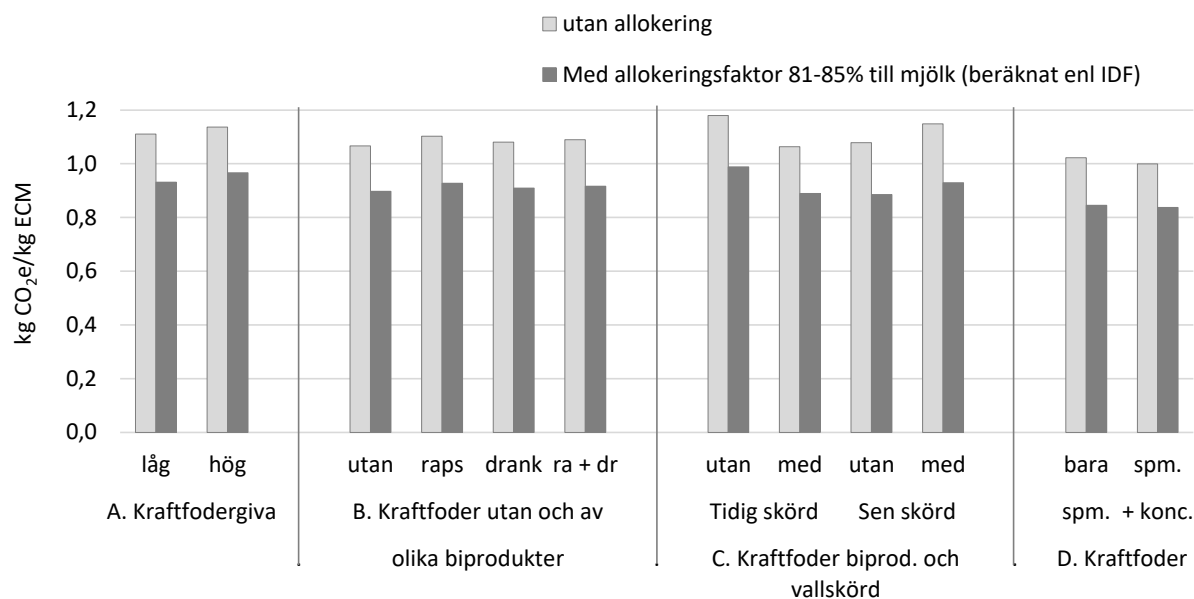
#### 4.3.5 Kvigornas inverkan

Till antalet utgör rekryteringskvigorna en stor del av en besättning, särskilt vid hög rekrytering där mer eller mindre alla kvigkalvar sparas och förbrukar foder i drygt två år innan de kalvar in. Den skattade metanproduktionen från kvigornas fodersmältning var ungefär 140 g/d i genomsnitt över uppfostrings tiden (27,3 månader) för samtliga utfodringsstrategier. Eftersom åldern när kvigorna kalvar in varierar mycket har denna period stor inverkan på kornas livstidsproduktion av metan och besättningens metanutsläpp som helhet. Innehållet i kvigornas foderstater visade sig dock ha en begränsad inverkan på mjölkens miljöpåverkan. Som exempel visar vi kvigornas inverkan på foderdelen av mjölkens klimatavtryck. Totalt sett stod kvigorna i genomsnitt för 12 % av fodrets klimatpåverkan räknat på alla utfodringsstrategier, se Figur 21. Tydligt är också att den övervägande delen utgörs av grovfoder, då ensilage och bete utgör mer än 80 % av ungdjurens foderstat. Av samma anledning, särskilt bete, så var kvigornas andel av markbehovet något högre än för klimatavtrycket, ca 17 % (inget diagram). Detta markbehov var framför allt knutet till grovfodret där kvigorna stod för nästan en fjärdedel av grovfodrets totala markbehov.

#### 4.3.6 Fördelning mellan mjölk och kött

I resultaten som presenteras för miljöpåverkan och foderkostnader i figurerna ovan har all miljöpåverkan och alla kostnader lagts enbart på levererad mängd mjölk, dvs. någon fördelning mellan mjölk- och kött från utslaktade kor och kalvar är inte gjord. Vad resultatet blir efter en sådan fördelning (allokering) visas för klimatpåverkan i Figur 22. För de andra mjölkkategorierna se resultattabellerna i Bilaga 1. I resultaten för omvandlingseffektiviteten (Figur 19) har det kött som producerats inkluderats i beräkningarna.

En anledning till att vi valt att visa resultat både före och efter allokering är att det i upplägget av de ursprungliga försöken inte fanns några undersökningar av effekt på mängden kött som produceras i de olika utfodringsstrategierna. Därför utgår alla alternativ från samma kalvningsintervall, inkalvnings-ålder, rekryteringsprocent o.s.v. Mängden kött som produceras i de olika alternativen blir därmed densamma. Med viss skillnad i mjölkavkastning blir dock relationen mellan mjölk och kött olika.



Figur 22. Klimatpåverkan per kg energikorrigerad mjölk (ECM, levererad från gård) utan och efter allokering av utsläppen mellan mjölk och kött. Utsläppen omfattar mjölkko inklusive rekryteringskviga. Resultaten ska i första hand jämföras inom varje försök.

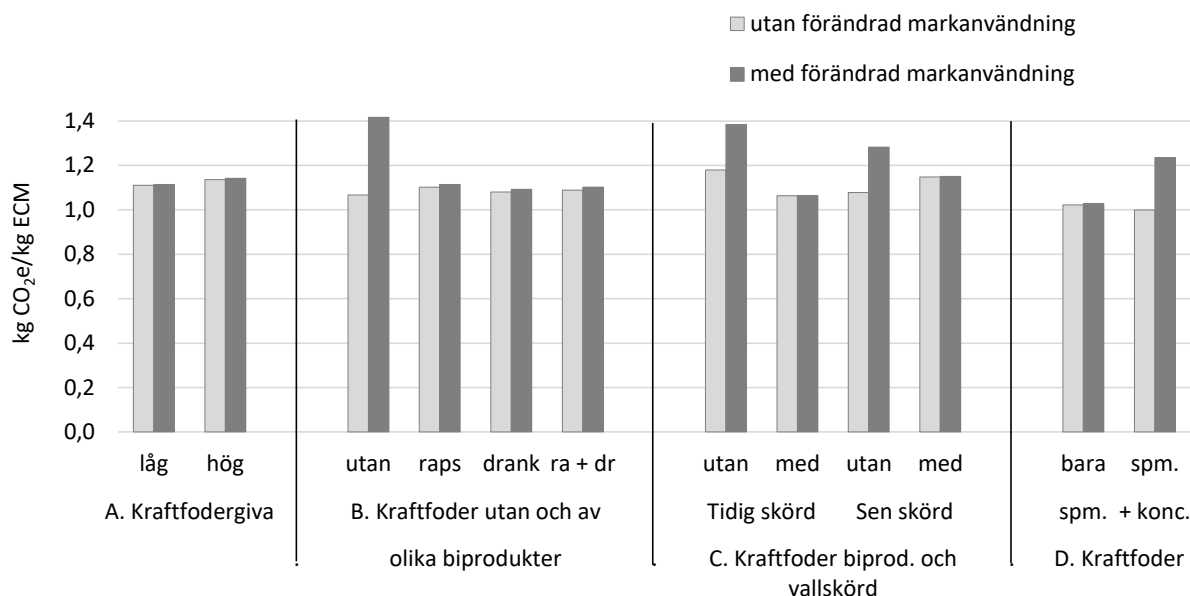
Allokeringsfaktorn kommer att skilja sig åt mellan utfodringsstrategierna eftersom mjölkavkastningen skiljer sig åt. De alternativ som ger en lägre avkastning kommer vid en allokering att få en mindre andel av sin påverkan fördelad till mjölken, jämfört med alternativen med högre avkastning. Variationen mellan de olika strategierna blir dock som mest endast fyra procentenheter (allokeringsfaktor 81 % – 85 %, samma oavsett miljöpåverkanskategori).

Följden blir att en allokering ger en viss utjämnningseffekt mellan vissa strategier. Störst effekt syns bland de strategier som baseras på försök C, där också den största variationen i mjölkavkastning fanns, se exempel för klimatpåverkan i Figur 22. Allokeringen ger dock ingen ändrad slutsats för jämförelserna. En annan anledning till att inte bara visa resultat efter en allokering är att det finns flera olika sätt att göra en sådan allokering på (t.ex. beskrivet av Flysjö, Cederberg, m.fl. (2011)).

#### 4.3.7 Inkludering av förändrad markanvändning i klimatpåverkan

I utfodringsstrategierna som utgjort jämförelse till "biproduktsstrategierna" baseras kraftfodret på spannmål och sojaprodukter. När direkta utsläpp från förändrad markanvändning (dLUC, avsnitt 2.1.2) vid sojaodling inte inkluderades så syntes inga tydliga skillnaderna mellan de olika utfodringsstrategierna.

Bilden blir dock en helt annan om koldioxid från dLUC vid sojaodling inkluderas, se Figur 23, liksom från oljepalm- och solrosodling (dessa har dock mindre inverkan). Då visar utfodringsstrategierna med spannmål och sojaproduktsbaserat kraftfoder klart högre klimatavtryck än strategierna med biproduktskraftfoder. Sojan har i denna studie antagits komma från Brasilien och har därmed höga utsläpp från dLUC, men om istället soja odlad på etablerad åkermark, t.ex. från Italien, skulle användas, så skulle klimatavtrycket för utfodringsstrategi D med proteinkoncentrat inte förändras.



Figur 23. Klimatpåverkan per kg ECM (mjölkko inklusive rekryteringskviga) om man exkluderar eller inkluderar utsläpp från förändrad markanvändning. Utsläpp från förändrad markanvändning är inräknade för sojaprodukter från Brasilien, produkter från palmkärna odlad i Malaysia samt för solrosmjöl (den sista utgör en mycket liten andel av kraftfodret). Resultaten ska i första hand jämföras inom varje försök.

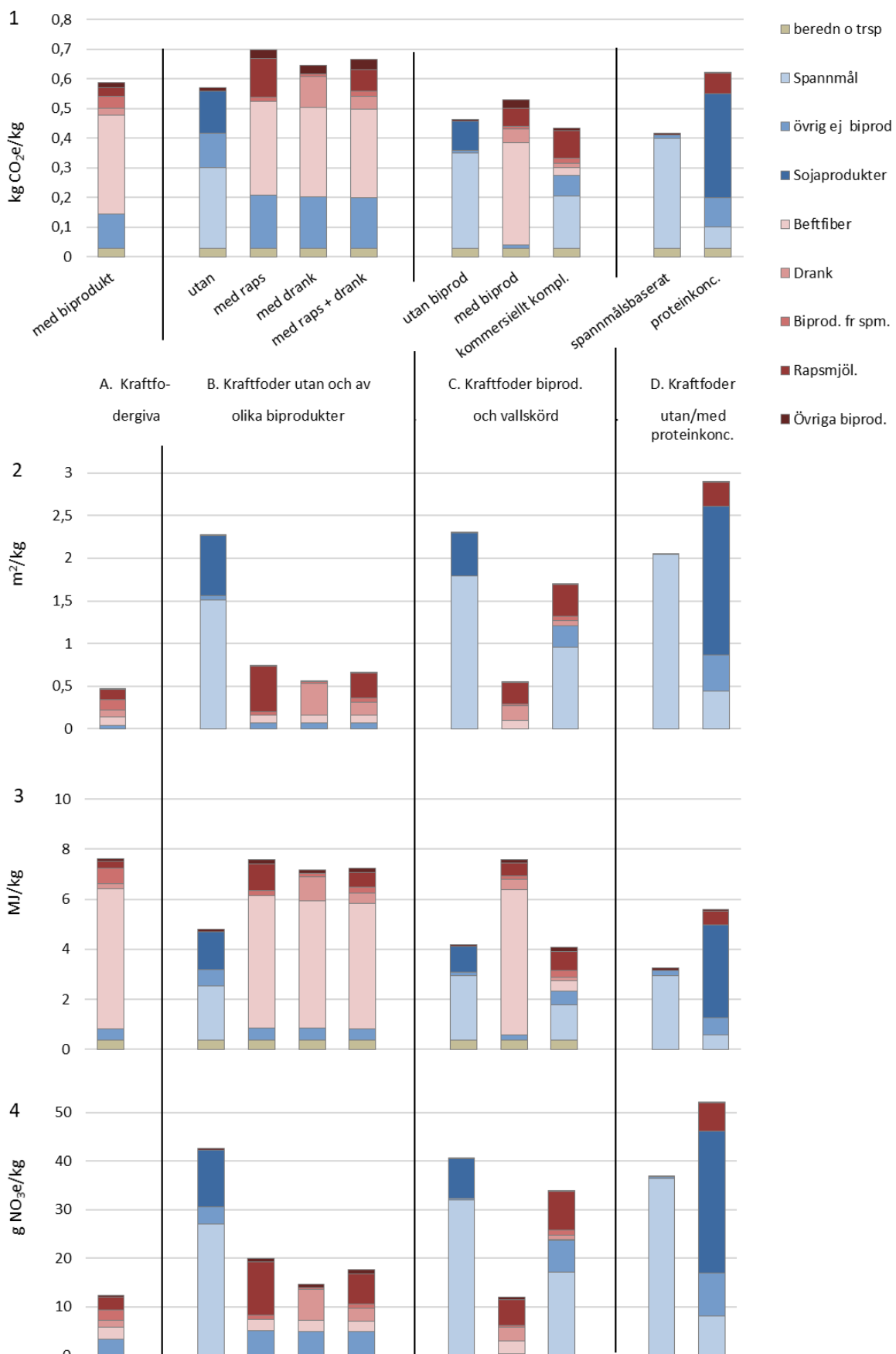
#### 4.3.8 Kraftfoderprodukternas miljöpåverkan

Figur 24 (1-4) visar hur miljöpåverkan ser ut för de kraftfoder som användes i de olika utfodringsförsöken som denna studie bygger på. I försök A användes samma kraftfoder i båda leden. Utöver kraftfodren utan och med biprodukter i utfodringsstrategierna C användes också en liten mängd (ca 10-15 % av total kraftfodermängd) av ett kommersiellt kraftfoder för att locka korna till en mätstation för utandningsluft (samma mängd i alla led). I försök D användes det spannmålsbaserade kraftfodret för sig samt i kombination med ett proteinkoncentrat.

Kraftfoder som i huvudsak utgörs av biprodukter visade här en högre klimatpåverkan än de spannmålsbaserade (Figur 24 - 1). Den högre klimatpåverkan beror bl.a. på hög energianvändning vid torkning av blöta biprodukter, här framför allt betfiber och drank, se Figur 24 - 3. I de värden vi använt för betfor ingick en stor andel naturgas vid torkningen, vilket bidrog till höga värden för energianvändning. Att energianvändningen var lägre för drank beror på att en stor del av energin till torkprocessen var förnyelsebar.

Skillnaden i klimatpåverkan mellan biproduktsbaserade och spannmålsbaserade kraftfoder beror också på att sojaprodukterna i de spannmålsbaserade kraftfodren inte påförts några koldioxidutsläpp från förändrad markanvändning. Skulle detta göras blir bilden den omvända, dvs. högre klimatpåverkan för de spannmåls- och sojabaserade kraftfodren, se Figur 25. Det foderfett som ingår i kraftfodret till utfodringsstrategierna A och B antas vara baserat på palmolja från Malaysia och har därför en hög klimatpåverkan som har förhållandevis stor inverkan. Den största delen av den mellanblå delen ("övriga ej biprodukt") i staplarna i Figur 24 - 1, strategierna A och B, härrör från foderfettets klimatpåverkan.

De biproduktbaserade kraftfodren har sin styrka i att de kräver mindre odlade arealer, eftersom produktionens huvudprodukt (t.ex. socker och raps) får bära den största andelen av markanvändningen.



Figur 24. Klimatpåverkan (1), Markbehov (2), Energianvändning (3) och Övergödning (4) för de olika kraftfoderprodukter som ingått i respektive foderförsök. Klimatpåverkan är exklusive förändrad markanvändning

Eftersom övergödningen har en nära koppling till odlingsareal, så har de biproduktsbaserade fodren också en lägre övergödning än de spannmåls- och sojabaserade kraftfodren.

### Med eller utan förändrad markanvändning

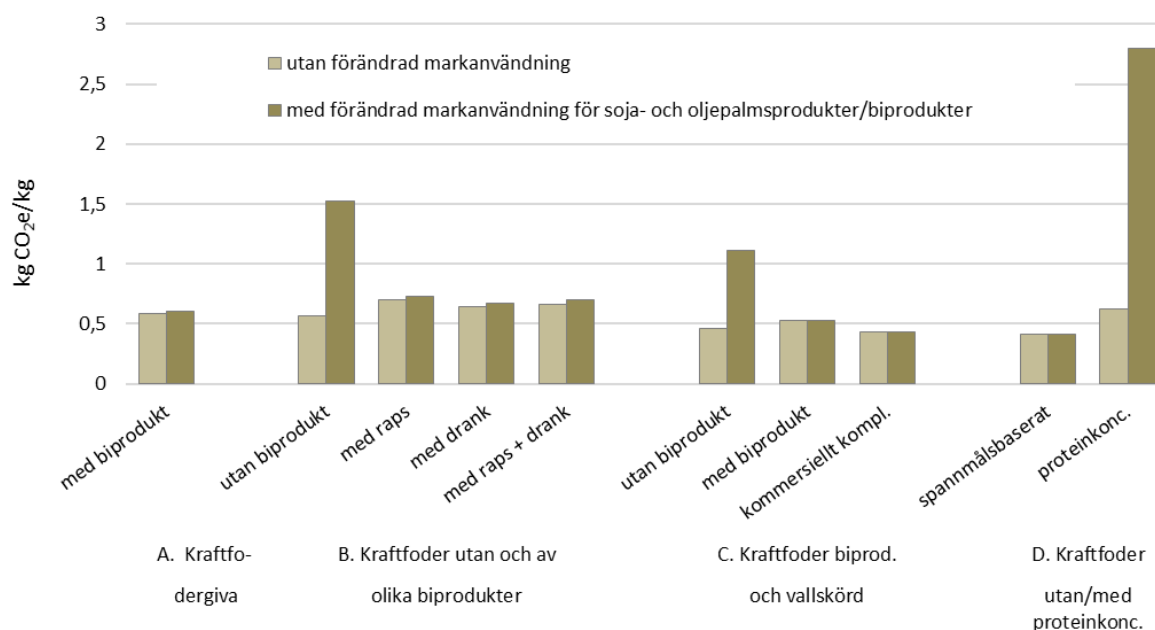
I Figur 25 visar vi hur effekten av att inkludera växthusgasutsläpp orsakade av förändrad markanvändning påverkar kraftfodrens klimatavtryck. Det som slår igenom starkt är sojaprodukterna eftersom vi antagit att dessa importerats från odlingar i Sydamerika (Brasilien) som direkt eller indirekt orsakat uppodling av naturliga betesmarker (Cerrado) och nedhuggning av regnskog. Var i världen och på vilka odlingsmarker sojan har odlats påverkar alltså dess klimatpåverkan, vilket i sin tur kan ha en betydande inverkan på kraftfodrets klimatavtryck.

Proteinkoncentratet i försök D är det kraftfodermedel som innehåller mest sojaprodukter (ca hälften av ts), följt av kontrollkraftfodret i B och det spannmåls- och sojabaserade kraftfodret i C. Dessa tre kraftfoder får också det högsta klimatavtrycket när dLUC inkluderas. Flera biproduktsbaserade kraftfoder innehöll en liten andel (enstaka procent) ingredienser baserade på oljepalm, vilket leder till att deras klimatavtryck ökar marginellt när dLUC inkluderas.

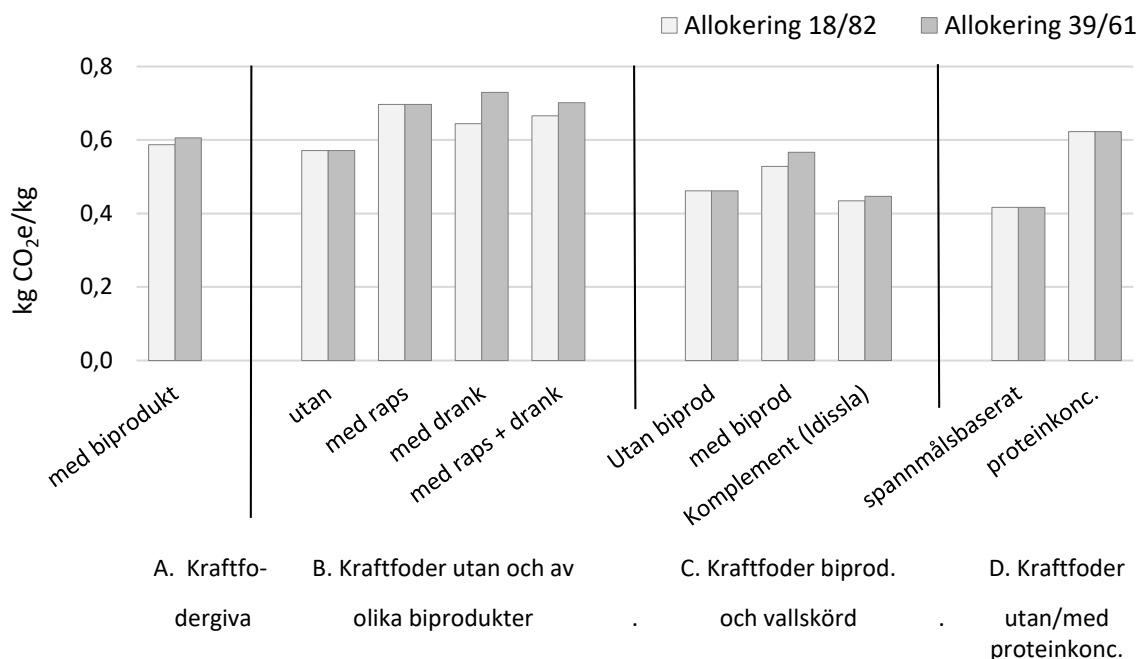
### Fördelning av miljöpåverkan mellan biprodukt och huvudprodukt

När miljöpåverkan ska beräknas för biprodukter, dvs. för en odling som resulterar i flera produkter, behöver man besluta miljöpåverkan ska fördelas (allokeras) mellan dessa produkter. Vi visar här ett exempel på hur valet av allokeringss metod kan påverka resultatet. Vi tar fodermedlet drank från etanol-tillverkning som exempel.

LCA-värdena för drank som använts i denna studie har beräknats genom att miljöpåverkan från odlingen av etanolvetete har allokerats mellan etanol och drank utifrån priset på produkterna, vilket innebar att 18 % av odlingens miljöpåverkan lades på dranken och 82 % på etanolen. Ekonomisk allokering är en vanlig metod, och ska användas när fodermedels miljöavtryck beräknas enligt PEF *feed*. Om allokeringen istället görs utifrån produkternas energiinnehåll, som gjordes i en studie av biobränsle av Ahlgren m.fl. (2011) så skulle drankens klimatpåverkan nästan fördubblas. Energiallokeringen innebar att en större andel, 39 %, allokerades till dranken och 61 % till etanolen. Denna



Figur 25. Skillnaden i klimatpåverkan för olika kraftfoderprodukter om utsläpp från förändrad markanvändning inkluderas.



Figur 26. Skillnader i klimatavtryck för olika kraftfoder beroende på hur allokering av odlingens utsläpp allokerats för drank. Den ljusa stapeln visar resultat vid ekonomisk allokering (18 % av utsläppen från odlingen av etanolvete har allokerats till dranken och 82 % till etanolen enligt Flysjö, Cederberg & Strid (2008)) och den mörka stapeln när allokering baseras på produkternas energiinnehåll (39 % allokerats till dranken och 61 % till etanolen enligt Ahlgren m.fl., (2011))

allokeringsprincip skulle användas när man rapporterade klimatavtrycket av förnybara drivmedel enligt EU:s förnybartdirektiv. Figur 26 visar hur de olika kraftfodrens klimatavtryck förändras beroende på hur allokering gjorts när drankens klimatavtryck beräknats.

Det finns alltså olika allokeringmetoder, och man bör som läsare vara medveten om att olika metoder kan ge olika resultat. Det finns dock standarder och riktlinjer för LCA och miljöavtrycksberäkningar att följa och förhålla sig till, och dessa ger vägledning om vilken metod som ska användas i en viss situation. Flera riktlinjerna är dock avgränsade till vissa produkter eller produktionssystem, och det kan då bli glapp vid överlappande system. Ett exempel är förädlingen av vete som beskrivits ovan. Om etanolens klimatavtryck beräknas enligt EU:s förnybartdirektiv och drankens klimatavtryck enligt PEF *feed* kommer inte miljöpåverkan av veteodlingen helt ha allokerats mellan etanolen och dranken. Det beror på att allokeringprinciperna varit olika och att det i detta fall gynnat båda produkterna.

## 4.4 Sammanfattande slutsatser

De resultat vi särskilt vill lyfta fram vad gäller utfodringsstrategiernas miljöpåverkan är de som rör skillnaderna i kväve- och fosforinnehåll i träck och urin samt resultaten som visar hur stor andel av foderstaterna som skulle kunna användas som livsmedel till människor. Anledningen till att vi vill lyfta fram just dessa är att de till allra största delen är beräknade på faktiska försöksdata och därmed endast marginellt påverkats av indata i form av schablonvärden och antaganden, vilket gör dem unika. Andra beräkningar, såsom om kraftfodrens miljöpåverkan, baserade sig till stor del på redan befintliga data om olika fodermedels miljöpåverkan. Dessa beräkningar innefattade med andra ord många fler antaganden och schablonvärden, och därmed blir också osäkerhets- och variationsintervall för dessa resultat förhållandevis stor.

Studiens inledande hypotes, att mjölkproduktion baserad på grovfoder och biprodukter har en bättre miljömässig hållbarhet än produktion med kraftfoder baserad på spannmål och sojamjöl, måste besvaras med att det beror på vilken miljöpåverkan vi tittar på. Foderstrategierna med biproduktskraftfoder har sin styrka i ett lägre markbehov och mindre bidrag till övergödning. Dessa foderstrategier använder också en tydligt mindre andel av fodermedel som kan användas till livsmedel. Akilleshälen för kraftfodermedel av biprodukter var i denna studie energianvändningen.

Här har vi inte gett något sammanvägt mått på mjölkens miljöpåverkan. För att kunna bedöma en produkts samlade miljöpåverkan hade man behövt vikta ihop flera miljöpåverkanskategorier, vilket bland annat kräver att man behöver ta ställning till om någon/några miljöpåverkanskategorier är viktigare än andra. En sammanvägning blir också problematisk när olika miljöpåverkanskategorier ger motsatta resultat, som t.ex. markbehov och energianvändning i denna studie (Figur 16 och Figur 17). Därför rekommenderas att redovisa olika miljöpåverkanskategorier separat. Det kan också vara så att vissa typer av miljöpåverkan är särskilt viktiga i vissa situationer eller särskilda områden.

#### **4.4.1 Fosfor och kväve i stallgödsel**

Fosfor och kväve har betydelse ur miljö- och ekonomisk synpunkt på flera olika sätt. Fosforbrytning tär på en ändlig resurs. Den ackumulation av fosfor i matjorden som sker om tillförsel via gödsling och betesgödsel är större än grödupptaget har tydliga nackdelar i form av större risk för fosforläckage och övergödning. Produktion av mineralgödselkväve förbrukar stora mängder fossil energi, och odling av proteinfoder har generellt sett relativt stor miljöpåverkan. Kvävets omsättning i mark och stallgödsel ger emissioner av lustgas, ammoniak och nitrat, och generellt sett ökar risken för förluster ju mer kväve som finns i systemet.

Ett sätt att minska miljöbelastningen är att reglera tillförseln av stallgödsel och andra organiska gödselmedel till åkermark. I Jordbruksverkets föreskrift om miljöhänsyn i jordbruket (SJVFS 2004:62) reglerar hur stor spridningsareal som krävs för att sprida stallgödsel. När mjölkgårdars behov av spridningsareal ska bestämmas utgår man i praktiken från de schablonvärden som finns i föreskriften. Alternativet att göra en balansberäkning är ytterst sällan praktiskt genomförbart eftersom kunskapen om faktisk foderåtgång och vallfodrets växtnäringssinnehåll är begränsad. Gödselanalyser har också sina begränsningar eftersom stallgödseln är heterogen, det är svårt att ta representativa prov och det är svårt att bestämma den totala mängden producerad stallgödsel under ett år. Schablonberäkningarna kan till exempel göras med Jordbruksverkets rådgivningsprogram VERA, men det är då värt att veta att de standardvärden för mängd kväve och fosfor som ligger i stallgödselberäkningen i VERA inte är de samma som i föreskriften.

I denna studie har vi kunnat göra balansberäkningar baserade på faktisk foderåtgång i utfodringsförsöken. Resultaten visar att mängden fosfor och kväve i stallgödseln varierade stort mellan försök, och det var också stor avvikelse jämfört med schablonvärdena i föreskriften. Schablonvärdena för mjölkborna är framtagna för olika avkastningsnivåer; ju högre mjölkavkastning desto mer fosfor och kväve utsöndrat i träck och urin per ko och år. Vi kunde dock inte se några tydliga samband mellan mängd växtnäring i stallgödseln och mjölkavkastningen. Det är många andra parametrar, så som fodrets fosfor- och kväveinnehåll samt proteinutnyttjandet, som styr mängden växtnäring som utsöndras i träck och urin. En fråga är då om det är rimligt att mjölkavkastningen ska vara den enda faktorn som beaktas när behovet av spridningsareal beräknas, och om mjölkproducenterna inte ska kunna tillgodoräkna sig åtgärder i utfodringen som minskar stallgödseln innehåll av fosfor.

#### 4.4.2 Foder till djur eller livsmedel till människor?

En viktig sak att ta hänsyn till när man talar om hållbar mjölk- och djurproduktion är hur stor andel av åkerarealen som nyttjas för att producera foder till djuren jämfört med den andel av arealen som används för odling av vegetabilier som kan användas som livsmedel direkt. Här kan biprodukter ge ett viktigt bidrag genom att minska arealbehovet för fodermedel, särskilt i intensiv och högavkastande mjölkproduktion där kraftfoderåtgången kan vara stor. Idisslarna har en särskild fördel i detta sammanhang eftersom de kan utnyttja fiber och enkla kväveföreningar och omvandla dessa till högvärdigt protein i form av kött och mjölk. Vallproduktionen har en viktig funktion i växtföljden oavsett om de ettåriga grödorna är avsedda för livsmedel eller foder.

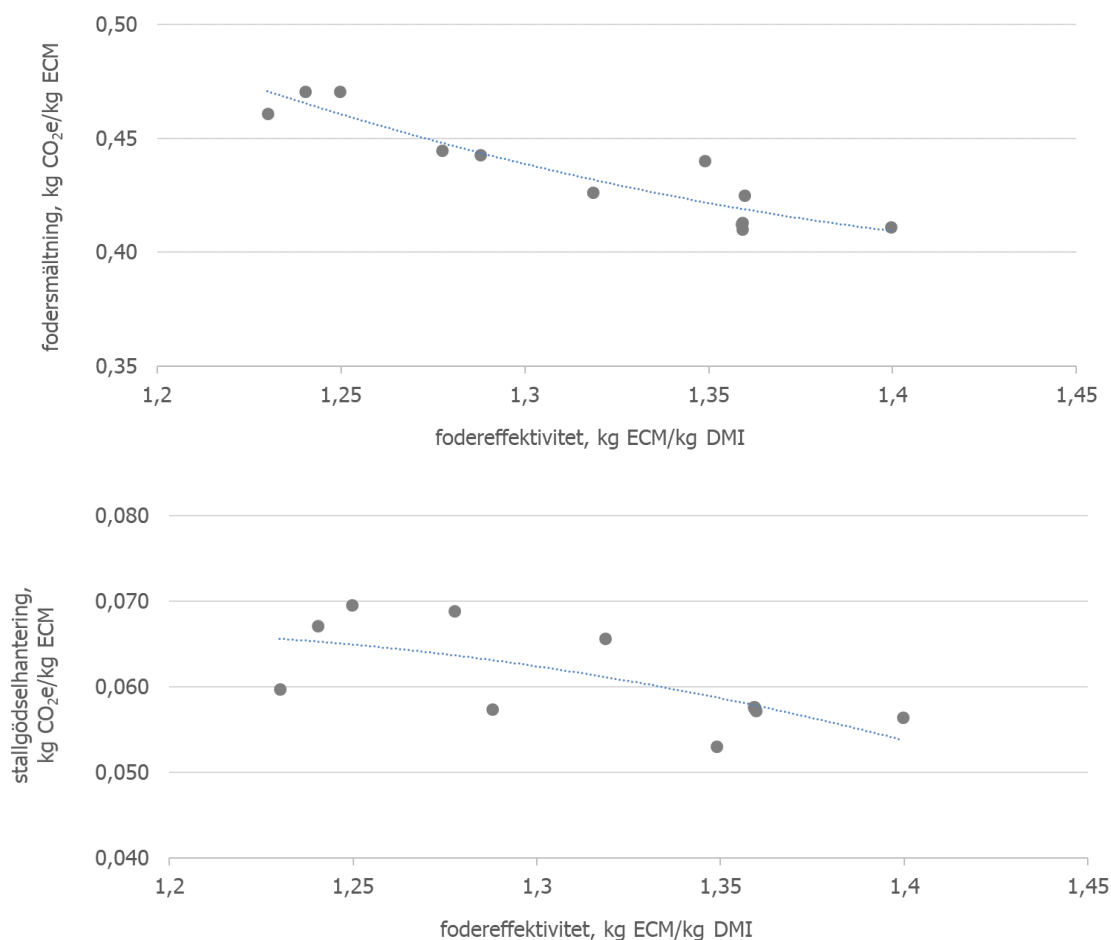
Flera studier (Ertl m.fl., 2015; Ertl m.fl., 2016; Karlsson m.fl., 2018) har visat att när fodereffektivitet definieras som mängden kött och mjölk som produceras dividerat med foderåtgång i form av spannmål etc. som människor skulle kunna äta, visar sig idisslarna vara betydligt effektivare än t.ex. grisar och fjäderfä. Ett annat mått är nettoproduktion av livsmedel, då dras den ingående mängden, av t.ex. foderprotein som människor skulle kunna äta, bort från den mängd protein som producerats i mjölk och kött vilket gör att mängderna av insatta resurser jämfört med vad som kommer ut från produktionen tydliggörs.

#### 4.4.3 Fodereffektivitet

Åtgärder för att förbättra fodereffektiviteten, det kan till exempel handla genom arbete för bättre djurhälsa och bättre foderkvalitet, lyfts i flera sammanhang fram som viktiga även för att nå en mer miljö- och klimateffektiv animalieproduktion. Hög fodereffektivitet har flera miljöfördelar. Foderåtgången per kg mjölk eller kg kött blir lägre, vilket även kan bidra till lägre miljöpåverkan av foderproduktionen. Detta antagande förutsätter dock att effektivitetsförbättringen sker utan att miljöprestandan för foderproduktionen ökar kraftigt på grund av ökad användning av fodermedel med relativt höga miljöavtryck. Att beräkna fodereffektivitet hos idisslare är komplext och i den här rapporten har vi valt att använda det förhållandevis enkla måttet, kg ECM per kg ts konsumerat foder, vilket främst påverkas av produktionsnivå och kornas kroppsvikt. Metanproduktionen hos idisslarna är framför allt kopplad till mängden konsumerat foder, men hög smältbarhet på fodret ger mer metan från fodersmältningen, räknat som g metan per kg ts foder (Ramin & Huhtanen, 2013). En låg metanproduktion kan alltså betyda att kon har en ineffektiv fodersmältning, vilket inte är fördelaktigt eftersom idisslarnas styrka är att de kan utnyttja fiber. Om korna är mycket högavkastande och därmed har ett högre foderintag än i de studier som beskrivits i den här rapporten, kan smältbarheten och därmed fodereffektiviteten minska eftersom passagehastigheten genom våmmen ökar vid höga intag.

Denna studie bekräftar dock bilden av att det finns samband mellan fodereffektivitet (kg ECM/kg ts konsumerat foder) och miljöpåverkan. Två exempel visas i Figur 27 där metanutsläppen från mjölkornas fodersmältning och växthusgasutsläppen från hanteringen av stallgödseln från korna har plottats mot djurens fodereffektivitet. Ju högre fodereffektivitet desto lägre emissioner generellt sett.

Högt utnyttjande av kvävet och energin i fodret bidrar till att det blir mindre kväve och organiskt material i träck och urin, vilket i sin tur kan minska emissionerna från stallgödselhanteringen. När det gäller stallgödselhanteringen ingår både metan (från nedbrytning av organiskt material) och lustgas (från omsättning av kväve i stallgödseln). Om man bara tagit med metanproduktionen från stallgödselhanteringen hade sambandet mellan utsläpp och fodereffektivitet blivit ännu tydligare. Högre smältbarhet på fodret beräknades bidra till mindre mängd organiskt material i stallgödsel och därmed lägre metanemissioner från stallgödselhanteringen. Lustgasemissionerna hänger ihop med mängden kväve i stallgödseln, vilket i sin tur beror på kvävekoncentrationen i fodret och djurens kväveutnyttjande. Kväveutnyttjandet beskrivs dock inte i fodereffektivitetsmättet i Figur 27.



Figur 27. Metanutsläpp från fodersmältningen respektive växthusgasutsläpp från stallgödselhanteringen (uttryckt som kg CO<sub>2</sub>e per kg ECM) plottat mot fodereffektiviteten (uttryckt som kg ECM per kg DMI, d.v.s. ts i konsumerat foder). Beräkningarna avser mjölkorna, exklusive kviga. Punkterna markerar de beräknade värdena för varje utfodringsstrategi, de streckade linjerna är trendlinjer.

#### 4.4.4 Markanvändning

##### Markbehov

Vill man frigöra åkermark till odling av annat än fodergrödor så kan användning av biprodukter bidra till det. Resultaten visar tydligt att spannmål och sojaodling tar betydligt mer mark i anspråk än biprodukterna där det är huvudprodukten (etanolvete, rapsolja och socker) som får bära den största andelen av grödans arealbehov. Detta resonemang bygger dock på att mycket av miljöpåverkan, inklusive markbehov, allokeras till en huvudprodukt. När det gäller markbehov är ändå skillnaden mellan de biprodukts- och spannmålsbaserade kraftfodren så pass stort att utfodringsstrategierna med biproduktskraftfoder skulle falla väl ut även annan allokering.

Att för en mjölkgård enbart odla vall i sin växtföljd är dock inte optimalt. Inslag av ett eller flera år med ettåriga grödor ger t.ex. bättre möjlighet att sprida stallgödsel på ett kväveeffektivt sätt, att bekämpa fleråriga ogräs med mindre bekämpningsmedel samt att undvika att klövern drabbas av till exempel rotrötter. Att så in vallen i en stråsädesgröda ger dessutom generellt bättre etablering av vallen, särskilt om grödan skördas som helsäd för ensilering. Dessa ettåriga grödor kan både vara för foder och livsmedel. För att kunna sprida all stallgödsel enligt lagstadgade begränsningar för fosfor och kväve kan det också finnas behov av mer areal än bara den till vallodling.

### **Vallodling och grovfoderandel i utfodringsstrategierna**

En miljöpåverkan som inte tagits upp i denna studie men som bör nämnas är vallgrödans betydelse i en miljömässigt hållbar mjölk- och djurproduktion. Till skillnad mot andra grödor har vallodling generellt en konstaterat positiv inverkan som tillför flera olika ekosystemtjänster (Cederberg, Henriksson & Rosenqvist, 2018). Resultaten för de fyra miljöpåverkanskategorier som tagits upp i denna rapport kan ge ett intryck av att höga grovfoderandelar är negativt ur miljösynpunkt (utfodringsstrategigrupperna A och D), men så ska resultaten inte tolkas eftersom vallodlingen i sig kan vara mycket positiv i ett miljöperspektiv.

### **Klimatpåverkan orsakad av förändrad markanvändning**

När klimatpåverkan mellan olika utfodringsstrategier ska jämföras har det en avgörande betydelse huruvida utsläpp från förändrad markanvändning (dLUC) inkluderas i beräkningarna eller inte. Det framgick tydligt av resultaten som visas i Figur 23. Utan utsläpp från dLUC blev skillnaden mellan strategierna utan och med biproduktskraftfoder för liten för att kunna konstateras som skillnad. Läggs däremot utsläpp till från dLUC blev skillnaden tydlig. I våra beräkningar antogs sojaprodukterna importerade från Brasilien och utsläppen var således kopplade till odlingarna där. Sojaprodukter till foder kan även komma från sojaodlingar på marker som varit uppodlade under långa tider, t.ex. i Europa eller Nordamerika, och behöver därmed inte vara knutna till koldioxidutsläpp från dLUC. Sverige har t.ex. importerat ekologiska sojafodermedel från Italien.

Utifrån detta resonemang avgör alltså odlingsplatsen för foderråvaran hur mjölkens klimatpåverkan förändras vid övergång från kraftfoder av spannmål och soja till kraftfoder bestående av biprodukter. Man kan också resonera så att soja är en stor och globalt efterfrågad gröda och att efterfrågan på världsmarknaden (oavsett odlingsplats) driver på uppodlingen av ny mark och av den anledningen borde de totala utsläppen av den förändrade markanvändningen fördelas på all sojaodling. Hur man väljer att beräkna dessa utsläpp från förändrad markanvändning påverkar hur vi värderar klimatavtryck mellan olika foderprodukter, t.ex. sojamjöl kontra inhemska proteingrödor. Motsvarande gäller produkter från oljepalmsodling såsom palmkärnkaka och foderfetter baserade på palmolja.

## **4.4.5 Livscykelanalyser**

### **Aspekter på metodvalet**

Livscykelanalyser är en vanligt använd metod för att beskriva en produkts miljöpåverkan, och den passar bra att använda när man vill jämföra olika sätt att producera en viss produkt. I denna studie är det produktion av mjölk med olika foderstrategier som jämförs, och därför är LCA en lämplig metod. Det ska poängteras att syftet med studien inte har varit att beräkna miljöpåverkan för mjölk i ett generellt perspektiv, utan att analysera effekten av olika utfodringsstrategier. Om man istället hade velat jämföra olika drycker, måltider eller kosten hade det också varit möjligt att använda LCA, men med andra anpassningar. Då hade det varit mer relevant med andra funktionella enheter (jämförelsebaser) än ett kg livsmedel, till exempel servering av en näringsberäknad portion eller livsmedel till en vuxen person under ett år. Det är också möjligt att ta med andra och fler miljöpåverkanskategorier i en LCA än vad vi gjort. Det pågår även utveckling inom miljösystemanalys- och LCA-området bland annat kring hur biologisk mångfald ska kunna inkluderas.

### **Datakvalitet**

Viktigt att ha i åtanke vid tolkning av resultaten är att beräkningarna av kraftfodrens miljöpåverkan baserats på befintliga LCA-beräkningar som skiljer sig åt i avseende på tidsaspekt (när de utförts) samt hur (metod) de beräknats och av vem. För en så korrekt jämförelse som möjligt är det bäst när beräkningar har utförts med samma metodval och vid ungefär samma tidsperiod. Foderråvarornas ursprung (var i världen de har odlats), hur de har odlats, vilken energikälla som använts när de processats m.m.

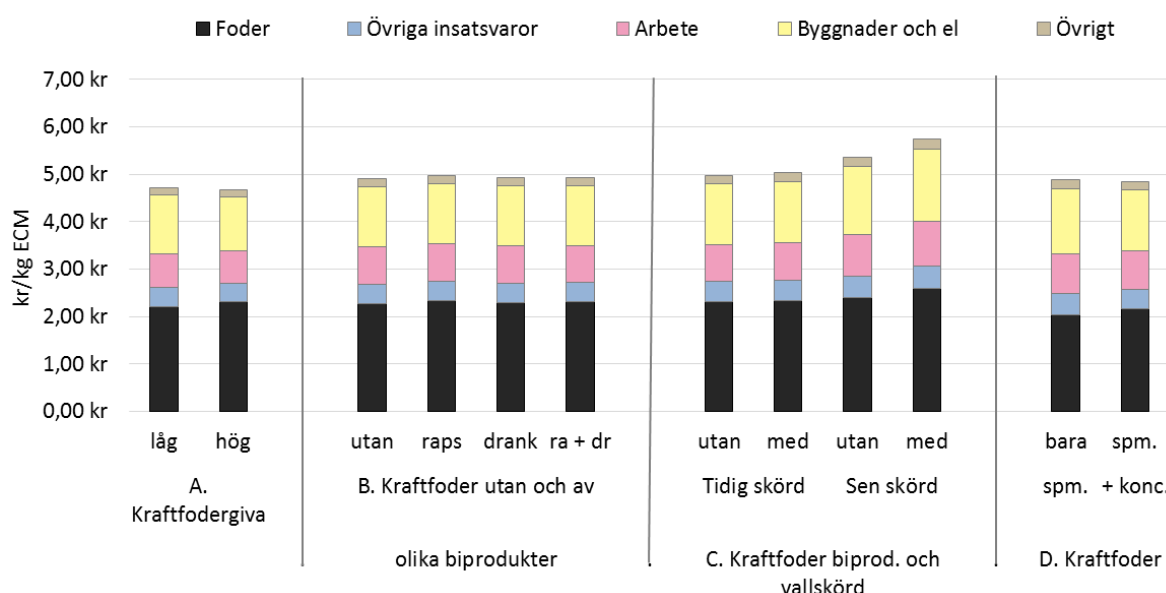
är föränderligt över tid. Eftersom dessa parametrar är betydelsefulla för fodermedlens miljöpåverkan kommer dessa också att förändras över tid. Ett exempel är betfiber. LCA-värdena för betfiber som användes i denna studie var beräknade för en produktion där i huvudsak naturgas användes för att torka betfibern. Om energikällan istället skulle utgöras av biobränsle skulle betfiberns klimatpåverkan och användning av fossil energi kunna förändras mycket. Ett annat exempel är foderfett. AAK i Karlshamn som processar rapsfrö och producerar oljebaserade produkter har alldeles nyligen tagit fram nya LCA-värden (konfidentiella) för palmoljebaserade foderfetter som ligger lägre än de vi använde i denna studie för klimatpåverkan (Holmqvist, 2019). Jordbruksverket och foderindustrin har nyligen startat ett arbete med att uppdatera LCA-värden för svenska fodermedel, men ännu finns inga resultat att tillgå. De resultat som redovisas här får därmed ses som de bästa möjliga att använda i dagsläget, men det är viktigt att komma ihåg att de är variabla.

#### 4.4.6 Ekonomi

Med de olika utfodringsstrategier som ingått i dessa beräkningar, och förutsatt de antaganden som gjorts, ökar inte foderkostnaderna per kg ECM av vare sig användning av mer biprodukter i kraftfoder, eller användandet av låga givor kraftfoder. De skillnader som syntes i foderkostnaderna är marginella och beror mestadels på variationer i foderutnyttjande som inte visade signifikans i de bakomliggande försöken.

De biprodukter som har använts i projektet ingår alla i torra kraftfoderblandningar som tillverkas på foderfabrik. Det innebär att de kan användas utan förändringar av gårdens infrastruktur eller inomgårdsmekanisering. Vid användning av blöta biprodukter kan det uppstå helt andra behov av investeringar i maskiner och byggnader för att kunna hantera fodermedlet på gården.

Kostnader för foder utgör vanligen runt 50 % av de totala kostnaderna på en mjölkgård. Övriga kostnader som förekommer i produktionen är till största delen opåverkade av val av utfodringsstrategi



Figur 28. Totala foderkostnader (produktionskostnad för egenproducerat grovfoder och inköpspris för kraftfoder), samt övriga kostnadsposter i produktionsgrenen mjölk. Samtliga kostnadsposter inkluderar kor och rekryteringskvigor under ett år, fördelat per kg energikorrigerad mjölk (ECM, levererad från gård). Dessa kostnader ska täckas av avräkningspriset på mjölk samt övriga intäkter i form av livkalvar, utslagskor, stöd med mera. Ingen allokering har skett mellan mjölk och kött. Resultaten ska i första hand jämföras inom varje försök.

eller avkastningsnivå, inom de intervall som ingår i denna rapport. Med oförändrad kostnad på gårdsnivå blir således de övriga kostnaderna högre per kg ECM vid lägre avkastningsnivåer. Detta åskådliggörs i ett exempel i Figur 28 nedan. Storleken på kostnader för framför allt arbete och byggnader varierar stort mellan olika gårdar, och detta skall därför bara ses som ett exempel.

För att utvärdera den ekonomiska effekten av en foderstat på en enskild gård krävs det alltid att produktionskostnaden för grovfoder är noggrant beräknad för det specifika fallet. Detta blir än viktigare i alternativen med sänkt kraftfodergiva. För gårdar som kan hålla en låg produktionskostnad för grovfoder kan det alternativet visa sig vara ekonomiskt fördelaktigt.



## 5 Referenser

- Ahlgren, S. et al. (2011) *Greenhouse gas emissions from cultivation of agricultural crops for biofuels and production of biogas from manure - Implementation of the Directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources*. Dnr SLU ua 12-4067/08, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Berglund, M. m.fl. (2013) *Klimatavtryck av insatsvaror i jordbruket - ungnöt, smågrisar, gyltor och strömedel*. Rapport från Hushållningssällskapet Halland.
- Blonk Consultants (2018) *Agri-footprint 4.0*. <http://www.agri-footprint.com/>.
- BSI (2012) *Assessment of life cycle greenhouse gas emissions from horticultural products Supplementary requirements for the cradle to gate stages of GHG assessments of horticultural products undertaken in accordance with PAS 2050*. PAS 2050-1:2012. Publicly Available Specification
- Cederberg, C. & Ericson, L. (2007) *Livscykelanalys (LCA) av norrländsk mjölkproduktion*. SIK-rapport 761, The Swedish Institute for Food and Biotechnology. Göteborg.
- Cederberg, C. & Flysjö, A. (2004) *Life Cycle Inventory of 23 Dairy Farms in South-Western Sweden*. SIK-rapport Nr 728, The Swedish Institute for Food and Biotechnology. Göteborg.
- Cederberg, C. & Mattsson, B. (2000) *Life cycle assessment of milk production – a comparison of conventional and organic farming*. Journal of Cleaner Production, 8: 49–60.
- Cederberg, C. (2019) under publicering,  
<http://proj.formas.se/detail.asp?arendeid=8480&x=250&y=20&sprak=1&redovisning=0>.
- Cederberg, C. et al. (2009) *Greenhouse gas emissions from Swedish consumption of meat, milk and eggs 1990 and 2005*. SIK report No 793, The Swedish Institute for Food and Biotechnology. Göteborg.
- Cederberg, C., Henriksson, M. & Rosenqvist, H. (2018) *Ekonomi och ekosystemtjänster i gräsbaserad mjölk- och nötköttsproduktion*. Avd. Fysisk resursteori, Chalmers tekniska högskola. Göteborg.
- EDA (2018) *Product Environmental Footprint Category Rules for Dairy Products*. Version 1.0.25 April 2018. The European Dairy Association (EDA), Bryssel, Belgien.
- Ertl, P. m.fl. (2015) *Feeding of by-products completely replaced cereals and pulses in dairy cows and enhanced edible feed conversion ratio*. Journal of Dairy Science, 98(2): 1225–1233.
- Ertl, P. m.fl. (2016) *Feeding of wheat bran and sugar beet pulp as sole supplements in high-forage diets emphasizes the potential of dairy cattle for human food supply*, Journal of Dairy Science, 99(2): 1228–1236.
- European Commission (2017) *PEFCR Guidance document, - Guidance for the development of Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCRs)*. version 6.3, December 14 2017.
- FAO (2010) *Livestock in the balance: The state of food and agriculture 2009*.  
<http://www.fao.org/3/a-i0680e.pdf>.
- FAO (2016) *Environmental performance of large ruminant supply chains: Guidelines for assessment*. Livestock Environmental Assessment and Performance Partnership. FAO, Rome, Italy.
- EDF European Dairy Farmers (2018) *Cost of production comparison 2015-2018*.
- Flysjö, A., Cederberg, C. & Strid, I. (2008) *LCA-databas för konventionella fodermedel - miljöpåverkan i samband med produktion*. SIK-rapport 772, Institutet för livsmedel och bioteknik. Göteborg.

- Flysjö, A., Cederberg, C., m.fl. (2011) *How does co-product handling affect the carbon footprint of milk? Case study of milk production in New Zealand and Sweden*, International Journal of Life Cycle Assessment, 16(5): 420–430.
- Flysjö, A., Henriksson, M., m.fl. (2011) *The impact of various parameters on the carbon footprint of milk production in New Zealand and Sweden*. Agricultural Systems, 104(6): 459–469.
- Foley, J. A. m.fl. (2011) *Solutions for a cultivated planet*. Nature, 478: 337–342.
- Forster, P. m.fl. (2007) *Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing*, in Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- Gerber, P. m.fl. (2010) *Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector – a Life Cycle Assessment*, Animal Production and Health Division, FAO.
- Gundberg, Andreas. (2018) Personligt meddelande, dec 2018. Lantmännen Agroetanol.
- Gustavsson, A.-M. (2017) *Kvävegödslingsstrategier till gräs- och blandvall - Fortune*, i Vallkonferens 2017. Uppsala: Inst. för växtproduktionsekologi, Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Gustavsson, Anne-Maj. (2018) Personligt meddelande. Institutionen för norrländsk jordbruksvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet.
- Henriksson, M. (2014) *Greenhouse gas emissions from Swedish milk production*. Doctoral Thesis, Acta Universitatis agriculturae Sueciae 2014:28, Swedish University of Agricultural Sciences Alnarp 2014
- Henriksson, M. m.fl. (2011) *Variation in carbon footprint of milk due to management differences between Swedish dairy farms*, Animal, 5(9): 1474–1484.
- Henriksson, M., Cederberg, C. & Swensson, C. (2012) *Impact of cultivation strategies and regional climate on greenhouse gas emissions from grass / clover silage*, Acta Agriculturae Scandinavica A: Animal Sciences 62(4): 233–237.
- Henriksson, M., Cederberg, C. & Swensson, C. (2014) *Carbon footprint and land requirement for dairy herd rations: Impacts of feed production practices and regional climate variations*, Animal, 8(8): 1329–1338.
- Holmqvist, Anders. (2019) Personligt meddelande februari 2019. AAK Sweden AB.
- Huhtanen, P. m.fl. (2008) *Utilization and Partition of Dietary Nitrogen in Dairy Cows Fed Grass Silage-Based Diets*, Journal of Dairy Science, 91(9): 3589–3599.
- Hushållningssällskapet (2017) *Produktionsgrenskalkyler för växtodling, Efterkalkyler för år 2016 – Södra Sverige*.
- IDF (2015) *A common carbon footprint approach for the dairy sector - The IDF guide to standard life cycle assessment methodology*, Bulletin of the International Dairy Federation. Bryssel, Belgien.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2015) *Introductory Chapter*, in Climate Change 2014 Mitigation of Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, s. 111–150. doi: 10.1017/CBO9781107415416.007.
- IPCC (2006) *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Chapter 11: N<sub>2</sub>O Emissions from Managed Soils, and CO<sub>2</sub> Emissions from Lime and Urea Application*. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K. IGES, Japan.

- Johnsson, H. m.fl. (2016) *Läckage av näringsämnen från svensk åkermark – Beräkningar av normalläckage av kväve och fosfor för 2013*. SMED Rapport Nr 189, Svenska MiljöEmissionsData.
- Jordbruksverket (2004) *Statens jordbruksverks föreskrifter och allmänna råd om miljöhänsyn i jordbruket vad avser växtnäring*. SJVFS 2004:62. Senast ändrad SJVFS 2015:11, omtryck.
- Jordbruksverket (2017) *Riktlinjer för gödsling och kalkning 2018*. Jordbruksinformation 4. Jönköping, Sweden.
- Jordbruksverket (2018a) *Jordbruksverkets statistikdatabas*, <http://www.jordbruksverket.se/etjanster/etjanster/etjansterforutvecklingavlandsbygden/statistikdatabas>
- Jordbruksverket (2018b) *Rekommendationer för gödsling och kalkning 2019*, Jordbruksinformation 18. Jönköping.
- Jordbruksverket (2019) *VERA beräkningsverktyg för gårdens resurser och miljöpåverkan*, <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/vaxtnaring/berakningsverktygetvera>.
- Karlsson, J. m.fl. (2018) *Replacing human-edible feed ingredients with by-products increases net food production efficiency in dairy cows*, Journal of Dairy Science, 101(8): 7146–7155.
- Kvarnmo, P. & Börling, K. (2017) *Kväverekomendationer till slåttervall*, i Vallkonferens 2017, s 36–39. Uppsala: Inst. för växtproduktionsekologi, Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Kätterer, T. m.fl. (2012) *Strategies for carbon sequestration in agricultural soils in northern Europe*, Acta Agriculturae Scandinavica, Section A – Animal Science, 62(4): 181–198.
- Liljeholm, M., Bertilsson, J. & Strid, I. (2009) *Närproducerat foder till svenska mjölkkor – miljöpåverkan från djur*, Rapport 273 Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Maskinkalkylgruppen & HIR-Skåne (2017) *Maskinkostnader 2017, underlag och kalkylexempel för lantbruksmaskiner*.
- Mogensen, L. m.fl. (2018) *Bæredygtighedsparametre for konventionelle fodermidler til kvæg - metode og tabelværdier*, DCA rapport 116, DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug Aarhus, Danmark.
- Myhre, G. m.fl. (2013) *Anthropogenic and Natural Radiative Forcing*. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- Naturvårdsverket (2018) *Informative Inventory Report Sweden 2018*. Stockholm.
- Nielsen, N. I. m.fl. (2013) *A prediction equation for enteric methane emission from dairy cows for use in NorFor*, Acta Agriculturae Scandinavica A: Animal Sciences 63(3):126-130.
- Nordqvist, M. (2012) *Assessing phosphorus overfeeding in dairy cows*. Licentiate Thesis. Report 279. Department of Animal Nutrition and Management. Swedish University of Agricultural Sciences.
- Pang, D. m.fl. (2018) *Effect of grain- or by-product-based concentrate fed with early- or late-harvested first-cut grass silage on dairy cow performance*, Journal of Dairy Science, 101(8): 7133–7145.
- Patel, M. m.fl. (2017) *Whole lactation production responses in high-yielding dairy cows using high-quality grass/clover silage*, Journal of the Science of Food and Agriculture, 97(9): 2883–2890.
- PEFCR (2018) *PEFCR Feed for food producing animals*. First public version, April 2018

- Ramin, M. & Huhtanen, P. (2013) *Development of equations for predicting methane emissions from ruminants*. Journal of Dairy Science, 96: 2476-2493.
- RISE (2013) *Livscykelanalys av foder med klimatavtryck*. <http://lcadatafoder.se/> Göteborg.
- Röös, E. m.fl. (2016) *Limiting livestock production to pasture and by-products in a search for sustainable diets*, Food Policy, 58: 1–13.
- Spörndly, R. (2003) *Fodertabeller för idisslare*. Rapport 257. Institutionen för husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Spörndly, R. (2018) *Mål för foderkvalitet. Skördeuppskattning. Ensilering.*, <http://www.greppa.nu/download/18.77a75adf157956a476d51886/1475747713124/01+Målbeskrivning+grovfoder%2C+ensilering+Rolf+Spörndly.pdf>.
- Swensson, C. m.fl. (2017) *Protein efficiency in intensive dairy production: a Swedish example*, Journal of the Science of Food and Agriculture, 97(14): 4890-4897.
- Wilkinson, J. M. (2011) *Re-defining efficiency of feed use by livestock*, Animal, 5(07): 1014–1022.
- Volden, H. (2011) *NorFor-The Nordic feed evaluation system*, European Association for Animal Production. doi: 10.3920/978-90-8686-718-9.
- Växa Sverige (2017) *Husdjursstatistik*. Uppsala.
- Öhman, Kajsa. (2018) Lantmännen Lantbruk. Personligt meddelande 2018-10-11.

# Bilaga 1 Indata

Tabell 7. De olika utfodringsförsöken som ligger till grund för miljöpåverkans- och ekonomiberäkningar. Visar mjölkornas årliga foderintag samt mjölkavkastning.

| Foderstat                    | enhet    | Kraftfoder av biprodukter |          | Kraftfoder utan och av olika biprodukter |        |        |              | Kraftfoder utan och av biprodukt- |       |           |       | Kraftfoder utan och med proteinkonc. |       |
|------------------------------|----------|---------------------------|----------|------------------------------------------|--------|--------|--------------|-----------------------------------|-------|-----------|-------|--------------------------------------|-------|
|                              |          | låg giva                  | hög giva | utan                                     | raps   | drank  | raps + drank | Tidig skörd                       |       | Sen skörd |       | utan <sup>a</sup>                    | med   |
|                              |          |                           |          |                                          |        |        |              | utan                              | med   | utan      | med   |                                      |       |
| Totalt foderintag            | kg ts/år | 7 908                     | 8 606    | 7 403                                    | 7 406  | 7 406  | 7 407        | 7 735                             | 7 402 | 6 939     | 6 819 | 6 828                                | 7 061 |
| Andel biprodukt i kraftfoder | %        | 93                        | 94       | 23                                       | 95     | 95     | 96           | 20                                | 89    | 20        | 88    | 2                                    | 23    |
| <b>Foder</b>                 |          |                           |          |                                          |        |        |              |                                   |       |           |       |                                      |       |
| Grovfoder                    | %        | 83                        | 70       | 60                                       | 60     | 60     | 60           | 64                                | 64    | 63        | 64    | 70                                   | 62    |
| <b>Kraftfoder</b>            |          |                           |          |                                          |        |        |              |                                   |       |           |       |                                      |       |
| Spannmål                     | %        | -                         | -        | 28                                       | -      | -      | -            | 27                                | 2     | 28        | 3     | 29                                   | 27    |
| Övr. ej biprod. <sup>b</sup> | %        | 1,2                       | 1,8      | 3,1                                      | 1,8    | 2,0    | 1,7          | 1,2                               | 1,5   | 1,4       | 1,7   | 0,9                                  | 2,4   |
| Biprod. Spm <sup>c</sup>     | %        | 3                         | 6        | -                                        | 3      | 1      | 3            | 0,4                               | 2     | 1         | 2     | -                                    | -     |
| Betfiber                     | %        | 10                        | 17       | -                                        | 21     | 20     | 20           | 0,2                               | 18    | 0,2       | 18    | -                                    | -     |
| Drank                        | %        | 1                         | 2        | -                                        | -      | 14     | 6            | 0,2                               | 5     | 0,3       | 5     | -                                    | -     |
| Rapsmjöl <sup>d</sup>        | %        | 1                         | 2        | -                                        | 12     | -      | 7            | 1                                 | 5     | 1         | 6     | -                                    | 2     |
| Sojaprodukter <sup>e</sup>   | %        | -                         | -        | 8                                        | -      | -      | -            | 4                                 | -     | 4         | -     | -                                    | 6     |
| Övriga biprod. <sup>f</sup>  | %        | 0,6                       | 1,0      | 1,2                                      | 2,0    | 2,0    | 2,4          | 0,7                               | 1,6   | 0,7       | 1,6   | 0,6                                  | 0,6   |
| <b>Mjölkavkastning</b>       |          |                           |          |                                          |        |        |              |                                   |       |           |       |                                      |       |
| producerad                   | kg ECM   | 9 882                     | 10 675   | 10 065                                   | 10 065 | 10 065 | 10 065       | 9 882                             | 9 760 | 8 937     | 8 388 | 9 211                                | 9 882 |
| levererad <sup>g</sup>       | kg ECM   | 9 190                     | 9 928    | 9 360                                    | 9 360  | 9 360  | 9 360        | 9 190                             | 9 077 | 8 311     | 7 801 | 8 566                                | 9 190 |

a) dvs. enbart spannmål

b) rapsfrö, majs kärna, grönmjöl pellets, fett, mineraler

c) kli och fodermjöl

d) även Expro, dvs värmebehandlat rapsmjöl

e) sojamjöl, sojaexpeller, sojaböna

f) ingred i kraftfodret som utgör <5%, dvs. melass, palmexpeller, solrosmjöl, ärtrester

g) 93 procent av producerad antas levereras till mejeri

Tabell 8. Indata till beräkning av foderkostnad för mjölkorna i de olika foderstrategierna. Därutöver tillkommer foderkostnad för rekryteringsdjur.

| Utfodringsstrategi                                                       | Ensilage |          | Halm  |          | Kraftfoder 1 |          | Kraftfoder 2 |          | Mineralfoder |         |
|--------------------------------------------------------------------------|----------|----------|-------|----------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|---------|
|                                                                          | kg ts    | kr/kg ts | kg ts | kr/kg ts | kg ts        | kr/kg ts | kg ts        | kr/kg ts | kg           | kr/kg   |
| <b>A. Kraftfoder av biprodukter</b>                                      |          |          |       |          |              |          |              |          |              |         |
| låg giva                                                                 | 6445     | 1,90 kr  | 98    | 0,70 kr  | 1340         | 3,09 kr  |              |          |              |         |
| hög giva                                                                 | 5927     | 1,89 kr  | 98    | 0,70 kr  | 2557         | 3,09 kr  |              |          |              |         |
| <b>B. Kraftfoder utan och av olika biprodukter</b>                       |          |          |       |          |              |          |              |          |              |         |
| utan biprod.                                                             | 4355     | 1,91 kr  | 82    | 0,70 kr  | 2966         | 3,18 kr  |              |          |              |         |
| med raps                                                                 | 4357     | 1,91 kr  | 83    | 0,70 kr  | 2966         | 3,34 kr  |              |          |              |         |
| med drank                                                                | 4357     | 1,91 kr  | 83    | 0,70 kr  | 2966         | 3,20 kr  |              |          |              |         |
| raps + drank                                                             | 4357     | 1,91 kr  | 84    | 0,70 kr  | 2966         | 3,23 kr  |              |          |              |         |
| <b>C. Kraftfoder utan och av biprodukter vid olika tid för vallskörd</b> |          |          |       |          |              |          |              |          |              |         |
| <i>Tidig skörd</i>                                                       |          |          |       |          |              |          |              |          |              |         |
| utan biprod.                                                             | 4861     | 1,89 kr  | 124   | 0,70 kr  | 2386         | 3,15 kr  | 366          | 2,67 kr  |              |         |
| med biprod.                                                              | 4652     | 1,90 kr  | 122   | 0,70 kr  | 2264         | 3,40 kr  | 366          | 2,67 kr  |              |         |
| <i>Sen skörd</i>                                                         |          |          |       |          |              |          |              |          |              |         |
| utan biprod.                                                             | 4400     | 1,93 kr  |       |          | 2142         | 3,15 kr  | 397          | 2,67 kr  |              |         |
| med biprod.                                                              | 4341     | 1,93 kr  |       |          | 2051         | 3,40 kr  | 427          | 2,67 kr  |              |         |
| <b>D. Kraftfoder utan och med proteinkoncentrat</b>                      |          |          |       |          |              |          |              |          |              |         |
| enbart spannmål                                                          | 4662     | 1,93 kr  | 84    | 0,70 kr  | 2082         | 2,26 kr  |              |          | 24,4         | 8,00 kr |
| spm + prot.konc.                                                         | 4318     | 1,90 kr  | 75    | 0,70 kr  | 1831         | 2,26 kr  | 836          | 4,56 kr  | 24,4         | 8,00 kr |

Tabell 9. Använda produkter i beräkningarna, fodermedlens uppdelning i icke.biprodukt och biprodukt och samt datakällor för produkternas miljöpåverkansvärden.

| Produkter                                    | Datakälla och kommentar                                                                                  |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Handelsgödsel</b> (kväve, fosfor, kalium) | Antagit att 60 % N-gödseln producerats med lustgasrening, resten utan rening. (Blonk Consultants, 2018). |
| <b>Andra insatsvaror vallodling</b>          |                                                                                                          |
| kalk (CaO) och plast till ensilering         | (Blonk Consultants, 2018)                                                                                |
| Konserveringsmedel ensilage                  | (Flysjö m.fl. 2008)                                                                                      |
| <b>Energi</b>                                |                                                                                                          |
| diesel                                       | (Blonk Consultants, 2018)                                                                                |
| smörjolja = diesel                           |                                                                                                          |
| Elektricitet, Sverige                        | (Blonk Consultants, 2018)                                                                                |
| Transport av foder                           | Transport 100 km till gård (Blonk Consultants, 2018).                                                    |
| Foderberedning                               | Foderfabrik (Blonk Consultants, 2018)                                                                    |
| <b>Foder<sup>a</sup></b>                     |                                                                                                          |
| Spannmål (korn, havre, vete)                 | (RISE, 2013)                                                                                             |
| Rapsfrö (helt)                               | (RISE, 2013)                                                                                             |
| Sojamjöl/expeller                            | Från Brasilien (Blonk Consultants, 2018)                                                                 |
| Sojaböna                                     | Från Italien (Blonk Consultants, 2018)                                                                   |
| Majs kärna                                   | (Mogensen m.fl., 2018)                                                                                   |
| Vetekli                                      | Bipr. <sup>b</sup> (Flysjö m.fl. 2008)                                                                   |
| Vetefodermjöl =vetekli                       | Bipr.                                                                                                    |
| Havrekli = vetekli                           | Bipr.                                                                                                    |
| Havremjöl, kokt =vetekli                     | Bipr.                                                                                                    |
| Betfiber                                     | Bipr. (Mogensen m.fl., 2018)                                                                             |
| Melass                                       | Bipr. (Mogensen m.fl., 2018)                                                                             |
| Agrodrank (90) medel                         | Bipr. (Flysjö m.fl. 2008)                                                                                |
| ExPro                                        | Bipr. (RISE, 2013)                                                                                       |
| Rapsmjöl = Expro                             | Bipr.                                                                                                    |
| Solrosmjöl                                   | Bipr. (Blonk Consultants, 2018)                                                                          |
| Oljepalm expell, palmkaka                    | Bipr. Malaysia (75 %) och Indonesien (25 %) (Blonk Consultants, 2018)                                    |
| Ärtrester = vetekli                          | Bipr.                                                                                                    |
| Maltgroddpellets                             | Bipr. (Mogensen m.fl., 2018)                                                                             |
| Grönmjölpellets                              | Bipr. (Mogensen m.fl., 2018)                                                                             |
| Vegetabiliskt fett <sup>g</sup>              | baserat på PFAD <sup>c</sup> från Malaysia (Blonk Consultants, 2018)                                     |
| Medel mineral                                | (Flysjö m.fl. 2008; Blonk Consultants, 2018)                                                             |
| Lignobond, = mineral                         |                                                                                                          |
| Halm                                         | (Berglund m.fl., 2013)                                                                                   |
| Bete åkermark                                | Exklusiv N <sub>2</sub> O o CH <sub>4</sub> från träck på bete (RISE, 2013)                              |

a) vid foderfabrik, dvs. före foderberedning och transport till gård

b) Behandlats som biprodukt i denna studie

c) Palm fatty acid destilate

## Bilaga 2 Potentiell klimatpåverkan

I kategorin potentiell klimatpåverkan ingår i huvudsak utsläpp av koldioxid (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) och lustgas (N<sub>2</sub>O). Utsläppen av växthusgaser räknas om till enheten koldioxidekvivalenter (CO<sub>2</sub>e) i ett hundraårsperspektiv (GWP<sub>100</sub>) enligt IPCC, 2013 (Myhre m.fl., 2013), se Tabell 10.

Notera att det finns två olika värden för metan och koldioxid beroende på växthusgasens och kolets ursprung. Utsläpp av koldioxid från fossila källor ger ett nettotillskott av koldioxid till atmosfären, och räknas därmed ge en påverkan på klimatet. Detta gäller även koldioxid som frigörs när nuvarande markanvändning eller förändringar i markanvändningen innebär att stora mängder kol som varit bundna i mark och biomassa bryts ner till koldioxid, och om kolförrådet i mark och biomassa inte kommer att återställas under överskådlig tid. Det gäller till exempel vid odling på dikade torvmarker där nedbrytningen av det organiska materialet är mycket hög. Det gäller även när skog i tropikerna röjs för att skapa betes- eller åkermark, och stora mängder kol frigörs. Kolförrådet i mark och biomassa i sådana skogsmarker är mycket högre än i betes- och åkermark, och skogen skulle behöva växa upp igen för att kolförrådet skulle återställas. Kol och koldioxid som ingår i ett kretslopp, till exempel kol som via fotosyntesen binds in i en gröda och som sedan återgår som koldioxid till atmosfären efter mat-/fodersmältning, ger inget nettotillskott av koldioxid till atmosfären och har inte beaktats i klimatberäkningar. Detta resonemang förutsätter dock att nya grödor etableras som kan ta upp koldioxid igen.

I IPCC (2013) (Myhre m.fl., 2013) görs det även skillnad på metan med biogent och fossilt ursprung. Metan bryts ner relativt snabbt i atmosfären (halveringstiden är 12,4 år), varvid koldioxid bildas. Fullständig nedbrytning av 1 kg metan ger 2,75 kg koldioxid. Om metanet har biogent ursprung, det gäller till exempel metan som bildats i idisslarnas fodersmältning, blir det inget nettotillskott av koldioxid till atmosfären eftersom kolet ursprungligen bundits in i växter via fotosyntesen. Om metanet har fossilt ursprung kommer nedbrytningen av metan att ge ett nettotillskott av koldioxid till atmosfären. Fossilt metan bedöms därmed ha högre klimatpåverkan än metan med biogent ursprung.

I tidigare klimatavtrycksberäkningar användes ofta omräkningsfaktorer enligt IPCCs fjärde utvärderingsrapport (Forster m.fl., 2007). Då var värdet för metan lägre (25 kg CO<sub>2</sub>e/kg metan), och högre för lustgas (296 kg CO<sub>2</sub>e). Skillnaden gör att klimatavtrycket för foder generellt sett blir lägre när det beräknas med de nya omräkningsfaktorerna eftersom lustgas ofta står för en stor del av fodrets klimatavtryck. För mjölk och nötkött kan förhållandet bli det omvända eftersom metan ofta utgör en stor andel av animalieprodukternas klimatavtryck. I den fjärde utvärderingsrapporten var det dessutom samma omräkningsfaktor för metan med fossilt ursprung som med biogent ursprung.

Tabell 10: Potentiell klimatpåverkan i ett hundraårsperspektiv (Global Warming Potential, 100 years, GWP<sub>100</sub>) för växthusgaser (Myhre m.fl., 2013).

| Växthusgas        | GWP <sub>100</sub> (kg CO <sub>2</sub> e/kg växthusgas) | Exempel på källor                                               |
|-------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Koldioxid, fossil | 1                                                       | Förbränning av fossila bränslen, förändrad markanvändning, kalk |
| Koldioxid, biogen | 0                                                       | Fodersmältning, stallgödsel, förbränning av biobränslen         |
| Metan, fossil     | 30                                                      | Utvinning av fossila bränslen                                   |
| Metan, biogen     | 28                                                      | Fodersmältning, lagring av stallgödsel                          |
| Lustgas           | 265                                                     | Mark, stallgödsel                                               |

## Markanvändning och förändrad markanvändning

I LCA-sammanhang ingår ibland markanvändning (*land use, LU*) och förändrad markanvändning (*land use change, LUC*) i beräkningen av en grödas klimatavtryck. Det som då avses är de långsiktiga förändringarna av kolförrådet i mark och biomassa, och hur det påverkar flödet av koldioxid mellan biosfär och atmosfär. Om kolförråd i marken ökar blir marken en sänka för koldioxid, men om användningen av marken leder till att kolförrådet minskar blir marken en källa till koldioxidutsläpp.

Markanvändning, LU, syftar här på hur kolförrådet ändras i marken vari grödan odlas, till exempel om veteodlingen på ett fält långsiktigt leder till ökat eller minskat kolförråd i marken. Det kan alltså både handla om att marken är en sänka och en källa till koldioxid.

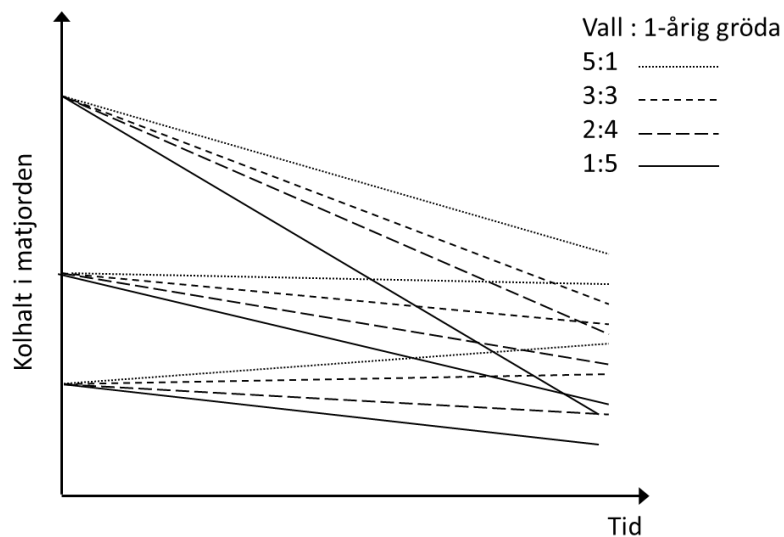
Förändrad markanvändning, LUC, avser de koldioxidemissioner som sker när användningsområdet för marken ändras, till exempel att skogsmark röjs för att bli betes- eller åkermark. Kolförrådet (ton kol per hektar) är generellt störst i skogsmark, följt av åkermark med perenna grödor (t.ex. fruktodlingar), gräsmarker, och lägst i åkermark som odlas med ettåriga grödor (avser mineraljordar). I LCA-sammanhang brukar man bara beakta de negativa effekterna av LUC, det vill säga man tar bara med de situationer där kolförrådet i mark och biomassa minskar.

LUC brukar dessutom delas upp i två kategorier, nämligen direkt respektive indirekt förändrad markanvändning. Med direkt förändrad markanvändning (*direct land use change, dLUC*) avses de förändringar som sker inom det geografiska området för studien. Om man till exempel studerar veteproduktionen i ett land skulle det handla om hur arealen vete i landet har förändrats över tid, och på vilken mark en eventuell expansion skett och vad denna mark tidigare använts till. Indirekt förändrad markanvändning (*indirect land use change, iLUC*) avser de förändringar som sker i omvärlden till följd av förändrad efterfrågan av den studerade produkten. Det kan till exempel handla om hur ökad efterfrågan på vete driver på förändring av markanvändningen i andra delar av omvärlden, till exempel att skogs- eller betesmark omvandlas till åkermark för att möta en ökad efterfrågan på vete.

I denna studie har vi tagit med koldioxidemissioner kopplade till direkt förändrad markanvändning (dLUC), vilket även följer riktlinjerna enligt PEFCR *Feed* och PEFCR *Dairy*. Klimatavtrycket för mjölk redovisas för tydlighetens skull både med och utan dLUC. Det är enbart aktuellt att ta med dLUC för de grödbaserade foderingredienser som orsakat ökade koldioxidemissioner till följd av att grödarealen har ökat och att expansionen har skett på mark som tidigare haft ett större kolförråd. I denna studie gäller det importerade produkter som baseras på sojabönor, oljepalm och solros där odlingen av dessa grödor har ökat i de exporterande länderna och där expansionen delvis skett på mark som tidigare var skogsmark, gräsmarker och/eller odlad med perenna grödor. Det är inte aktuellt att ta med dLUC för svenskodlade fodermedel. Totalt sett minskar arealen åkermark i Sverige, det sker alltså ingen nettoexpansion av svensk åkermark på bekostnad av annan markanvändning med större kolförråd. Att växla mellan vall och ettåriga grödor räknas i detta sammanhang inte som förändrad markanvändning.

I denna studie ingår inte indirekt förändrad markanvändning (iLUC) eller markanvändning (LU). Effekterna av iLUC är mycket svåråtgångade, och enligt PEFCR *Feed* finns det ingen metod som är tillräckligt bra för att bedöma iLUC och därmed ska iLUC exkluderas enligt PEFCR *Feed*. När det gäller markanvändning (LU) är inte heller effekterna entydiga. Kolinbindning i mark kan i sammanhanget med olika grovfoderandelar i utfodringsstrategierna tyckas som en självklar del som borde räknas med i den totala klimatpåverkan. Anledningen till att så inte gjorts är att mängden kol som kan bindas in vid vallodling styrs av många olika faktorer, allt från markens egenskaper och växtföljd (se Figur 29) till klimat (nederbörd och temperaturer), och därför kan variera från plats till plats. Det är också högst osäkert hur varaktig denna kolinbindning är. Om vallodlingen på en gård upphör och ersätts med

odling av ettåriga grödor kommer en del av det kol som bundits in i organiskt material att brytas ner och avgå som koldioxid. Istället för att beräkna specifika mängder inbundet kol får andelen vallfoder i utfodringsstrategin räcka som ett mått på en potentiell kolinbindning.



Figur 29: Vallens inverkan på koncentrationen av kol i marken vid växtföljder med olika andel vall i förhållande till ettåriga grödor (efter Kätterer m.fl., (2012)).



# Bilaga 3 Resultat

## Vallförsök

Tabell 11. Miljöpåverkan per kg utfodrad mängd torrssubstans på foderbordet. Resultat för gödslingsförsök till vall (utfört på Rådde gård, (Gustavsson, 2017; 2018)). "Vallförsök år 1-2" motsvarar det faktiska försöket. "Vallår 1-3" baseras på resultat från försöket, men en del av mineralgödseln har ersatts av stallgödsel (totalt 159 kg kväve varav 48 kg växttillgängligt efter spridning) samt att ytterligare ett vallår har lagts till (skörd 3:e året motsvarar 90 % av försöksskördarna).

| Miljöpåverkan Vallförsök år 1 och 2 |          |                     |                        |                                     |                               |                    |                     |
|-------------------------------------|----------|---------------------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|--------------------|---------------------|
| Valltyp                             | Gödsling | Klimat <sup>a</sup> | Mark-<br>behov         | Energian-<br>vändning <sup>ab</sup> | Över-<br>gödning <sup>c</sup> | Utlakning          |                     |
|                                     |          | CO <sub>2</sub> e   |                        |                                     |                               | Kväve <sup>a</sup> | Fosfor <sup>d</sup> |
|                                     |          | kg/ton ts           | m <sup>2</sup> /ton ts | MJ/ton ts                           | g NO <sub>3</sub> e/ton ts    | kg/ton ts          | kg/ton ts           |
| Gräs                                | 0        | 221                 | 4,8                    | 2,7                                 | 44                            | 9,5                | 0,189               |
| Gräs                                | 150      | 372                 | 1,7                    | 3,0                                 | 23                            | 4,2                | 0,068               |
| Gräs                                | 225      | 426                 | 1,5                    | 3,2                                 | 26                            | 4,9                | 0,057               |
| Gräs                                | 300      | 491                 | 1,3                    | 3,5                                 | 36                            | 6,9                | 0,052               |
| Gräs                                | 375      | 567                 | 1,3                    | 3,8                                 | 49                            | 9,7                | 0,050               |
| Klöver/gräs                         | 0        | 152                 | 1,6                    | 1,8                                 | 20                            | 4,3                | 0,064               |
| Klöver/gräs                         | 75       | 240                 | 1,4                    | 2,3                                 | 17                            | 3,5                | 0,056               |
| Klöver/gräs                         | 150      | 334                 | 1,4                    | 2,7                                 | 23                            | 4,6                | 0,055               |
| Klöver/gräs                         | 225      | 415                 | 1,3                    | 3,1                                 | 33                            | 6,4                | 0,052               |
| Klöver/gräs                         | 300      | 503                 | 1,3                    | 3,4                                 | 43                            | 8,5                | 0,051               |

a) N-utlakning och dieselåtgång för insädd och vallbrytning är anpassat för en vall som ligger 3 år

b) insatsvaror och drivmedel

c) från utlakning, insatsvaror och drivmedel

d) 0,39 kg P/ha, medelvärde vall i region 7a enligt Johansson (2013)

| Miljöpåverkan Scenario vallår 1-3 med stallgödsel |          |                   |                        |                                    |                               |           |                     |
|---------------------------------------------------|----------|-------------------|------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-----------|---------------------|
| Valltyp                                           | Gödsling | Klimat            | Mark-<br>behov         | Energian-<br>vändning <sup>b</sup> | Över-<br>gödning <sup>c</sup> | Utlakning |                     |
|                                                   |          | CO <sub>2</sub> e |                        |                                    |                               | Kväve     | Fosfor <sup>d</sup> |
|                                                   |          | kg/ton ts         | m <sup>2</sup> /ton ts | MJ/ton ts                          | g NO <sub>3</sub> e/ton ts    | kg/ton ts | kg/ton ts           |
| Gräs                                              | 0        | -                 | -                      | -                                  | -                             | -         | -                   |
| Gräs                                              | 150      | 442               | 1,8                    | 2,6                                | 28                            | 5,5       | 0,070               |
| Gräs                                              | 225      | 489               | 1,5                    | 2,9                                | 32                            | 6,3       | 0,059               |
| Gräs                                              | 300      | 549               | 1,4                    | 3,2                                | 41                            | 8,3       | 0,054               |
| Gräs                                              | 375      | 625               | 1,3                    | 3,5                                | 54                            | 10,9      | 0,052               |
| Klöver/gräs                                       | 0        | -                 | -                      | -                                  | -                             | -         | -                   |
| Klöver/gräs                                       | 75       | 290               | 1,5                    | 1,9                                | 21                            | 4,4       | 0,058               |
| Klöver/gräs                                       | 150      | 388               | 1,5                    | 2,3                                | 28                            | 5,8       | 0,057               |
| Klöver/gräs                                       | 225      | 470               | 1,4                    | 2,7                                | 37                            | 7,6       | 0,054               |
| Klöver/gräs                                       | 300      | 560               | 1,4                    | 3,1                                | 48                            | 9,8       | 0,053               |

a) N-utlakning och dieselåtgång för insädd och vallbrytning är anpassat för en vall som ligger 3 år

b) insatsvaror och drivmedel

c) från utlakning, insatsvaror och drivmedel

d) 0,39 kg P/ha, medelvärde vall i region 7a enligt Johansson (2013)

Tabell 12. Kostnadsberäkning för gödslingsförsök med gräsvall utan stallgödsel, medel för vallår 1-2, 3 skördar.

| Kvävegödsling totalt (medel/år)      |          |        | 0 kg N/ha     |                 | 150 kg N/ha   |                  | 225 kg N/ha   |                  | 300 kg N/ha   |                  | 375 kg N/ha   |                  |
|--------------------------------------|----------|--------|---------------|-----------------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|
| Skörd ensilage (utfodrad mängd)      |          |        | 2067 kg ts/ha |                 | 5728 kg ts/ha |                  | 6819 kg ts/ha |                  | 7508 kg ts/ha |                  | 7829 kg ts/ha |                  |
| Stallgödsel                          |          |        | 0 ton/ha      |                 | 0 ton/ha      |                  | 0 ton/ha      |                  | 0 ton/ha      |                  | 0 ton/ha      |                  |
|                                      | Pris     | Enhet  | Kvant.        | Summa           | Kvant.        | Summa            | Kvant.        | Summa            | Kvant.        | Summa            | Kvant.        | Summa            |
| Utsäde vallfrö                       | 43 kr    | /kg    | 7,3           | 315 kr          | 7,3           | 315 kr           | 7,3           | 315 kr           | 7,3           | 315 kr           | 7,3           | 315 kr           |
| Gödning N                            | 10 kr    | /kg    | 0             | 0 kr            | 150           | 1 500 kr         | 225           | 2 250 kr         | 300           | 3 000 kr         | 375           | 3 750 kr         |
| Gödning P                            | 18 kr    | /kg    | 0             | 0 kr            | 13            | 234 kr           | 17            | 306 kr           | 20            | 360 kr           | 21            | 378 kr           |
| Gödning K                            | 7 kr     | /kg    | 0             | 0 kr            | 92            | 644 kr           | 119           | 833 kr           | 135           | 945 kr           | 144           | 1 008 kr         |
| Gödning S                            | 5 kr     | /kg    | 20            | 100 kr          | 20            | 100 kr           | 20            | 100 kr           | 20            | 100 kr           | 20            | 100 kr           |
| Sprutmedel vallbrott                 | 69 kr    | /liter | 0,75          | 52 kr           | 0,75          | 52 kr            | 0,75          | 52 kr            | 0,75          | 52 kr            | 0,75          | 52 kr            |
| Plast                                | 3 kr     | /kvm   | 10            | 29 kr           | 27            | 81 kr            | 32            | 96 kr            | 35            | 106 kr           | 37            | 111 kr           |
| Ensileringsmedel                     | 10,1 kr  | /liter | 28            | 281 kr          | 77            | 778 kr           | 92            | 926 kr           | 101           | 1 020 kr         | 105           | 1 063 kr         |
| Kalk                                 | 0,73 kr  | /kg    | 200           | 146 kr          | 200           | 146 kr           | 200           | 146 kr           | 200           | 146 kr           | 200           | 146 kr           |
| Analys                               | 160 kr   | /ha    | 1,0           | 160 kr          | 1,0           | 160 kr           | 1,0           | 160 kr           | 1,0           | 160 kr           | 1,0           | 160 kr           |
| Plog (50%, var fjärde år)            | 992 kr   | /tim   | 0,14          | 138 kr          | 0,14          | 138 kr           | 0,14          | 138 kr           | 0,14          | 138 kr           | 0,14          | 138 kr           |
| Harv (50 %, var fjärde år)           | 990 kr   | /tim   | 0,07          | 66 kr           | 0,07          | 66 kr            | 0,07          | 66 kr            | 0,07          | 66 kr            | 0,07          | 66 kr            |
| Vält (ärligen)                       | 874 kr   | /tim   | 0,22          | 194 kr          | 0,22          | 194 kr           | 0,22          | 194 kr           | 0,22          | 194 kr           | 0,22          | 194 kr           |
| Sådd (50 %, var fjärde år)           | 1 041 kr | /tim   | 0,11          | 116 kr          | 0,11          | 116 kr           | 0,11          | 116 kr           | 0,11          | 116 kr           | 0,11          | 116 kr           |
| Gödningsspidare (0-3 ggr/år)         | 594 kr   | /tim   | 0,0           | 0 kr            | 0,8           | 446 kr           | 0,8           | 446 kr           | 0,8           | 446 kr           | 0,8           | 446 kr           |
| Sprutning (var tredje år)            | 886 kr   | /tim   | 0,06          | 54 kr           | 0,06          | 54 kr            | 0,06          | 54 kr            | 0,06          | 54 kr            | 0,06          | 54 kr            |
| Slätterkross (3 ggr/år)              | 1 375 kr | /tim   | 0,50          | 688 kr          | 0,50          | 688 kr           | 0,50          | 688 kr           | 0,50          | 688 kr           | 0,50          | 688 kr           |
| Strängläggning (3 ggr/år)            | 1 160 kr | /tim   | 0,38          | 435 kr          | 0,38          | 435 kr           | 0,38          | 435 kr           | 0,38          | 435 kr           | 0,38          | 435 kr           |
| Hack självgående (3 ggr/år)          | 2 170 kr | /tim   | 0,37          | 801 kr          | 0,49          | 1 065 kr         | 0,53          | 1 144 kr         | 0,55          | 1 194 kr         | 0,56          | 1 217 kr         |
| Gräsvagn (2 vagnar, 3 ggr/år)        | 1 041 kr | /tim   | 0,74          | 768 kr          | 0,98          | 1 022 kr         | 1,05          | 1 098 kr         | 1,10          | 1 146 kr         | 1,12          | 1 168 kr         |
| Lastmaskin packning (3 ggr/år)       | 545 kr   | /tim   | 0,41          | 221 kr          | 0,54          | 294 kr           | 0,58          | 316 kr           | 0,61          | 330 kr           | 0,62          | 336 kr           |
| Lastmaskin utlastning                | 545 kr   | /tim   | 1,03          | 563 kr          | 2,86          | 1 561 kr         | 3,41          | 1 858 kr         | 3,75          | 2 046 kr         | 3,91          | 2 133 kr         |
| Plansilo avskr+ränta                 | 220 kr   | /t. ts | 2,43          | 535 kr          | 6,74          | 1 483 kr         | 8,02          | 1 765 kr         | 8,83          | 1 943 kr         | 9,21          | 2 026 kr         |
| Arbete övrigt                        | 220 kr   | /tim   | 2,00          | 440 kr          | 2,00          | 440 kr           | 2,00          | 440 kr           | 2,00          | 440 kr           | 2,00          | 440 kr           |
| Ränta rörelsekapital                 | 3,0%     | 0,4    | 5 126         | 62 kr           | 10 088        | 121 kr           | 11 736        | 141 kr           | 13 055        | 157 kr           | 14 073        | 169 kr           |
| Allmänna företagsomkostn.            | 700 kr   | /ha    | 1             | 700 kr          | 1             | 700 kr           | 1             | 700 kr           | 1             | 700 kr           | 1             | 700 kr           |
| Markkostnad                          | 172 kr   | /ha    | 1             | 172 kr          | 1             | 172 kr           | 1             | 172 kr           | 1             | 172 kr           | 1             | 172 kr           |
| <b>Summa kostnader</b>               |          |        |               | <b>7 034 kr</b> |               | <b>13 003 kr</b> |               | <b>14 954 kr</b> |               | <b>16 466 kr</b> |               | <b>17 580 kr</b> |
| <b>Produktionskostnad per kg ts:</b> |          |        |               | <b>3,40 kr</b>  |               | <b>2,27 kr</b>   |               | <b>2,19 kr</b>   |               | <b>2,19 kr</b>   |               | <b>2,25 kr</b>   |

Tabell 13. Kostnadsberäkning för gödslingsförsök med blandvall utan stallgödsel, medel för vallår 1-2, 3 skördar.

| Kvävegödsling totalt (medel/år)      |          |        | 0 kg N/ha     |                  | 75 kg N/ha    |                  | 150 kg N/ha   |                  | 225 kg N/ha   |                  | 300 kg N/ha   |                  |
|--------------------------------------|----------|--------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|
| Skörd ensilage (utfodrad mängd)      |          |        | 6092 kg ts/ha |                  | 7002 kg ts/ha |                  | 7120 kg ts/ha |                  | 7527 kg ts/ha |                  | 7645 kg ts/ha |                  |
| Stallgödsel                          |          |        | 0 ton/ha      |                  | 0 ton/ha      |                  | 0 ton/ha      |                  | 0 ton/ha      |                  | 0 ton/ha      |                  |
|                                      | Pris     | Enhet  | Kvant.        | Summa            | Kvant.        | Summa            | Kvant.        | Summa            | Kvant.        | Summa            | Kvant.        | Summa            |
| Utsäde vallfrö                       | 43 kr    | /kg    | 7,3           | 315 kr           | 7,3           | 315 kr           | 7,3           | 315 kr           | 7,3           | 315 kr           | 7,3           | 315 kr           |
| Gödning N                            | 10 kr    | /kg    | 0             | 0 kr             | 150           | 1 500 kr         | 225           | 2 250 kr         | 300           | 3 000 kr         | 375           | 3 750 kr         |
| Gödning P                            | 18 kr    | /kg    | 15            | 270 kr           | 18            | 324 kr           | 19            | 342 kr           | 20            | 360 kr           | 21            | 378 kr           |
| Gödning K                            | 7 kr     | /kg    | 101           | 707 kr           | 123           | 861 kr           | 126           | 882 kr           | 136           | 952 kr           | 140           | 980 kr           |
| Gödning S                            | 5 kr     | /kg    | 20            | 100 kr           | 20            | 100 kr           | 20            | 100 kr           | 20            | 100 kr           | 20            | 100 kr           |
| Sprutmedel vallbrott                 | 69 kr    | /liter | 0,75          | 52 kr            | 0,75          | 52 kr            | 0,75          | 52 kr            | 0,75          | 52 kr            | 0,75          | 52 kr            |
| Plast                                | 3 kr     | /kvm   | 29            | 86 kr            | 33            | 99 kr            | 34            | 101 kr           | 35            | 106 kr           | 36            | 108 kr           |
| Ensileringsmedel                     | 10,1 kr  | /liter | 82            | 827 kr           | 94            | 951 kr           | 96            | 967 kr           | 101           | 1 022 kr         | 103           | 1 038 kr         |
| Kalk                                 | 0,73 kr  | /kg    | 200           | 146 kr           | 200           | 146 kr           | 200           | 146 kr           | 200           | 146 kr           | 200           | 146 kr           |
| Analys                               | 160 kr   | /ha    | 1,0           | 160 kr           | 1,0           | 160 kr           | 1,0           | 160 kr           | 1,0           | 160 kr           | 1,0           | 160 kr           |
| Plog (50%, var fjärde år)            | 992 kr   | /tim   | 0,14          | 138 kr           | 0,14          | 138 kr           | 0,14          | 138 kr           | 0,14          | 138 kr           | 0,14          | 138 kr           |
| Harv (50 %, var fjärde år)           | 990 kr   | /tim   | 0,07          | 66 kr            | 0,07          | 66 kr            | 0,07          | 66 kr            | 0,07          | 66 kr            | 0,07          | 66 kr            |
| Vält (årligen)                       | 874 kr   | /tim   | 0,22          | 194 kr           | 0,22          | 194 kr           | 0,22          | 194 kr           | 0,22          | 194 kr           | 0,22          | 194 kr           |
| Sådd (50 %, var fjärde år)           | 1 041 kr | /tim   | 0,11          | 116 kr           | 0,11          | 116 kr           | 0,11          | 116 kr           | 0,11          | 116 kr           | 0,11          | 116 kr           |
| Gödningsspidare (0-3 ggr/år)         | 594 kr   | /tim   | 0,3           | 149 kr           | 0,8           | 446 kr           | 0,8           | 446 kr           | 0,8           | 446 kr           | 0,8           | 446 kr           |
| Sprutning (var tredje år)            | 886 kr   | /tim   | 0,06          | 54 kr            | 0,06          | 54 kr            | 0,06          | 54 kr            | 0,06          | 54 kr            | 0,06          | 54 kr            |
| Slätterkross (3 ggr/år)              | 1 375 kr | /tim   | 0,50          | 688 kr           | 0,50          | 688 kr           | 0,50          | 688 kr           | 0,50          | 688 kr           | 0,50          | 688 kr           |
| Strängläggning (3 ggr/år)            | 1 160 kr | /tim   | 0,38          | 435 kr           | 0,38          | 435 kr           | 0,38          | 435 kr           | 0,38          | 435 kr           | 0,38          | 435 kr           |
| Hack självgående (3 ggr/år)          | 2 170 kr | /tim   | 0,50          | 1 092 kr         | 0,53          | 1 157 kr         | 0,54          | 1 166 kr         | 0,55          | 1 195 kr         | 0,55          | 1 204 kr         |
| Gräsvagn (2 vagnar, 3 ggr/år)        | 1 041 kr | /tim   | 1,01          | 1 047 kr         | 1,07          | 1 111 kr         | 1,07          | 1 119 kr         | 1,10          | 1 147 kr         | 1,11          | 1 155 kr         |
| Lastmaskin packning (3 ggr/år)       | 545 kr   | /tim   | 0,55          | 302 kr           | 0,59          | 320 kr           | 0,59          | 322 kr           | 0,61          | 330 kr           | 0,61          | 333 kr           |
| Lastmaskin utlastning                | 545 kr   | /tim   | 3,05          | 1 660 kr         | 3,50          | 1 908 kr         | 3,56          | 1 940 kr         | 3,76          | 2 051 kr         | 3,82          | 2 083 kr         |
| Plansilo avskr+ränta                 | 220 kr   | /t. ts | 7,17          | 1 577 kr         | 8,24          | 1 812 kr         | 8,38          | 1 843 kr         | 8,86          | 1 948 kr         | 8,99          | 1 979 kr         |
| Arbete övrigt                        | 220 kr   | /tim   | 2,00          | 440 kr           | 2,00          | 440 kr           | 2,00          | 440 kr           | 2,00          | 440 kr           | 2,00          | 440 kr           |
| Ränta rörelsekapital                 | 3,0%     | 0,4    | 8 602         | 103 kr           | 11 139        | 134 kr           | 11 997        | 144 kr           | 13 073        | 157 kr           | 13 938        | 167 kr           |
| Allmänna företagsomkostn.            | 700 kr   | /ha    | 1             | 700 kr           | 1             | 700 kr           | 1             | 700 kr           | 1             | 700 kr           | 1             | 700 kr           |
| Markkostnad                          | 172 kr   | /ha    | 1             | 172 kr           | 1             | 172 kr           | 1             | 172 kr           | 1             | 172 kr           | 1             | 172 kr           |
| <b>Summa kostnader</b>               |          |        |               | <b>11 594 kr</b> |               | <b>14 397 kr</b> |               | <b>15 296 kr</b> |               | <b>16 490 kr</b> |               | <b>17 396 kr</b> |
| <b>Produktionskostnad per kg ts:</b> |          |        |               | <b>1,90 kr</b>   |               | <b>2,06 kr</b>   |               | <b>2,15 kr</b>   |               | <b>2,19 kr</b>   |               | <b>2,28 kr</b>   |

Tabell 14. Kostnadsberäkning för scenario med 3 vallår, gräsvall med stallgödsel, medel för vallår 1-3, 3 skördar.

| Kvävegödsling totalt (medel/år)      |          |        | 149 kg N/ha   |                  | 207 kg N/ha   |                  | 263 kg N/ha   |                  | 315 kg N/ha   |                  |
|--------------------------------------|----------|--------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|
| Skörd ensilage (utfodrad mängd)      |          |        | 5537 kg ts/ha |                  | 6591 kg ts/ha |                  | 7257 kg ts/ha |                  | 7568 kg ts/ha |                  |
| Stallgödsel                          |          |        | 37 ton/ha     |                  | 37 ton/ha     |                  | 37 ton/ha     |                  | 37 ton/ha     |                  |
|                                      | Pris     | Enhet  | Kvant.        | Summa            | Kvant.        | Summa            | Kvant.        | Summa            | Kvant.        | Summa            |
| Utsäde vallfrö                       | 43 kr    | /kg    | 7,3           | 315 kr           | 7,3           | 315 kr           | 7,3           | 315 kr           | 7,3           | 315 kr           |
| Gödning N                            | 10 kr    | /kg    | 101           | 1 010 kr         | 159           | 1 590 kr         | 214           | 2 140 kr         | 266           | 2 660 kr         |
| Gödning P                            | 18 kr    | /kg    | 0             | 0 kr             | 0             | 0 kr             | 0             | 0 kr             | 0             | 0 kr             |
| Gödning K                            | 7 kr     | /kg    | 0             | 0 kr             | 0             | 0 kr             | 0             | 0 kr             | 3             | 21 kr            |
| Gödning S                            | 5 kr     | /kg    | 12,6          | 63 kr            | 12,6          | 63 kr            | 12,6          | 63 kr            | 12,6          | 63 kr            |
| Sprutmedel vallbrott                 | 69 kr    | /liter | 0,75          | 52 kr            | 0,75          | 52 kr            | 0,75          | 52 kr            | 0,75          | 52 kr            |
| Plast                                | 3 kr     | /kvm   | 26            | 78 kr            | 31            | 93 kr            | 34            | 102 kr           | 36            | 107 kr           |
| Ensileringsmedel                     | 10,1 kr  | /liter | 74            | 752 kr           | 89            | 895 kr           | 98            | 985 kr           | 102           | 1 028 kr         |
| Kalk                                 | 0,73 kr  | /kg    | 200           | 146 kr           | 200           | 146 kr           | 200           | 146 kr           | 200           | 146 kr           |
| Analys                               | 160 kr   | /ha    | 1,0           | 160 kr           | 1,0           | 160 kr           | 1,0           | 160 kr           | 1,0           | 160 kr           |
| Plog (50%, var fjärde år)            | 992 kr   | /tim   | 0,14          | 138 kr           | 0,14          | 138 kr           | 0,14          | 138 kr           | 0,14          | 138 kr           |
| Harv (50 %, var fjärde år)           | 990 kr   | /tim   | 0,07          | 66 kr            | 0,07          | 66 kr            | 0,07          | 66 kr            | 0,07          | 66 kr            |
| Vält (årligen)                       | 874 kr   | /tim   | 0,22          | 194 kr           | 0,22          | 194 kr           | 0,22          | 194 kr           | 0,22          | 194 kr           |
| Sådd (50 %, var fjärde år)           | 1 041 kr | /tim   | 0,11          | 116 kr           | 0,11          | 116 kr           | 0,11          | 116 kr           | 0,11          | 116 kr           |
| Gödningsspidare (0-3 ggr/år)         | 594 kr   | /tim   | 0,5           | 297 kr           | 0,8           | 446 kr           | 0,8           | 446 kr           | 0,8           | 446 kr           |
| Flytgödsel spridning                 | 18 kr    | /ton   | 37            | 666 kr           | 37            | 666 kr           | 37            | 666 kr           | 37            | 666 kr           |
| Sprutning (var tredje år)            | 886 kr   | /tim   | 0,06          | 54 kr            | 0,06          | 54 kr            | 0,06          | 54 kr            | 0,06          | 54 kr            |
| Slåtterkross (3 ggr/år)              | 1 375 kr | /tim   | 0,50          | 688 kr           | 0,50          | 688 kr           | 0,50          | 688 kr           | 0,50          | 688 kr           |
| Strängläggning (3 ggr/år)            | 1 160 kr | /tim   | 0,38          | 435 kr           | 0,38          | 435 kr           | 0,38          | 435 kr           | 0,38          | 435 kr           |
| Hack självgående (3 ggr/år)          | 2 170 kr | /tim   | 0,48          | 1 052 kr         | 0,52          | 1 128 kr         | 0,54          | 1 176 kr         | 0,55          | 1 198 kr         |
| Gräsvagn (2 vagnar, 3 ggr/år)        | 1 041 kr | /tim   | 0,97          | 1 009 kr         | 1,04          | 1 082 kr         | 1,08          | 1 128 kr         | 1,10          | 1 150 kr         |
| Lastmaskin packning (3 ggr/år)       | 507 kr   | /tim   | 0,53          | 270 kr           | 0,57          | 290 kr           | 0,60          | 302 kr           | 0,61          | 308 kr           |
| Lastmaskin utlastning                | 507 kr   | /tim   | 2,77          | 1 404 kr         | 3,30          | 1 671 kr         | 3,63          | 1 840 kr         | 3,78          | 1 918 kr         |
| Plansilo avskr+ränta                 | 220 kr   | /t. ts | 6,51          | 1 433 kr         | 7,75          | 1 706 kr         | 8,54          | 1 878 kr         | 8,90          | 1 959 kr         |
| Arbete övrigt                        | 220 kr   | /tim   | 2,00          | 440 kr           | 2,00          | 440 kr           | 2,00          | 440 kr           | 2,00          | 440 kr           |
| Ränta rörelsekapital                 | 3,0%     | 0,4    | 8 963         | 108 kr           | 10 286        | 123 kr           | 11 211        | 135 kr           | 11 928        | 143 kr           |
| Allmänna företagsomkostn.            | 700 kr   | /ha    | 1             | 700 kr           | 1             | 700 kr           | 1             | 700 kr           | 1             | 700 kr           |
| Markkostnad                          | 172 kr   | /ha    | 1             | 172 kr           | 1             | 172 kr           | 1             | 172 kr           | 1             | 172 kr           |
| <b>Summa kostnader</b>               |          |        |               | <b>11 816 kr</b> |               | <b>13 427 kr</b> |               | <b>14 536 kr</b> |               | <b>15 342 kr</b> |
| <b>Produktionskostnad per kg ts:</b> |          |        |               | <b>2,13 kr</b>   |               | <b>2,04 kr</b>   |               | <b>2,00 kr</b>   |               | <b>2,03 kr</b>   |

Tabell 15. Kostnadsberäkning för scenario med 3 vallår, blandvall med stallgödsel, medel för vallår 1-3, 3 skördar.

| Kvävegödsling totalt (medel/år)      |          |        | 76 kg N/ha    |                  | 131 kg N/ha   |                  | 188 kg N/ha   |                  | 247 kg N/ha   |                  |
|--------------------------------------|----------|--------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|
| Skörd ensilage (utfodrad mängd)      |          |        | 6768 kg ts/ha |                  | 6883 kg ts/ha |                  | 7277 kg ts/ha |                  | 7391 kg ts/ha |                  |
| Stallgödsel                          |          |        | 37 ton/ha     |                  | 37 ton/ha     |                  | 37 ton/ha     |                  | 37 ton/ha     |                  |
|                                      | Pris     | Enhet  | Kvant.        | Summa            | Kvant.        | Summa            | Kvant.        | Summa            | Kvant.        | Summa            |
| Utsäde vallfrö                       | 43 kr    | /kg    | 7,4           | 317 kr           | 7,4           | 317 kr           | 7,4           | 317 kr           | 7,4           | 317 kr           |
| Gödning N                            | 10 kr    | /kg    | 28            | 280 kr           | 83            | 830 kr           | 139           | 1 390 kr         | 199           | 1 990 kr         |
| Gödning P                            | 18 kr    | /kg    | 0             | 0 kr             | 0             | 0 kr             | 0             | 0 kr             | 0             | 0 kr             |
| Gödning K                            | 7 kr     | /kg    | 0             | 0 kr             | 0             | 0 kr             | 0             | 0 kr             | 3             | 21 kr            |
| Gödning S                            | 5 kr     | /kg    | 12,6          | 63 kr            | 12,6          | 63 kr            | 12,6          | 63 kr            | 12,6          | 63 kr            |
| Sprutmedel vallbrott                 | 69 kr    | /liter | 0,75          | 52 kr            | 0,75          | 52 kr            | 0,75          | 52 kr            | 0,75          | 52 kr            |
| Plast                                | 3 kr     | /kvm   | 32            | 96 kr            | 32            | 97 kr            | 34            | 103 kr           | 35            | 104 kr           |
| Ensileringsmedel                     | 10,1 kr  | /liter | 91            | 919 kr           | 93            | 935 kr           | 98            | 988 kr           | 99            | 1 004 kr         |
| Kalk                                 | 0,73 kr  | /kg    | 200           | 146 kr           | 200           | 146 kr           | 200           | 146 kr           | 200           | 146 kr           |
| Analys                               | 160 kr   | /ha    | 1,0           | 160 kr           | 1,0           | 160 kr           | 1,0           | 160 kr           | 1,0           | 160 kr           |
| Plog (50%, var fjärde år)            | 992 kr   | /tim   | 0,14          | 138 kr           | 0,14          | 138 kr           | 0,14          | 138 kr           | 0,14          | 138 kr           |
| Harv (50 %, var fjärde år)           | 990 kr   | /tim   | 0,07          | 66 kr            | 0,07          | 66 kr            | 0,07          | 66 kr            | 0,07          | 66 kr            |
| Vält (årligen)                       | 874 kr   | /tim   | 0,22          | 194 kr           | 0,22          | 194 kr           | 0,22          | 194 kr           | 0,22          | 194 kr           |
| Sådd (50 %, var fjärde år)           | 1 041 kr | /tim   | 0,11          | 116 kr           | 0,11          | 116 kr           | 0,11          | 116 kr           | 0,11          | 116 kr           |
| Gödningsspidare (0-3 ggr/år)         | 594 kr   | /tim   | 0,3           | 149 kr           | 0,5           | 297 kr           | 0,8           | 446 kr           | 0,8           | 446 kr           |
| Flytgödsel spridning                 | 18 kr    | /ton   | 37            | 666 kr           | 37            | 666 kr           | 37            | 666 kr           | 37            | 666 kr           |
| Sprutning (var tredje år)            | 886 kr   | /tim   | 0,06          | 54 kr            | 0,06          | 54 kr            | 0,06          | 54 kr            | 0,06          | 54 kr            |
| Slåtterkross (3 ggr/år)              | 1 375 kr | /tim   | 0,50          | 688 kr           | 0,50          | 688 kr           | 0,50          | 688 kr           | 0,50          | 688 kr           |
| Strängläggning (3 ggr/år)            | 1 160 kr | /tim   | 0,38          | 435 kr           | 0,38          | 435 kr           | 0,38          | 435 kr           | 0,38          | 435 kr           |
| Hack självgående (3 ggr/år)          | 2 170 kr | /tim   | 0,53          | 1 141 kr         | 0,53          | 1 149 kr         | 0,54          | 1 177 kr         | 0,55          | 1 186 kr         |
| Gräsvagn (2 vagnar, 3 ggr/år)        | 1 041 kr | /tim   | 1,05          | 1 094 kr         | 1,06          | 1 102 kr         | 1,09          | 1 130 kr         | 1,09          | 1 138 kr         |
| Lastmaskin packning (3 ggr/år)       | 545 kr   | /tim   | 0,58          | 315 kr           | 0,58          | 317 kr           | 0,60          | 325 kr           | 0,60          | 328 kr           |
| Lastmaskin utlastning                | 545 kr   | /tim   | 3,38          | 1 844 kr         | 3,44          | 1 876 kr         | 3,64          | 1 983 kr         | 3,70          | 2 014 kr         |
| Plansilo avskr+ränta                 | 220 kr   | /t. ts | 7,96          | 1 752 kr         | 8,10          | 1 781 kr         | 8,56          | 1 883 kr         | 8,70          | 1 913 kr         |
| Arbete övrigt                        | 220 kr   | /tim   | 2,00          | 440 kr           | 2,00          | 440 kr           | 2,00          | 440 kr           | 2,00          | 440 kr           |
| Ränta rörelsekapital                 | 3,0%     | 0,4    | 8 931         | 107 kr           | 9 696         | 116 kr           | 10 635        | 128 kr           | 11 323        | 136 kr           |
| Allmänna företagsomkostn.            | 700 kr   | /ha    | 1             | 700 kr           | 1             | 700 kr           | 1             | 700 kr           | 1             | 700 kr           |
| Markkostnad                          | 172 kr   | /ha    | 1             | 172 kr           | 1             | 172 kr           | 1             | 172 kr           | 1             | 172 kr           |
| <b>Summa kostnader</b>               |          |        |               | <b>12 102 kr</b> |               | <b>12 906 kr</b> |               | <b>13 958 kr</b> |               | <b>14 683 kr</b> |
| <b>Produktionskostnad per kg ts:</b> |          |        |               | <b>1,79 kr</b>   |               | <b>1,88 kr</b>   |               | <b>1,92 kr</b>   |               | <b>1,99 kr</b>   |

## Utfodringsstrategier

Tabell 16. Klimatpåverkan per år för mjölkko inklusive rekryteringskviga, uttryckt i kg koldioxidekvivalenter (CO<sub>2</sub>e) per kg levererad energikorrigerad mjölk (ECM). Resultaten för respektive utfodringsstrategi ska i första hand jämföras inom respektive grupp A, B, C och D.

| Utfodrings-<br>scenario                                           | Foder <sup>a</sup> |           |            | Foder-<br>smältning | Gödsel-<br>hantering <sup>b</sup> | Elektricitet<br>gården <sup>c</sup> | TOTALT     | TOTALT              |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------|------------|---------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|------------|---------------------|
|                                                                   | Totalt             | Grovfoder | Kraftfoder |                     |                                   |                                     | utan allo- | med allo-           |
|                                                                   |                    |           |            |                     |                                   |                                     | kering     | kering <sup>d</sup> |
|                                                                   | kg CO2e            | %         | %          | kg CO2e             | kg CO2e                           | kg CO2e                             | kg CO2e    | kg CO2e             |
| A. Kraftfoder av biprodukter                                      |                    |           |            |                     |                                   |                                     |            |                     |
| låg giva                                                          | 0,42               | 74%       | 26%        | 0,592               | 0,082                             | 0,015                               | 1,11       | 0,93                |
| hög giva                                                          | 0,46               | 59%       | 41%        | 0,586               | 0,079                             | 0,014                               | 1,14       | 0,97                |
| B. Kraftfoder utan och av olika biprodukter                       |                    |           |            |                     |                                   |                                     |            |                     |
| utan biprod.                                                      | 0,44               | 51%       | 49%        | 0,541               | 0,069                             | 0,015                               | 1,07       | 0,90                |
| med raps                                                          | 0,49               | 46%       | 54%        | 0,529               | 0,069                             | 0,015                               | 1,10       | 0,93                |
| med drank                                                         | 0,47               | 48%       | 52%        | 0,525               | 0,070                             | 0,015                               | 1,08       | 0,91                |
| raps + drank                                                      | 0,48               | 47%       | 53%        | 0,528               | 0,070                             | 0,015                               | 1,09       | 0,92                |
| C. Kraftfoder utan och av biprodukter vid olika tid för vallskörd |                    |           |            |                     |                                   |                                     |            |                     |
| Tidig skörd                                                       |                    |           |            |                     |                                   |                                     |            |                     |
| utan biprod.                                                      | 0,52               | 48%       | 52%        | 0,566               | 0,080                             | 0,015                               | 1,18       | 0,99                |
| med biprod.                                                       | 0,42               | 57%       | 43%        | 0,548               | 0,077                             | 0,016                               | 1,06       | 0,89                |
| Sen skörd                                                         |                    |           |            |                     |                                   |                                     |            |                     |
| utan biprod.                                                      | 0,42               | 60%       | 40%        | 0,573               | 0,071                             | 0,017                               | 1,08       | 0,89                |
| med biprod.                                                       | 0,46               | 57%       | 43%        | 0,599               | 0,074                             | 0,018                               | 1,15       | 0,93                |
| D. Kraftfoder utan och med proteinkoncentrat                      |                    |           |            |                     |                                   |                                     |            |                     |
| enbart spannmå                                                    | 0,37               | 66%       | 34%        | 0,564               | 0,067                             | 0,017                               | 1,02       | 0,84                |
| spm + prot.konc.                                                  | 0,39               | 56%       | 44%        | 0,527               | 0,069                             | 0,015                               | 1,00       | 0,84                |

a) inkluderar produktion (inkl produktion av insatsvaror), foderförluster, transporter till gården och bränsle i samband med utfodring (såsom uttag av ensilage ur silo).

b) direkta och indirekta förluster av lustgas samt metan från stall, lagring och bete/rasthage (spridningdförluster ingår i foderproduktionen)

c) utfodring, mjölkning, utgödsling, belysning, ventilation

d) allokering mellan mjölk och kött ut från gården utifrån energianvändning. Metod enligt IDF (2015)

Tabell 17. Klimatpåverkan när utsläpp från förändrad markanvändning (dLUC) inkluderas för soja- och oljepalmsprodukter. Uttryckt i kg koldioxidekvivalenter (CO<sub>2</sub>e) per kg levererad energikorrigerad mjölk (ECM). Beräkningarna inkluderar mjölkkor och rekryteringskvigor. Resultaten för respektive utfodringsstrategi ska i första hand jämföras inom respektive grupp A, B, C och D.

| Utfodrings-<br>scenario                                                  | Foder <sup>a</sup> |           |            | Foder-<br>smältning | Gödsel-<br>hantering <sup>b</sup> | Elektricitet<br>gården <sup>c</sup> | TOTALT      | TOTALT              |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------|------------|---------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------|---------------------|
|                                                                          | Totalt             | Grovfoder | Kraftfoder |                     |                                   |                                     | utan allo-  | med allo-           |
|                                                                          | kg CO2e            | %         | %          |                     |                                   |                                     | kering      | kering <sup>d</sup> |
|                                                                          | kg CO2e            |           |            | kg CO2e             | kg CO2e                           | kg CO2e                             | kg CO2e     | kg CO2e             |
| <b>A. Kraftfoder av biprodukter</b>                                      |                    |           |            |                     |                                   |                                     |             |                     |
| låg giva                                                                 | 0,42               | 73%       | 27%        | 0,592               | 0,082                             | 0,015                               | <b>1,11</b> | <b>0,93</b>         |
| hög giva                                                                 | 0,46               | 59%       | 41%        | 0,586               | 0,079                             | 0,014                               | <b>1,14</b> | <b>0,97</b>         |
| <b>B. Kraftfoder utan och av olika biprodukter</b>                       |                    |           |            |                     |                                   |                                     |             |                     |
| utan biprod.                                                             | 0,79               | 28%       | 72%        | 0,541               | 0,069                             | 0,015                               | <b>1,42</b> | <b>1,19</b>         |
| med raps                                                                 | 0,50               | 44%       | 56%        | 0,529               | 0,069                             | 0,015                               | <b>1,11</b> | <b>0,94</b>         |
| med drank                                                                | 0,48               | 47%       | 53%        | 0,525               | 0,070                             | 0,015                               | <b>1,09</b> | <b>0,92</b>         |
| raps + drank                                                             | 0,49               | 46%       | 54%        | 0,528               | 0,070                             | 0,015                               | <b>1,10</b> | <b>0,93</b>         |
| <b>C. Kraftfoder utan och av biprodukter vid olika tid för vallskörd</b> |                    |           |            |                     |                                   |                                     |             |                     |
| <i>Tidig skörd</i>                                                       |                    |           |            |                     |                                   |                                     |             |                     |
| utan biprod.                                                             | 0,72               | 35%       | 65%        | 0,566               | 0,080                             | 0,015                               | <b>1,38</b> | <b>1,16</b>         |
| med biprod.                                                              | 0,42               | 57%       | 43%        | 0,548               | 0,077                             | 0,016                               | <b>1,06</b> | <b>0,89</b>         |
| <i>Sen skörd</i>                                                         |                    |           |            |                     |                                   |                                     |             |                     |
| utan biprod.                                                             | 0,62               | 40%       | 60%        | 0,573               | 0,071                             | 0,017                               | <b>1,28</b> | <b>1,05</b>         |
| med biprod.                                                              | 0,46               | 57%       | 43%        | 0,599               | 0,074                             | 0,018                               | <b>1,15</b> | <b>0,93</b>         |
| <b>D. Kraftfoder utan och med proteinkoncentrat</b>                      |                    |           |            |                     |                                   |                                     |             |                     |
| enbart spannmå                                                           | 0,38               | 65%       | 35%        | 0,564               | 0,067                             | 0,017                               | <b>1,03</b> | <b>0,85</b>         |
| spm + prot.konc.                                                         | 0,62               | 35%       | 65%        | 0,527               | 0,069                             | 0,015                               | <b>1,23</b> | <b>1,03</b>         |

a) inkluderar produktion (inkl produktion av insatsvaror), foderförluster, transporter till gården och bränsle i samband med

utfodring (såsom uttag av ensilage ur silo).

b) direkta och indirekta förluster av lustgas samt metan från stall, lagring och bete/rasthage (spridningdförluster ingår i foderproduktionen)

c) utfodring, mjölkning, utgödsling, belysning, ventilation

d) allokering mellan mjölk och kött ut från gården utifrån energianvändning. Metod enligt IDF (2015).

Tabell 18. Markbehov per år för mjölkko inklusive rekryteringskviga, uttryckt i m<sup>2</sup> per kg levererad energi-korrigerad mjölk (ECM). Resultaten för respektive utfodringsstrategi ska i första hand jämföras inom respektive grupp A, B, C och D.

| Utfodrings-<br>strategi                                                  | Foder <sup>a</sup> |           |            | TOTALT               | TOTALT                           |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------|------------|----------------------|----------------------------------|
|                                                                          | Totalt             | Grovfoder | Kraftfoder | utan allo-<br>kering | med allo-<br>kering <sup>b</sup> |
|                                                                          | m <sup>2</sup>     | %         | %          | m <sup>2</sup>       | m <sup>2</sup>                   |
| <b>A. Kraftfoder av biprodukter</b>                                      |                    |           |            |                      |                                  |
| låg giva                                                                 | 1,33               | 93%       | 7%         | <b>1,33</b>          | <b>1,11</b>                      |
| hög giva                                                                 | 1,22               | 87%       | 13%        | <b>1,22</b>          | <b>1,04</b>                      |
| <b>B. Kraftfoder utan och av olika biprodukter</b>                       |                    |           |            |                      |                                  |
| utan biprod.                                                             | 1,75               | 51%       | 49%        | <b>1,75</b>          | <b>1,47</b>                      |
| med raps                                                                 | 1,18               | 75%       | 25%        | <b>1,18</b>          | <b>0,99</b>                      |
| med drank                                                                | 1,11               | 80%       | 20%        | <b>1,11</b>          | <b>0,94</b>                      |
| raps + drank                                                             | 1,15               | 77%       | 23%        | <b>1,15</b>          | <b>0,97</b>                      |
| <b>C. Kraftfoder utan och av biprodukter vid olika tid för vallskörd</b> |                    |           |            |                      |                                  |
| <i>Tidig skörd</i>                                                       |                    |           |            |                      |                                  |
| utan biprod.                                                             | 2,21               | 44%       | 56%        | <b>2,21</b>          | <b>1,85</b>                      |
| med biprod.                                                              | 1,20               | 79%       | 21%        | <b>1,20</b>          | <b>1,00</b>                      |
| <i>Sen skörd</i>                                                         |                    |           |            |                      |                                  |
| utan biprod.                                                             | 1,81               | 55%       | 45%        | <b>1,81</b>          | <b>1,49</b>                      |
| med biprod.                                                              | 1,34               | 79%       | 21%        | <b>1,34</b>          | <b>1,08</b>                      |
| <b>D. Kraftfoder utan och med proteinkoncentrat</b>                      |                    |           |            |                      |                                  |
| enbart spannmå                                                           | 1,64               | 62%       | 38%        | <b>1,64</b>          | <b>1,36</b>                      |
| spm + prot.konc.                                                         | 1,72               | 52%       | 48%        | <b>1,72</b>          | <b>1,44</b>                      |

a) inkluderar produktion (inkl produktion av insatsvaror), foderförluster, transporter till gården och bränsle i samband med utfodring (såsom uttag av ensilage ur silo).

b) allokering mellan mjölk och kött ut från gården utifrån energianvändning. Metod enligt IDF (2015)

Tabell 19. Energianvändning per år för mjölkko inklusive rekryteringskviga, uttryckt i MJ fossil energi per kg levererad energikorrigerad mjölk (ECM). Resultaten för respektive utfodringsstrategi ska i första hand jämföras inom respektive grupp A, B, C och D.

| Utfodrings-<br>strategi                                                  | Foder <sup>a</sup> |           |            | Elektricitet<br>gården <sup>b</sup> | TOTALT               | TOTALT                           |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------|------------|-------------------------------------|----------------------|----------------------------------|
|                                                                          | Totalt             | Grovfoder | Kraftfoder |                                     | utan allo-<br>kering | med allo-<br>kering <sup>c</sup> |
|                                                                          | MJ                 | %         | %          | MJ                                  | MJ                   | MJ                               |
| <b>A. Kraftfoder av biprodukter</b>                                      |                    |           |            |                                     |                      |                                  |
| låg giva                                                                 | 3,36               | 58%       | 42%        | 0,082                               | <b>3,44</b>          | <b>2,88</b>                      |
| hög giva                                                                 | 4,04               | 41%       | 59%        | 0,076                               | <b>4,12</b>          | <b>3,50</b>                      |
| <b>B. Kraftfoder utan och av olika biprodukter</b>                       |                    |           |            |                                     |                      |                                  |
| utan biprod.                                                             | 3,17               | 43%       | 57%        | 0,080                               | <b>3,25</b>          | <b>2,73</b>                      |
| med raps                                                                 | 4,27               | 32%       | 68%        | 0,080                               | <b>4,35</b>          | <b>3,66</b>                      |
| med drank                                                                | 4,10               | 33%       | 67%        | 0,080                               | <b>4,18</b>          | <b>3,52</b>                      |
| raps + drank                                                             | 4,14               | 33%       | 67%        | 0,080                               | <b>4,22</b>          | <b>3,55</b>                      |
| <b>C. Kraftfoder utan och av biprodukter vid olika tid för vallskörd</b> |                    |           |            |                                     |                      |                                  |
| <i>Tidig skörd</i>                                                       |                    |           |            |                                     |                      |                                  |
| utan biprod.                                                             | 3,93               | 38%       | 62%        | 0,082                               | <b>4,01</b>          | <b>3,36</b>                      |
| med biprod.                                                              | 3,92               | 37%       | 63%        | 0,083                               | <b>4,00</b>          | <b>3,35</b>                      |
| <i>Sen skörd</i>                                                         |                    |           |            |                                     |                      |                                  |
| utan biprod.                                                             | 3,10               | 50%       | 50%        | 0,090                               | <b>3,19</b>          | <b>2,62</b>                      |
| med biprod.                                                              | 4,32               | 38%       | 62%        | 0,096                               | <b>4,42</b>          | <b>3,57</b>                      |
| <b>D. Kraftfoder utan och med proteinkoncentrat</b>                      |                    |           |            |                                     |                      |                                  |
| enbart spannmå                                                           | 2,73               | 59%       | 41%        | 0,088                               | <b>2,82</b>          | <b>2,33</b>                      |
| spm + prot.konc.                                                         | 2,96               | 47%       | 53%        | 0,082                               | <b>3,04</b>          | <b>2,55</b>                      |

a) inkluderar produktion (inkl. produktion av insatsvaror), foderförluster, transporter till gården och bränsle i samband med utfodring (såsom uttag av ensilage ur silo).

b) utfodring, mjölkning, utgödsling, belysning, ventilation

c) allokering mellan mjölk och kött ut från gården utifrån energianvändning. Metod enligt IDF (2015)

Tabell 20. Övergödning per år för mjölkko inklusive rekryteringskvinga, uttryckt i g NO<sub>3</sub>-e per kg levererad energikorrigerad mjölk (ECM). Resultaten för respektive utfodringsstrategi ska i första hand jämföras inom respektive grupp A, B, C och D.

| Utfodrings-<br>strategi                                                  | Foder <sup>a</sup>  |           |            | Gödsel-<br>hantering <sup>b</sup> | Elektricitet<br>gården <sup>c</sup> | TOTALT<br>utan allo-<br>kering<br>g NO <sub>3</sub> e | TOTALT<br>med allo-<br>kering <sup>d</sup><br>g NO <sub>3</sub> e |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------|------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
|                                                                          | Totalt              | Grovfoder | Kraftfoder |                                   |                                     |                                                       |                                                                   |
|                                                                          | g NO <sub>3</sub> e | %         | %          |                                   |                                     |                                                       |                                                                   |
| <b>A. Kraftfoder av biprodukter</b>                                      |                     |           |            |                                   |                                     |                                                       |                                                                   |
| låg giva                                                                 | 32,4                | 92%       | 8%         | 8,49                              | 0,00003                             | <b>40,9</b>                                           | <b>34,2</b>                                                       |
| hög giva                                                                 | 31,6                | 87%       | 13%        | 8,31                              | 0,00003                             | <b>39,9</b>                                           | <b>33,9</b>                                                       |
| <b>B. Kraftfoder utan och av olika biprodukter</b>                       |                     |           |            |                                   |                                     |                                                       |                                                                   |
| utan biprod.                                                             | 39,1                | 59%       | 41%        | 7,34                              | 0,00003                             | <b>46,4</b>                                           | <b>39,1</b>                                                       |
| med raps                                                                 | 29,7                | 74%       | 26%        | 7,33                              | 0,00003                             | <b>37,0</b>                                           | <b>31,1</b>                                                       |
| med drank                                                                | 28,6                | 80%       | 20%        | 7,36                              | 0,00003                             | <b>36,0</b>                                           | <b>30,2</b>                                                       |
| raps + drank                                                             | 28,8                | 76%       | 24%        | 7,36                              | 0,00003                             | <b>36,1</b>                                           | <b>30,4</b>                                                       |
| <b>C. Kraftfoder utan och av biprodukter vid olika tid för vallskörd</b> |                     |           |            |                                   |                                     |                                                       |                                                                   |
| <i>Tidig skörd</i>                                                       |                     |           |            |                                   |                                     |                                                       |                                                                   |
| utan biprod.                                                             | 48,7                | 53%       | 47%        | 9,06                              | 0,00003                             | <b>57,8</b>                                           | <b>48,4</b>                                                       |
| med biprod.                                                              | 30,3                | 83%       | 17%        | 8,71                              | 0,00003                             | <b>39,1</b>                                           | <b>32,7</b>                                                       |
| <i>Sen skörd</i>                                                         |                     |           |            |                                   |                                     |                                                       |                                                                   |
| utan biprod.                                                             | 38,4                | 62%       | 38%        | 6,78                              | 0,00003                             | <b>45,2</b>                                           | <b>37,1</b>                                                       |
| med biprod.                                                              | 30,6                | 80%       | 20%        | 7,16                              | 0,00003                             | <b>37,8</b>                                           | <b>30,6</b>                                                       |
| <b>D. Kraftfoder utan och med proteinkoncentrat</b>                      |                     |           |            |                                   |                                     |                                                       |                                                                   |
| enbart spannmål                                                          | 33,1                | 66%       | 34%        | 6,00                              | 0,00003                             | <b>39,1</b>                                           | <b>32,3</b>                                                       |
| spm + prot.konc.                                                         | 34,2                | 57%       | 43%        | 7,19                              | 0,00003                             | <b>41,4</b>                                           | <b>34,7</b>                                                       |

a) inkluderar produktion (inkl produktion av insatsvaror), foderförluster, transporter till gården och bränsle i samband med utfodring (såsom uttag av ensilage ur silo).

b) direkta och indirekta förluster av lustgas samt metan från stall, lagring och bete/rasthage (spidningdförluster

c) utfodring, mjölkning, utgödsling, belysning, ventilation

d) allokering mellan mjölk och kött ut från gården utifrån energiåtgång. Metod enligt IDF (2015)

Tabell 21. Nettoproduktion av livsmedel, beräknat som mängd protein respektive bruttoenergi i producerad mjölk och kött minus mängden potentiellt ätbart av det foder djuren äter i respektive utfodringsscenario. Effektiviteten i omvandlingen av foder till mjölk är beräknat som mängden protein respektive bruttoenergi i mjölken delat med motsvarande mängd potentiellt livsmedel i djurens foder. Resultaten ska i första hand jämföras inom varje försök. Nettoproduktionen inkluderar även kött från utslagsko.

| Utfodrings-<br>scenario                                                  | Nettoproduktion                |                    |                    | Omvandlings-<br>effektivitet <sup>d</sup> |        |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------------------|--------|
|                                                                          | Mjölk<br>och kött <sup>a</sup> | Foder <sup>b</sup> | Netto <sup>c</sup> | Protein                                   | Energi |
|                                                                          | kg                             | kg                 | kg                 | kg/kg                                     | MJ/MJ  |
| <b>A. Kraftfoder av biprodukter</b>                                      |                                |                    |                    |                                           |        |
| låg giva                                                                 | 337                            | 134                | 203                | 2,5                                       | 4,0    |
| hög giva                                                                 | 363                            | 164                | 199                | 2,2                                       | 2,9    |
| <b>B. Kraftfoder utan och av olika biprodukter</b>                       |                                |                    |                    |                                           |        |
| utan biprod.                                                             | 334                            | 401                | -68                | 0,8                                       | 0,9    |
| med raps                                                                 | 334                            | 202                | 131                | 1,7                                       | 2,5    |
| med drank                                                                | 334                            | 195                | 139                | 1,7                                       | 2,4    |
| raps + drank                                                             | 334                            | 199                | 134                | 1,7                                       | 2,4    |
| <b>C. Kraftfoder utan och av biprodukter vid olika tid för vallskörd</b> |                                |                    |                    |                                           |        |
| <i>Tidig skörd</i>                                                       |                                |                    |                    |                                           |        |
| utan biprod.                                                             | 355                            | 381                | -26                | 0,9                                       | 0,8    |
| med biprod.                                                              | 342                            | 126                | 216                | 2,7                                       | 2,3    |
| <i>Sen skörd</i>                                                         |                                |                    |                    |                                           |        |
| utan biprod.                                                             | 314                            | 354                | -40                | 0,9                                       | 0,8    |
| med biprod.                                                              | 288                            | 123                | 165                | 2,3                                       | 2,0    |
| <b>D. Kraftfoder utan och med proteinkoncentrat</b>                      |                                |                    |                    |                                           |        |
| enbart spannmål                                                          | 315                            | 222                | 93                 | 1,4                                       | 0,9    |
| spm + prot.konc.                                                         | 337                            | 285                | 52                 | 1,2                                       | 0,9    |

a) producerad mjölk och kött från slaktko/år

b) Den del av foderstaten som skulle kunna konsumeras som livsmedel

c) Mänskligt ätbar mängd i producerad mjölk och kött minus mänskligt ätbart av det foder djuren konsumerat

d) Mänskligt ätbar mängd i producerad mjölk och kött delat med möjligt ätbart av det foder djuren konsumerat



# Hushållnings sällskapet

## **Hushållningssällskapet Halland**

Kontakt: [maria.berglund@hushallningssallskapet.se](mailto:maria.berglund@hushallningssallskapet.se)

Lilla Böslid 146, 305 96 Eldsberga

035-465 00 | [infohalland@hushallningssallskapet.se](mailto:infohalland@hushallningssallskapet.se)

[www.hushallningssallskapet.se](http://www.hushallningssallskapet.se)