

Svensk spannmålsbaserad drank - alternativa sätt att tillvarata dess ekonomiska, energi- och miljömässiga potential

Swedish distiller's grain

*- options for realising its economic, energy and
environmental potential*

Sven Bernesson
Ingrid Strid

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för naturresurser och lantbruksvetenskap
Institutionen för energi och teknik

Svensk spannmålsbaserad drank
– alternativa sätt att tillvarata dess ekonomiska, energi- och miljömässiga potential

Swedish distiller's grain
– options for realising its economic, energy and environmental potential

Sven Bernesson
Ingrid Strid

Rapport 032
ISSN 1654-9406
Uppsala 2011

Nyckelord: biobränsle, drank, etanol, biprodukter, sekundär drank, användning, livscykelanalys, LCA, miljöbelastning, energianalys, ekonomi, biofuel, distiller's grain, ethanol, by-products, secondary distiller's grain, use, life cycle assessment, LCA, environmental impact, energy analysis, economics

SAMMANFATTNING

Spannmålsdrank används huvudsakligen till utfodring. Den kan utfodras antingen i blöt form (8,5-28 % ts), eller i torr form (90 % ts). Vanligen utfodras nötkreatur och grisar med drank, men även andra djurslag inom jordbruket kan utfodras. Dranken kan även användas som biogasråvara, bränsle eller som organiskt gödselmedel. Efter jäsningen återstår spannmålets smältbara protein i dranken (primärdrank) i huvudsakligen oförändrad form, medan nästan all stärkelse gått bort. Dranken blir därför ett proteinfoder. Då även fiberpolysackarider (cellulosa och hemicellulosa) återstår i denna drank, och dessa med annan processteknik kan brytas ner till jäsbara sockerarter och jäsas till etanol, och den drank som då återstår, s.k. sekundärdrank, kan användas i liknande tillämpningar som normal (primär) drank, studeras även detta i det här projektet. En nackdel med denna teknik är att en del av aminosyrorna i drankens protein bryts ner. I de ekonomiska beräkningarna och livscykelanalyserna har det antagits att 50 % av lysinet och 20 % av metioninet brutits ner i denna sekundära drank.

Arbetets syfte var att utvärdera hur spannmålsdrank kan användas i olika applikationer, samt att beräkna dess ekonomiska värde och produktionskostnader vid dessa användningar. Vidare att ta fram miljöbelastning såsom bl.a. emissioner av växthusgaser och energibehov för de olika användningarna vid produktion av etanol och drank. Dessutom att analysera betydelsen av att dranken behandlas med ytterligare en process, där en del av spannmålets cellulosa och hemicellulosa omvandlas till etanol, och sekundärdrank erhålles.

Idisslare, som nötkreatur och får, kan utfodras med en stor del av proteinet i fodret som vetedrank. Protein från andra källor kan behövas för att den totala mängden protein ska bete sig på önskat sätt vid matsmältningen. Till grisar och fjäderfä kan drygt 10 %, respektive ca 10 %, av fodret bestå av vetedrank. Smågrisar är känsliga för fodrets smaklighet, och det är därför inte säkert att de alltid kan äta foder som innehåller vetedrank. Till fjäderfä kan man få begränsa inblandningen av drankprodukter i fodret om gödseln skulle bli blöt och kladdig. Till hästar kan ca 10 %, i bästa fall uppåt 20 %, av kraftfodret bestå av vetedrank om man ej drabbas av smaklighetsproblem.

Spannmålsdrank kan eldas antingen blöt eller torkad beroende på eldningsutrustningen. Drank med ursprung i spannmål innehåller höga halter alkalimetaller, som ger en aska med låg smältpunkt, vilket gör att den troligen sintrar lätt. Höga halter av svavel och klor kan ge problem med korrosion. Mängden aska är ganska stor, ca 5 % av torrsubstansen. Det höga innehållet av kväve (ca 5 % av ts) gör att kväveoxidemissionerna sannolikt blir höga, och då i nivå med vad som erhållits vid eldning av rapsexpeller med ungefär samma kvävehalt, 2-3,6 gånger jämfört med kvävefattiga bränslen. Utnyttjas även en del av cellulosan och hemicellulosan för produktion av etanol (i en sekundär process), koncentreras de ämnen som ger problem vid eldningen, vilket ökar sannolikheten för problem. Dessutom blir askhalten högre, medan det totala värmevärdet minskar i takt med att cellulosa och hemicellulosa blir till etanol.

Som gödselmedel innehåller drankens torrsubstans ca 5,7 % kväve, 0,8-1,5 % fosfor och 0,9-1,9 % kalium. Beräkningar ger att sekundärdranks torrsubstans bör innehålla ca 7,4 % kväve, 1,0-2,0 % fosfor och 1,2-2,4 % kalium. Det organiskt bundna kvävet mineraliseras (frigörs) troligen långsamt såsom hos t.ex. rapsexpeller.

Drank går bra att röta till biogas. Växtnäringen i rötdrank blir sannolikt mer växttillgänglig efter rötningen. Drank är ett kväverikt substrat som kan ge problem med hög halt av ammoniumkväve i biogasreaktorn. Detta gäller i högre utsträckning för sekundärdrank där näringsämnen koncentrerats då en del av cellulosan och hemicellulosan blivit till etanol. Utbytet i processen borde kunna bli 60-70 %, vid goda förhållanden kanske 80 %.

Kostnadsberäkningar har gjorts där det ekonomiska värdet hos spannmålsdrank beräknats utifrån de ekonomiska värdena hos korn och sojamjöl (omsättbar energi och råprotein till nötkreatur och hästar eller lysin till grisar och fjäderfä eller metionin till fjäderfä) vid utfodring, skogsflis vid eldning (effektiva värmevärdet), kväve, fosfor och kalium vid användning som gödselmedel, samt försäljning av el och fjärrvärme från en större gårdsanläggning för biogas inklusive värdet av kväve, fosfor och kalium i rötresten vid rötning. Vid rötningen studerades fall med både 60 och 80 %:s utbyte, samt fall exklusive och inklusive rötningens kostnader. Kostnaderna studerades för åren 2005-2010. Primärdrank fick högst värde vid användning som foder till fjäderfä (metionin) följt av: foder till hästar och nötkreatur, biogas (80 %) exkl. rötningens kostnader, biogas (60 %) exkl. rötningens kostnader, foder till fjäderfä (lysin) och grisar, gödselmedel, eldning för uppvärmning, biogas (80 %) inkl. rötningens kostnader och sämst biogas (60 %) inkl. rötningens kostnader. För sekundärdrank ändras ordningsföljden så foder till hästar och nötkreatur får högst värde följt av: foder till fjäderfä (metionin), biogas (80 %) exkl. rötningens kostnader, biogas (60 %) exkl. rötningens kostnader, gödselmedel, foder till fjäderfä (lysin) och grisar, biogas (80 %) inkl. rötningens kostnader, eldning för uppvärmning och sämst biogas (60 %) inkl. rötningens kostnader. Värdet för sekundärdrank är högre än för primärdrank vid alla användningar utom vid utfodring av grisar och fjäderfän (baserat på lysin eller metionin). Orsaken till det lägre värdet, som foder till grisar och fjäderfän, är att i sekundärprocessen för att utvinna 13 % mer etanol, bryts 50 % av lysinet och 20 % av metioninet ner. Världsmarknadspriserna på korn och sojamjöl har en stor inverkan på drankens värde, liksom utbyte m.m. från biogasanläggningen. Priserna på skogsflis och gödselmedel hade något mindre inverkan på resultatet då dessa produkter hade ett lägre värde från början.

Livscykelanalyser har gjorts av produktionen av etanol med systemutvidgning, där dranken ersätter andra produkter beroende på dess användning. Följande produkter ersätts beroende av drankens användning: sojamjöl och korn vid utfodring (råprotein till nötkreatur och hästar; lysin till grisar och fjäderfä; metionin till fjäderfä); skogsflis vid eldning; konstgödsel NPK vid gödning; vall till biogas och överskottskonstgödsel vid biogasaråvara. För primärdrank blir, för global uppvärmning, ordningsföljden från lägst påverkan: fjäderfä (metionin), hästar och nötkreatur, fjäderfä och grisar (lysin), biogas (80 % och 60 %), gödselmedel och sämst eldning. Ordningsföljderna blir ungefär desamma för försurning och eutrofiering. För energiåtgång blir ordningsföljden från lägsta: biogas (80 % och 60 %), gödselmedel, eldning, fjäderfä (metionin), hästar och nötkreatur och sist fjäderfä (lysin) och grisar. För sekundärdrank blir, för global uppvärmning, ordningsföljden från lägst påverkan: hästar och nötkreatur, fjäderfä (metionin), biogas (80 % och 60 %), grisar och fjäderfä (lysin), gödselmedel och sist eldning. För energiåtgång blir ordningsföljden från lägsta: biogas (80 % och 60 %), hästar och nötkreatur, fjäderfä (metionin), gödselmedel, eldning, och sist grisar och fjäderfä (lysin). Produktionen av etanol och sekundärdrank ger lägst miljöbelastning då sekundärdranken blir foder till nötkreatur och hästar, samt används som biogasaråvara. Vid de andra användningsområdena för dranken, ger produktionen av etanol och primärdrank lägst miljöbelastning. Energiåtgången för produktion av etanol och sekundärdrank blir, för samtliga användningsområden för dranken, högre än vid produktion av etanol och primärdrank. Orsaken till detta är att en energikrävande extra process tillkommer vid produktionen av etanol och sekundärdrank.

Låter man istället biogasen, i det ovan beskrivna systemet, ersätta bensin direkt i lätta fordon, blir miljövinsten vad gäller växthusgaser större än i alla andra fall beroende på att ett fossilt bränsle ersätts direkt. Till skillnad från de andra studerade användningsområdena för dranken, blir primärdrank bättre än sekundärdrank då den har mer cellulosa och hemicellulosa kvar som kan bli till biogas. Även energivinsten visar upp ett liknande resultat som växthusgaserna.

Energi-balanser, som kan beskrivas som kvoten mellan utgående energi hos etanol och drank som effektivt värmevärde, och energiåtgången i alla steg för hela produktionskedjan, beräknades. Dessa innehåller alla steg från odlingen av höstvetet tills dess att det färdiga etanolbränslet är färdigt att tanka och dranken är transporterad till gården och då är färdig att utfodra. Dess värden har beräknats till 1,96 för etanol och primärdrank från en ordinär etanolprocess och 1,75 för etanol och sekundärdrank från en process som ger 13 % mer etanol från även en del av spannmålets cellulosa och hemicellulosa. Om dranken inte torkas förbättras dessa energibalanser till 2,84 respektive 2,22.

Om halva arealen av vete, korn och rågvete (knappt 400 000 ha) används till etanol skulle knappt 600 000 ton primärdrank erhållas. Nuvarande djurbestand kan konsumera ungefär två tredjedelar av denna, varav mjölkorna en tredjedel och slaktsvinen knappt en sjättedel. Om även en del av spannmålets cellulosa och hemicellulosa används för etanolproduktion erhålls ca 470 000 ton sekundärdrank, av vilken nuvarande djurbestand kan konsumera ca tre fjärdedelar, varav mjölkorna knappt två femtedelar och slaktsvinen knappt en femtedel. Det finns inget som direkt begränsar hur mycket spannmålsdrank som kan användas till förbränning eller som gödselmedel mer än dess ekonomiska värde vid dessa applikationer. Till förbränning är en avgörande faktor att värmeverken kan acceptera ett bränsle som sintrar (ger slag och beläggningar i pannorna). Potentialerna från maximal mängd enligt ovan är 2,9 TWh för primärdrank och 2,5 TWh för sekundärdrank. Om drankerna enligt ovan rötas med 80 % utvinningsgrad blir potentialerna 2,4 respektive 2,1 TWh (mätt som det effektiva värmevärdet hos producerad metangas). Detta är betydligt mer än vad som kan rötas i potentiella biogasanläggningar för andra substrat, särskilt då drankprodukterna har ett högt kväveinnehåll.

Slutsatser och råd till näringen blir att dranken bör i första hand användas till utfodring. Sekundärdrank bör i första hand utfodras till idisslare. Rötningkostnaderna kan bli höga om en biogasanläggning byggs enbart för rötning av drank. Rötning av dranken är på grund av ekonomin i första hand aktuellt i rötprocesser där dranken har ett mervärde, och ej behöver bekosta själva biogasanläggningen. I annat fall kan drankrötningen bli dyr. Förbränning av dranken bör undvikas.

Utifrån områden där det finns ont om data kan förslag på vad som bör undersökas i kommande forskningsprojekt bli: Egenskaperna hos sekundärdrank studeras mer ingående vid utfodring; Dranks potential som livsmedelsråvara; Dranks potential som biogasaråvara studeras mer ingående vid samrötning med andra substrat; Dranks egenskaper vid eldning ensamt och tillsammans med andra bränslen studeras i praktiska försök; Sirapsfraktionens egenskaper som bindemedel vid tillverkning av foderpellets, bränslepellets och briketter utreds mer ingående; Livscykelanalyser görs där biogas från drank ersätter olika drivmedel i olika fordonsflottor; Med livscykelanalyser och ekonomiska kalkyler jämförs olika potentiella etanolgrödors ekonomi och miljöpåverkan vid antingen produktion av etanol eller produktion av biogas.

ABSTRACT

Distiller's grain is currently used mainly for animal feed. It can be fed either wet (8.5-28% DM) or dried (90% DM). The main animal groups fed distiller's grain are cattle and pigs, but the product can also be used for other species of farm animal. Distiller's grain can also be used as biogas feedstock, fuel or organic fertiliser. After fermentation, the digestible protein in distiller's grain (primary distiller's grain) remains in essentially unchanged form, while almost all the starch has been consumed. Distiller's grain is therefore a protein feed. Fibre polysaccharides (cellulose and hemicellulose) also remain in distiller's grain. With other processing techniques these can be broken down to fermentable sugars and fermented into ethanol. The distiller's grain from that process, so-called secondary distiller's grain (also called enhanced distiller's grain), can be used in similar applications to normal (primary) distiller's grain and therefore it was also studied in this project. A disadvantage of the secondary processing technique is that some of the amino acids in the distiller's grain protein are broken down. In our economic calculations and life cycle assessment, it was assumed that 50% of lysine and 20% of methionine had been broken down in secondary distiller's grain.

Our main objective was to evaluate how distiller's grain can be used in various applications, and to estimate the economic value and production costs for these applications. We also evaluated the environmental impact in terms of e.g. greenhouse gas emissions and energy requirements in the production of ethanol and distiller's grain for the different applications. In addition, we analysed the significance of subjecting the distiller's grain to the additional process in which a proportion of the grain cellulose and hemicellulose is converted into ethanol and secondary distiller's grain is produced.

Ruminants, e.g. cattle and sheep, can receive a large proportion of the protein in their feed as wheat distiller's grain. Protein from other sources may be needed so that the total amount of protein behaves as required in digestion. For pigs and poultry, around 10% of the feed may consist of wheat distiller's grain. Piglets are sensitive to the palatability of their protein and therefore it is not certain that they can always eat feed containing wheat distiller's grain. For poultry, the proportion of distiller's grain products in the feed may have to be limited to prevent viscosity problems and wet, sticky manure. For horses, 10-20% of the concentrate can consist of wheat distiller's grain if the animals do not suffer from palatability problems.

Distiller's grain can be fired either wet or dry, depending on the heating equipment. Distiller's grain based on grain containing high levels of alkali metals gives an ash with a low melting point, which makes it likely to sinter easily. High concentrations of sulphur and chlorine can cause problems with corrosion. The ash content is quite high, about 5% of DM. The high content of nitrogen (about 5% of DM) makes nitric oxide emissions likely to be high, i.e. similar to those obtained from incineration of rapeseed expeller, which has a similar nitrogen content, and 2 to 3.6-fold higher than for nitrogen-poor fuels. When secondary processing is performed to use part of the cellulose and hemicellulose for the production of ethanol, substances that give problems with firing are concentrated, which increases the likelihood of incinerator problems. In addition, the ash content is higher, while the total heating value decreases as the cellulose and hemicellulose is converted to ethanol.

As a fertiliser, primary distiller's grain solids contain about 5.7% nitrogen, 0.8-1.5% phosphorus and 0.9 to 1.9% potassium. Our calculations showed that secondary distiller's grain solids are likely to contain about 7.4% nitrogen, 1.0-2.0% phosphorus and 1.2-2.4% potassium. The mineralisation (release) of organically bound nitrogen is probably slow, as is the case for e.g. rapeseed expeller.

Distiller's grain is a suitable substrate for biogas production. The plant nutrients in biodigested distiller's grain are probably more plant-available than prior to digestion. How-

ever, distiller's grain is a nitrogen-rich substrate that can cause problems with high ammonium nitrogen concentrations in biogas reactors. This applies to a greater degree to secondary distiller's grain, where the nutrients are concentrated since part of the cellulose and hemicellulose has been converted into ethanol. The yield in the biogas production process should be able to reach 60-70% and in good conditions perhaps 80%.

We prepared cost estimates comparing the economic value of distiller's grain stillage derived from the economic value of barley and soybean meal (metabolisable energy and crude protein for cattle and horses, lysine for pigs and poultry, or methionine for poultry) in the feed, forest wood chips for fuel (lower heating value), nitrogen, phosphorus and potassium for use as fertiliser, and the sale of electricity and heat from a large farm biogas plant, including the value of nitrogen, phosphorus and potassium in the digestion residues. In the studies of biogas digestion, cases with both 60 and 80% yield and cases with and without digestion costs were included. Costs were studied for the period 2005-2010. Primary distiller's grain had the highest value when used as feed for poultry (methionine) followed by: feed for horses and cattle, biogas (80%) excluding digestion costs, biogas (60%) excluding digestion costs, poultry feed (lysine) and pig feed, fertiliser, fuel for heating, biogas (80%) including digestion costs and biogas (60%) including digestion costs. Secondary distiller's grain altered the sequence, with feed for horses and cattle giving the highest value followed by: poultry feed (methionine), biogas (80%) excluding digestion costs, biogas (60%) excluding digestion costs, fertiliser, poultry feed (lysine) and pig feed, biogas (80%) including digestion costs, fuel for heating and biogas (60%) including digestion costs. The value of secondary distiller's grain is higher than that of primary distiller's grain for all uses except as feed to pigs and poultry (based on lysine or methionine). The reason for the lower value, when fed to pigs and poultry is that in the secondary process to extract 13% more ethanol, 50% of lysine and 20% of methionine are broken down. The world market prices for barley and soybean meal had a major impact on the value of the distiller's grain, as well as on yield, etc. from the biogas plant. The price of wood chips and manure had slightly less impact on the results, since these products had a lower value from the beginning.

Life cycle assessment was carried out on the production of ethanol with system expansion, where the distiller's grain replaced other products depending on its use. The following products were assumed to be replaced depending on the distiller's grain used: soybean meal and barley in animal feed (crude protein for cattle and horses; lysine for pigs and poultry; methionine for poultry); wood chips for fuel; fertiliser NPK at fertilisation; ley and excess fertiliser from biogas feedstock. For primary distiller's grain, the impact on global warming increased in the order: poultry (methionine), horses and cattle, and poultry and pigs (lysine), biogas (80% and 60%), fertilisers and fuel. The order was roughly the same for acidification and eutrophication. For energy consumption, the impact increased in the order: biogas (80% and 60%), fertiliser, fuel, poultry (methionine), horses and cattle, and poultry (lysine) and pigs. For secondary distiller's grain, the impact on global warming increased in the order: horses and cattle, poultry (methionine), biogas (80% and 60%), pigs and poultry (lysine), fertilisers, and fuel. For energy consumption, the corresponding ranking was: biogas (80% and 60%), horses and cattle, poultry (methionine), fertiliser, fuel, and finally pigs and poultry (lysine). The production of ethanol and secondary distiller's grain gives the lowest environmental impact when the secondary distiller's grain is used as feed for cattle and horses, or is used as biogas feedstock. With the other uses of distiller's grain, the production of ethanol and primary distiller's grain gives the least environmental impact. Energy consumption for producing ethanol and secondary distiller's grain, for all uses of distiller's grain, is higher than the production of ethanol and primary distiller's grain. The reason for this is that an energy-

consuming additional process is required for the production of ethanol and secondary distiller's grain.

Instead of biogas in the system described above, we then assumed that the fuel produced replaced fossil fuel (petrol) directly in light vehicles. In this case the environmental benefits in terms of greenhouse gas emissions were greater than in any other case due to the direct replacement of fossil fuel. In contrast to the other uses of distiller's grain studied here, primary distiller's grain was better than secondary distiller's grain in fuel production as it had more cellulose and hemicellulose left that could be digested to biogas. The energy gain showed a similar result to the greenhouse gases.

The energy balance was calculated as the ratio of output energy of ethanol and distiller's grain in terms of lower heating value (net calorific value), and energy consumption in all stages of the entire chain. This extended from the cultivation of winter wheat until the finished ethanol fuel was ready for use as a fuel, or the distiller's grain had been transported to the farm and was ready to be fed to animals. The value obtained was 1.96 for ethanol and primary distiller's grain from an ordinary ethanol process and 1.75 for ethanol and secondary distiller's grain from a process that provides 13% more ethanol from the cellulose and hemicellulose in the grain. When the distiller's grain was not dried, the energy balance improved to 2.84 and 2.22, respectively.

If half the area of wheat, barley and triticale in Sweden (almost 400 000 ha) were to be used for ethanol production, nearly 600 000 tonnes of primary distiller's grain would be produced. The current animal population in Sweden could consume about 65% of this, with dairy cows consuming one-third and slaughter pigs barely one-sixth. If even a fraction of the grain cellulose and hemicellulose were to be used for ethanol production, about 470 000 tonnes of secondary distiller's grain would be obtained, of which the current Swedish animal population could consume about 75%, with dairy cows consuming almost two-fifths and slaughter pigs barely one-fifth. There is nothing directly limiting the amount of distiller's grain that can be used for combustion or fertiliser other than the monetary value in these applications. For combustion, a key factor is that thermal power plants can accept fuel sintering (gives slag and deposits in boilers). The maximum potential for heat production according to the above is 2.9 TWh for primary distiller's grain and 2.5 TWh for secondary distiller's grain. If the distiller's grain were to be digested with 80% yield according to the above, the potential would become 2.4 and 2.1 TWh, respectively (as measured by the lower heating value of methane produced). This is substantially more than can be digested in potential biogas plants for other substrates, especially when the distiller's grain products have a high nitrogen content.

Our conclusion and recommendation to the industry is that distiller's grain should be used primarily for animal feed. Secondary distiller's grain should be primarily fed to ruminants. Production costs can be high if a biogas plant is built solely for the digestion of distiller's grain. Anaerobic digestion of distiller's grain is currently economically viable primarily in digestion processes where distiller's grain has an additional value, and does not have to be paid for by the biogas plant. Otherwise distiller's grain digestion might be costly. Incineration of distiller's grain should be avoided.

Based on areas where there is a shortage of data, suggested topics for future research would be: The characteristics of secondary distiller's grain in feed applications; the potential of distiller's grain as a food commodity; distiller's grain as a potential biogas feedstock in co-digestion with other substrates; the properties of distiller's grain fuel alone and together with other fuels in practical applications; the properties of the syrup fraction as a binding agent in the manufacture of feed pellets, fuel pellets and briquettes; life cycle assessment of the biogas from distiller's grain as a replacement fuel in different vehicle fleets; life cycle assessment

and economic calculations comparing different potential ethanol crops, and the environmental impact of production of ethanol compared with biogas.

FÖRORD

Föreliggande kunskapssammanställning om läget för olika användningsområden för spannmålsdrank, har tagits fram som ett underlag för hur denna bäst kan användas i mer lantbruksnära tillämpningar. För att underlätta bedömningen av vilka tillämpningsområden som passar bäst har ekonomiska kalkyler och livscykelanalyser där energibehovet ingår tagits fram. Dessutom pekas ett antal forskningsområden ut där insatser behövs för att underlätta användningen av biprodukterna. Studien har genomförts av Sven Bernesson och Ingrid Strid. Slutligen tackar författarna Stiftelsen Lantbruksforskning (SLF) som finansierat studien.

Uppsala i september 2011

Sven Bernesson

Ingrid Strid

INNEHÅLL

1 INLEDNING.....	15
2 SYFTE.....	16
3 METODIK	16
3.1 Studiens omfattning.....	17
3.2 Drank som foder.....	18
3.3 Drank till förbränning och gödselmedel.....	18
3.4 Drank som biogasråvara.....	18
3.5 Ekonomiska beräkningar.....	19
3.6 Livscykelanalyser (LCA)	19
3.7 Känslighetsanalyser.....	22
3.8 Produktionspotential och avsättningsmöjligheter	23
4 PRODUKTION AV ETANOL MED BIPRODUKTER	23
4.1 Produktion av etanol från olika typer av växtmaterial samt grundläggande teori	23
4.2 Process vid produktion av etanol från spannmål.....	24
4.3 Framtida alternativ där även etanol från spannmålets cellulosa och hemicellulosa utvinns	26
4.3.1. Schematisk beskrivning av en möjlig process.....	27
4.3.2 Bildning av oönskade ämnen under processen	28
4.3.3 Alternativa metoder för förbehandling av dranken inför sekundär försöckring och jäsning	28
4.3.4 Skador på och nedbrytning av aminosyror.....	30
4.3.5 Ekonomi	31
4.4 Råvarans kvalitet	31
4.5 Torkning av drank	32
4.6 Pelletering av drank.....	32
4.7 Andra biprodukter från etanoltillverkningen.....	32
5 SPANNMÅLSDRANKENS EGENSKAPER.....	33
5.1 Blöt eller torr drank	36
5.2 Drank med olika ursprung.....	37
5.3 Miljö.....	38
6 UTFODRING.....	38
6.1 Utfodring, allmänt	38
6.1.1 Energi i foder.....	39
6.1.2 Proteiner	39
6.1.3 Foderfett	40
6.2 Utfodring av spannmålsdrank, allmänt	40
6.2.1 Protein i spannmålsdrank	40
6.2.2 Blötutfodring av spannmålsdrank	40
6.3 Utfodring av olika djurslag	40
6.3.1 Idisslare	40
6.3.1.1 Utfodring av idisslare med spannmålsdrank	40
6.3.1.2 Foderstatsberäkningar, utfodring av idisslare	43
6.3.1.3 Utfodring av idisslare med sekundärdrank.....	45
6.3.2 Grisar.....	45
6.3.2.1 Utfodring av grisar med spannmålsdrank	45
6.3.2.2 Foderstatsberäkningar, utfodring av grisar.....	47
6.3.2.3 Utfodring av grisar med sekundärdrank.....	48
6.3.3 Fjäderfä.....	48
6.3.3.1 Utfodring av fjäderfä med spannmålsdrank	48

6.3.3.2	Foderstatsberäkningar, utfodring av fjäderfä	50
6.3.3.3	Utfodring av fjäderfä med sekundärdrank	50
6.3.4	Hästar	51
6.3.4.1	Utfodring av hästar med spannmålsdrank	51
6.3.4.2	Foderstatsberäkningar, utfodring av hästar	52
6.3.4.3	Utfodring av hästar med sekundärdrank	53
6.3.5	Regnbågslax	54
6.4	Sammanställning, utfodring av olika djurslag.....	54
6.4.1	Sammanställning, utfodring med primärdrank.....	54
6.4.2	Sammanställning, utfodring med sekundärdrank.....	55
7	ANVÄNDNING TILL FÖRBRÄNNING	57
7.1	Eldning av vetedrank.....	57
7.2	Eldning av sekundärdrank	58
8	ANVÄNDNING SOM GÖDSELMEDEL	59
8.1	Gödsling med vetedrank.....	59
8.2	Gödsling med sekundärdrank.....	61
8.3	Gödsling med aska från vetedrank	61
9	RÖTNING.....	62
9.1	Rötning allmänt	62
9.2	Rötningsteori	62
9.2.1	De olika stegen vid anaerob nedbrytning.....	62
9.2.2	Reaktionsformler	64
9.2.3	Metangaspotentialer och rötningshastighet	66
9.2.4	Biogasens sammansättning och energiinnehåll.....	68
9.3	Rötning av vetedrank	68
9.3.1	Beräknade gasutbyten vid rötning av vetedrank	69
10	ANDRA ANVÄNDNINGSSOMRÅDEN FÖR VETEDRANKEN	70
11	FÖRUTSÄTTNINGAR GÄLLANDE BÅDE I DE EKONOMISKA BERÄKNINGARNA OCH I BERÄKNINGARNA TILL ENERGI- OCH LIVSCYKELANALYSERNA.....	70
12	KOSTNADSBERÄKNINGAR	71
12.1	Förutsättningar då dranken ersätter andra produkter.....	71
12.1.1	Förutsättningar, användning som foder.....	73
12.1.2	Förutsättningar som bränsle	75
12.1.3	Förutsättningar som gödselmedel.....	76
12.1.4	Förutsättningar som råvara till biogas.....	76
12.1.5	Resultat då dranken ersätter andra produkter i olika tillämpningar	78
12.2	Produktionskostnader etanol och drank	82
12.2.1	Förutsättningar för den tänkta etanolanläggningen.....	82
12.2.2	Produktionskostnader och avkastning vid olika användning av dranken	85
12.2.3	Inverkan av dranktyp, primärdrank (DDGS/DGS) eller sekundärdrank (eDDGS/eDGS).....	87
12.2.4	Känslighetsanalyser.....	88
12.3	Slutsatser från de ekonomiska beräkningarna	90
13	ENERGIBALANSER MED LCA (LIVSCYKELANALYS)	91
13.1	Förutsättningar energibalanser och LCA	91
13.2	Energiåtgång och energibalanser	93
13.3	Resultat LCA.....	97
13.4	Känslighetsanalyser LCA.....	103
14	MÖJLIG PRODUKTION OCH KONSUMTION AV VETEDRANK.....	107
14.1	Möjlig produktion av vetedrank.....	107

14.2	Möjlig konsumtion av vetedrank till foder.....	108
14.3	Möjlig konsumtion av vetedrank till förbränning, biogas eller gödsel	109
15	DISKUSSION	110
16	SLUTSATSER.....	115
17	REFERENSER.....	115
17.1	Tryckta referenser	115
17.2	Internetreferenser	125
17.3	Personliga meddelanden.....	127
BILAGA 1.	DRANKBEGREPP	129
BILAGA 2.	KOSTNADER FÖR ETANOLANLÄGGNINGAR MED KONVENTIONELL PRODUKTION JÄMFÖRT MED SÅDANA DÄR ÄVEN CELLULOSA OCH HEMICELLULOSA KAN NYTTJAS	131
BILAGA 3.	ANALYSVÄRDEN PÅ DRANK MED KONVENTIONELL PRODUKTION JÄMFÖRT MED ANALYSVÄRDEN PÅ DRANK DÄR ÄVEN CELLULOSA OCH HEMICELLULOSA NYTTJATS	134
BILAGA 4.	KEMIN BAKOM OMVANDLINGEN AV DRANKENS CELLULOSA TILL ETANOL I EN PROCESS MED ETT EXTRA STEG FÖR DETTA SAMT ANVÄNDNING AV DRANKEN SOM FODER TILL OLIKA DJURSLAG, BRÄNSLE, GÖDSELMEDEL OCH BIOGAS.....	135
	Nötkreatur.....	135
	Grisar	137
	Fjäderfän.....	137
	Hästar	138
	Skogsflis till förbränning.....	140
	Gödselmedel.....	142
	Biogas.....	143
BILAGA 5.	BERÄKNING AV RÖTNINGSKOSTNADER TILL BIOGASFALLEN	153
BILAGA 6.	EKONOMISKA KALKYLER ODLING AV HÖSTVETE OCH PRODUKTION AV ETANOL	155
BILAGA 7.	BERÄKNING AV TRANSPORTKOSTNADER I KALKYLERNA AV PRODUKTIONSKOSTNADERNA.....	159
BILAGA 8.	INDATA TILL LIVSCYKELANALYSERNA	160
	Utfodring av nötkreatur, grisar, fjäderfä och hästar	160
	Skogsflis till förbränning.....	162
	Gödselmedel.....	164
	Biogas.....	167
BILAGA 9.	LIVSCYKELANALYSKALKYLER FÖR ODLING AV HÖSTVETE OCH PRODUKTION AV ETANOL	175
BILAGA 10.	KÄNSLIGHETSANALYS AV LIVSCYKELANALYSERNA.....	222

1 INLEDNING

Under år 2010 förbrukades 4,6 milj m³ bensin i Sverige (STEM, 2011). Fem procent etanolinblandning betyder 230 000 m³ etanol per år, dvs. ca 1,1 Norrköpingsanläggningar. Sedan tillkommer den etanol som används i miljöbilar som går på E85-bränsle (innehåller ca 85 % etanol och ca 15 % bensin) och i bussar som dieseletanolbränslet ED95 (innehåller ca 95 % etanol). Totalt 400 000 m³ etanol förbrukades i de ovan nämnda drivmedlen 2010 (STEM, 2011). Antalet bilar som kan köra på E85-bränsle ökar kraftigt, och dessutom tillåter EU numera i bränslekvalitetsdirektivet att upp till 10 volymprocent etanol ingår i bensinen. De flesta av dagens bilar klarar av att gå på bensin som innehåller 10 % etanol.

När spannmål används som råvara vid produktion av etanol mals denna först till mjöl. Detta mjöl blandas med vatten till en ”gröt” innan enzymer tillsätts och stärkelsen (ca 60 % av innehållet) bryts ner till socker varvid en s.k. mäske erhålles (Agroetanol, 2008). Till denna sockerlösning (mäsk) sätts jäst och då omvandlas sockret till etanol och koldioxid. Drank är den del av mäskan som ej dunstats bort som etanol i mäskekolonnerna vid tillverkning av etanol från lämpliga växtmaterial, t.ex. spannmål.

Vid produktion av etanol används, i Sverige, huvudsakligen mjöl från höstvetete som råvara. 1 kg av detta mjöl innehåller 12-13 % råprotein och 64-72 % stärkelse av torrs substansen (ts). Den drank som återstår, ca 0,32 kg, då etanolen tagits tillvara innehåller 32-41 % råprotein och 1,2-1,8 % stärkelse av ts (Spörndly, 2003; Elwinger, 2005; Simonsson, 2006; Agroetanol, 2008, 2009; SBI-Trading, 2008). Vete till etanolproduktion kommer från sorter med högt innehåll av stärkelse (Elvstrand, pers, 2008). Detta vete innehåller mindre protein än bagerivete, och dess kvävebehov ligger därför ca 15 kg/ha lägre vid odling i södra Sverige.

Det sädeslag som oftast används som råvara vid tillverkning av etanol i Sverige är höstvetete. Åren 2007-2009 odlades höstvetete med en genomsnittlig avkastning på 6 130 kg/ha på ca 320 000 ha (Jordbruksverket, 2011a; SCB, 2011). I Sverige finns drygt 2,6 miljoner hektar brukad åkermark. På Agroetanols fabrik i Norrköping produceras årligen 210 000 m³ etanol och 175 000 ton proteinfoder (drank) (Agroetanol, 2009, 2011). Produktionen baseras på 550 000 ton spannmål (huvudsakligen vete), vilket motsvarar 89 700 ha med den ovan angivna avkastningen för höstvetete. Agroetanol (2009, 2011) anger 100 000 ha baserat på 5 500 kg/ha där även andra spannmålsslag ingår, samt områden med lägre avkastning.

Spannmålsdrank används huvudsakligen till utfodring. Den kan utfodras antingen i blöt form (flytande med 8,5 % ts (SBI-Trading, 2008) eller 28 % ts (Agroetanol, 2008)), eller i torr form (med 90 % ts (Agroetanol, 2008)). Den torra formen säljs pelleterad under namnet Agrodrank 90. Vanligen utfodras nötkreatur och grisar med drank, men även andra djurslag inom jordbruket kan utfodras. Dranken kan även användas som biogasråvara, bränsle eller som organiskt gödselmedel. Efter jäsningsen återstår spannmålets smältbara protein i dranken i huvudsakligen oförändrad form (Norén & Danfors, 1981), medan nästan all stärkelse gått bort. Dranken blir därför ett proteinfoder.

Då etanolen har ett högre marknadsvärde (ca 5,40 SEK/liter = ca 6,90 SEK/kg) jämfört med drankens (ca 1,60 SEK/kg) är det av intresse att om möjligt öka utbytet av etanol. Då mer än 99 % av spannmålets stärkelse förbrukas i nuvarande etanolprocess betyder detta att en extra process måste omvandla något annat än stärkelse i spannmålen till etanol. För höstvetete och även andra spannmålsslag är detta cellulosa och hemicellulosa. Spörndly (2003) anger att höstvetete innehåller ca 14 % av ts NDF-fiber som i höstvetete huvudsakligen består av cellulosa och hemicellulosa. Detta att jämföras med ett stärkelseinnehåll på ca 64 % av ts i samma höstveteprov. Flera artikelförfattare anger att etanolutvinningen från majs kan ökas med 12-14 % om denna behandlas så att även fiberpolysackarider (cellulosa och hemicellulosa) kan utnyttjas för produktion av etanol (Schell m.fl., 2004; Dien m.fl., 2008; Kim m.fl., 2008a; Kim

m.fl., 2008b; Ladisch m.fl., 2008; Perkis m.fl., 2008). Detsamma borde gälla andra spannmålsslag såsom t.ex. höstvetete. Detta under förutsättning att både hexoser och pentoser kan jäsas till etanol.

Livscykelanalyser och energibalanser av odling av spannmål till etanol under svenska förhållanden har under senare år främst gjorts av Börjesson m.fl. (2010) och Börjesson (2006). I dessa båda studier har precis som i den här studien odlingen av höstvetete fram till etanol färdig att tanka studerats. Att även markkolet ingår i Börjesson m.fl. (2010):s studie är en skillnad mot vår studie. Börjesson m.fl. (2010) har även gjort en systemutvidgning där dranken ersätts sojamjöl och foderkorn i olika mängder, vilket liknar förfarandet i utfodringsdelen i den här studien. Skillnaden är att Börjesson m.fl. (2010) har inte preciserat vilka djurslag som skulle utfodras, och har inte räknat på några foderstater.

2 SYFTE

Arbetets syfte var att utvärdera hur spannmålsdrink kan användas i olika applikationer, samt att beräkna dess ekonomiska värde och produktionskostnader vid dessa användningar. Vidare att ta fram miljöbelastning såsom bl.a. emissioner av växthusgaser och energibehov vid de olika användningarna vid produktion av etanol och drank. Syftet var vidare att belysa de olika problem som finns för varje användningsområde, samt att peka på kunskapsluckor där framtida forskning behövs. Vidare att analysera betydelsen av att dranken behandlas med ytterligare en process, där en del av spannmålets cellulosa och hemicellulosa omvandlas till etanol, och sekundärdrink erhålles.

3 METODIK

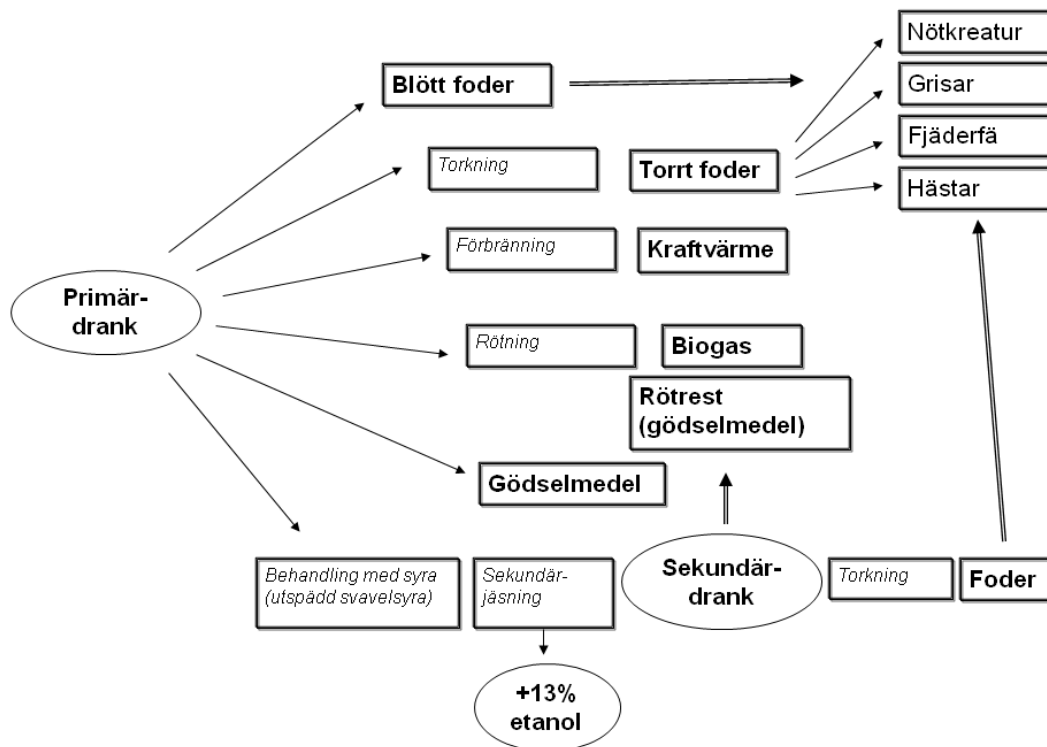
Studien bygger till stor del på litteraturuppgifter som i många fall har bearbetats i egna beräkningar samt tolkats i enlighet projektets syfte. En del av de ekonomiska uppgifterna, samt en del uppgifter om utfodring av de olika djurslagen, har tagits fram genom intervjuer av nyckelpersoner. I studien ingick både konventionell (primär) drank och sekundärdrink efter råvara där etanolutbytet ökats med 13 % genom att en del av drankens cellulosa och hemicellulosa omvandlats till etanol med ett extra processteg.

I litteraturstudier har gjorts en grundlig genomgång av hur etanol kan produceras från spannmål och vilka processer som tillkommer om man vill öka etanolutbytet genom att även nyttja den cellulosa och/eller hemicellulosa som ingår i spannmålen. Inverkan på drankens sammansättning, möjliga problem och processer har studerats.

Omfattande ekonomiska beräkningar har gjorts av drankens värde vid olika användning, samt den för dessa användningar resulterande produktionskostnaden för etanol till fordonsbränsle. På liknande sätt har livscykelanalyser gjorts, där även energin ingår, för produktion av etanol och drank där dranken används till olika ändamål. Slutligen har uppskattningar gjorts av hur stor andel av den drank som är möjlig att producera inom Sverige som kan konsumeras vid olika användning.

3.1 Studiens omfattning

I figur 1 ges en sammanfattning av vad den här studien omfattar: användning av ordinär (primär) drank både som blöt och torr. Behandling av denna drank i en sekundär process med utspädd svavelsyra och värme för att hydrolysera en del av spannmålens cellulosa och hemicellulosa, och sedan jäsnings av erhållna sockerarter i en sekundär jäsnings för att öka det totala utbytet av etanol med ca 13 % jämfört med den ursprungliga primära processen. Studier har gjorts av användningen av denna sekundära drank till samma ändamål som den primära dranken används till. Den primära dranken kallas DDGS (Dried Distiller's Grain with Solubles) om den är torr och DGS (Distiller's Grain with Solubles) om den är blöt (våt) och den sekundära dranken kallas eDDGS (enhanced Dried Distiller's Grain with Solubles) om den är torr och eDGS (enhanced Distiller's Grain with Solubles) om den är blöt. Dessa begrepp används i stor omfattning i den här studien. Drankbegrepp förklaras i bilaga 1. Både primär- och sekundärdrank studeras både torr (DDGS/eDDGS) och blöt (DGS/eDGS) vid utfodring av nötkreatur (idisslare), grisar, fjäderfä och hästar. Till kraftvärme (förbränning), gödselmedel och rötning till biogas studeras huvudsakligen blöt drank (DGS/eDGS). I någon delstudie ingår torr drank även till kraftvärme (förbränning) och gödselmedel.



Figur 1. Användning av primärdrank och vidare behandling av denna till sekundärdrank och dess användning, såsom studerats i den här studien.

Halmen som normalt lämnas kvar på fälten har inte ingått i de studerade systemen i den här studien. Undantag är där halmen tas in i några av de jämförande studierna vid beräkningen av energibalanserna. Hänsyn till förändringar av markens innehåll av kol har inte tagits vid beräkningarna av emissionerna av växthusgaser.

3.2 Drank som foder

Drankens användning som foder till olika djurslag (här främst nötkreatur, grisar, fjäderfän och hästar) har studerats i litteraturstudier. Fodervärde som näringsinnehåll, omsättbar energi och smältbarhet har studerats. Dessutom begränsningar för de olika djurslagen. Möjliga mängder till respektive djurslag har tagits fram både via litteraturen och egna beräkningar med enkla foderstater. På så sätt har de olika djurslagens potentialer för drankkonsumtion kunnat beräknas. Uppskattningar har även gjorts på sekundärdrank där även en del spannmålsens cellulosa och hemicellulosa använts till etanolproduktion.

Vid beräkningarna av drankens ekonomiska värde utifrån värdet på sojamjöl och korn, vid utfodring av olika djurslag, har omsättbar energi och smältbart råprotein eller smältbart lysin för respektive djurslag (se bilaga 4), i förhållande till innehållen av dessa ämnen i sojamjöl och korn, ingått i beräkningsmodellen. För fjäderfä har dessutom i ett fall smältbart metionin ingått i beräkningsmodellen istället för smältbart lysin. På motsvarande sätt har även innehållen av omsättbar energi och smältbart råprotein, smältbart lysin eller smältbart metionin ingått i livscykelanalyserna vid beräkning av hur mycket korn och sojamjöl dranken kan ersätta vid utfodring av olika djurslag (se bilaga 8 och 9).

3.3 Drank till förbränning och gödselmedel

Drankens egenskaper vid eldning och som gödselmedel har beskrivits utifrån litteraturstudier av hur liknande produkter, här främst rapsepxeller och rapskaka, har haft för egenskaper och betett sig vid dessa applikationer. Dessutom har hänsyn tagits till elementarsammansättningen hos drank, och då främst inverkan på askans egenskaper vid eldning, respektive växtnäringssinnehållet vid användning som gödselmedel (se bilaga 4). Elementarsammansättningen hos sekundärdrank, där även en del av cellulosan och hemicellulosan använts för etanolproduktion, har beräknats utifrån hur mycket av spannmålsens cellulosa och hemicellulosa som förbrukas vid denna process. Drankens ekonomiska värde som bränsle har beräknats utifrån dess värmevärde i förhållande till det ekonomiska värdet och värmevärdet hos skogsflis. Drankens ekonomiska värde som gödselmedel har beräknats utifrån det ekonomiska värdet hos näringsämnen kväve (N), fosfor (P) och kalium (K) i konstgödsel. I livscykelanalyserna har beräknats hur mycket skogsflis dranken kan ersätta vid eldning och den miljöbelastning som sparas in då dranken används som bränsle (se bilaga 8 och 9). Då dranken används som gödselmedel, har i stället den miljöbelastning vid produktion av konstgödselmedel N, P och K som sparas in, då dranken ersätter NPK-konstgödsel, beräknats.

3.4 Drank som biogasråvara

Drankens egenskaper och potential som biogasråvara har studerats i litteraturstudier. Beräkningar av mängden gas som kan produceras vid rötningen har gjorts både utifrån drankens innehåll av kolhydrater, fett och protein och utifrån drankens elementarsammansättning. Teorin bakom dessa sätt att uppskatta metangaspotentialen beskrivs ingående. För sekundärdrank, där även en del av cellulosan och hemicellulosan används för etanolproduktion, beräknas innehåll av kolhydrater, fett och protein samt elementarsammansättningen och därmed metangaspotentialen.

Drankens ekonomiska värde som biogasråvara har beräknats utifrån det ekonomiska värdet hos den värme (som fjärrvärme) och el som dranken ersätter då gasen används vid framställning av småskalig kraftvärme på samma sätt som då t.ex. gasen från rötning av en vallgröda utnyttjas (se bilaga 4). Rötningens kostnaden har beräknats utifrån att biogasen producerats i en

större gårdsbiogasanläggning av tysk modell (Eder m.fl., 2006) där försvenskade kostnader för drift, avskrivning och ränta ingår (se bilaga 5). Biogasen omvandlas till el som säljs till elnätet och till fjärrvärme av vilken hälften antas kunna säljas till ett fjärrvärmenät (se bilaga 4). Den totala elverkningsgraden har antagits bli 32,2 %, och 55 % av biogasens effektiva energiinnehåll bli till försäljningsbar värme. Priset för såld el har antagits bestå av elpris (Nordpool), elcertifikat och nätnytta. Priset för fjärrvärmen har antagits vara löpande pris till konsument exkl. moms. Rötresten har antagits kunna säljas som växtnäring där drankens näringsämnen antagits vara kvar utan förluster efter rötningen. Rötrestens värde som växtnäring har beräknats på samma sätt som då dranken enbart använts som gödselmedel (se ovan). Drankens värde har beräknats utifrån försäljning av el, fjärrvärme och rötrest (växtnäring) minus eventuella process(rötning)kostnader för rötningen (se bilaga 5) i ovan beskrivna biogasanläggning. Utröttningsgraden har antagits bli 80 eller 60 %. Biogasens värde har beräknats både inklusive och exklusive rötningkostnaderna (kostnaderna för drift, ränta och avskrivning av biogasanläggningen).

I livscykelanalyserna har beräknats hur mycket vallgröda till biogas som dranken kan ersätta, och den miljöbelastning som sparas in då denna vallgröda inte behöver odlas (se bilaga 8 och 9). Dessutom tas hänsyn till den växtnäring som finns i biogasarötresten från dranken, och hur mycket rötrest från vallgröda som denna kan ersätta, utifrån beräkningar av de båda rötresternas växtnäringinnehåll. För skillnader i växtnäringinnehåll mellan dessa båda rötrester kompenseras med att växtnäring som kväve (N), fosfor (P) och kalium (K) i konstgödsel ersätts.

3.5 Ekonomiska beräkningar

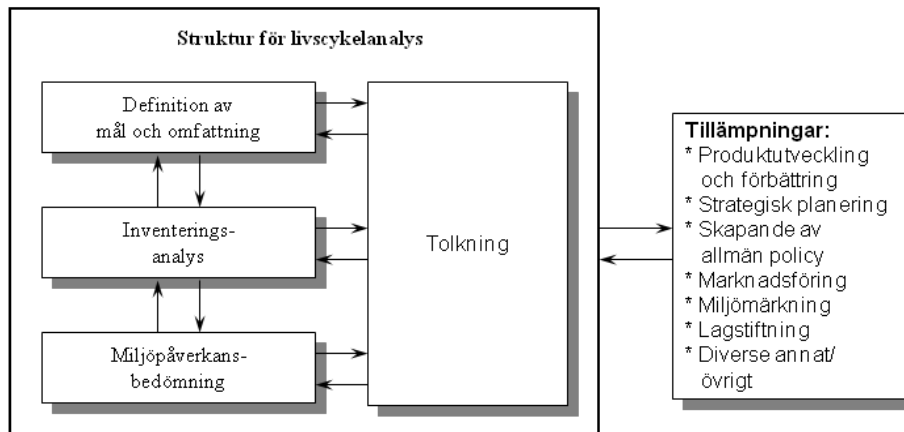
I ekonomiska kalkyler beräknades drankens värde utifrån värdet på de produkter som dranken kan ersätta vid olika användningar, t.ex. som foder till nötkreatur, grisar, fjäderfän och hästar, eldning för värme, gödselmedel och biogasaråvara (el och värme från kraftvärme). Då prisnivån på dessa produkter varierar en hel del över tiden studerades variationen under åren 2005-2010. Produktionskostnaderna beräknades för hela produktionskedjan från odling via etanol-fabriken fram till färdig etanol och drank (se bilaga 6 och 7). Som referensår för kostnaden i de olika processtegen sattes 2009. Slutligen beräknades etanolens värde utifrån produktionskostnaderna och att dranken kunde säljas för det värde den fått vid de olika användningarna enligt ovan. Dessutom beräknades avkastningen (vinst eller förlust) räknat per hektar, om etanolen kunde säljas för 5,40 SEK/liter (6,90 SEK/kg) med produktionskostnader och värde på dranken enligt vad som beskrivits ovan. Avskrivning och ränta har, för alla investeringar, maskinerna som används vid odlingen av höstvetet och etanolanläggningen, beräknats med annuitet som tar hänsyn till ränta på ränta-effekter (för förklaring se bilaga 6).

3.6 Livscykelanalyser (LCA)

En livscykelanalys med utvidgade system gjordes på olika användningar av dranken, t.ex. som foder till nötkreatur, grisar, fjäderfän och hästar, eldning för värme, gödselmedel och biogasaråvara.

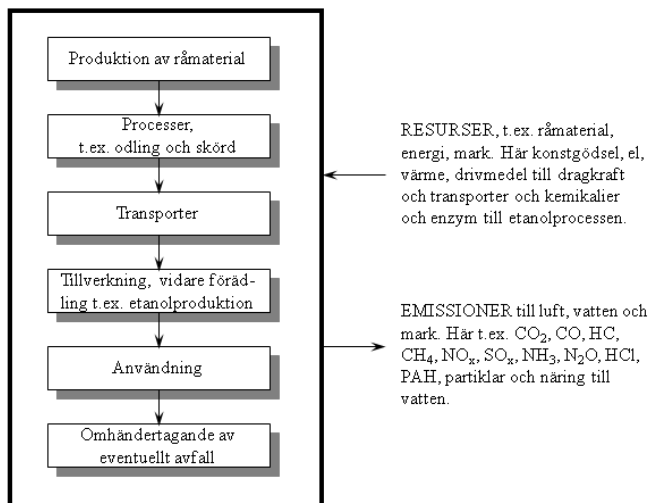
Livscykelanalys (LCA) kan enkelt definieras som en process för att summera resurs- och miljökonsekvenser av samtliga aktiviteter från vaggan till graven som behövs för att en produkt (här etanol som drivmedel med inverkan av hur biprodukten drank används) eller tjänst ska uppfylla sin funktion (Lindfors m.fl., 1995; Lindfors & Svensson, 1996; ISO, 1997, 2006; Wenzel m.fl., 1997; Lindahl m.fl., 2001; Rydh m.fl., 2002; Baumann & Tillman, 2004).

Det finns fyra faser i en livscykelanalys enligt ISO 14040 (ISO, 1997, 2006): 1. Definition av mål och omfattning; 2. Inventeringsanalys; 3. Miljöpåverkansbedömning; och 4. Tolkning av resultaten. Denna struktur för en livscykelanalys visas i figur 2.



Figur 2. Strukturen hos en livscykelanalys (efter ISO, 1997, 2006).

Då en produkt följs hela vägen från vaggan till graven, sammanställer man energibehov och noterar emissioner av de ämnen man vill studera genom hela livscykeln. Därmed kan den totala miljöbelastningen beräknas. Livscykelanalysen begränsas av sina yttre systemgränser (se figur 3). Energi- och materialflöden in genom systemgränserna benämns "inputs" (resurser) och ut genom systemgränserna benämns "outputs" (emissioner).



Figur 3. Schematisk beskrivning av livscykelanalys (efter Baumann & Tillman, 2004).

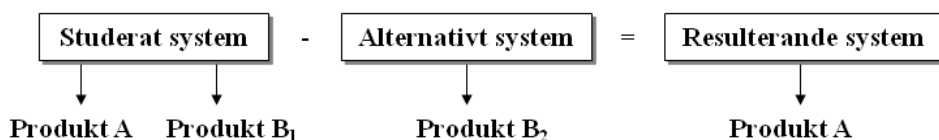
Under en livscykelanalys kan emissionerna kategoriseras i olika miljöpåverkanskategorier, t.ex. inverkan på global uppvärmning (GWP: global warming potential), inverkan på försurning (AP: acidification potential), växtgödande inverkan (EP: eutrophication potential) och inverkan på bildning av fotokemisk smog (POCP: photochemical ozone creation potential) (Lindfors m.fl., 1995; Wenzel m.fl., 1997; Lindahl m.fl., 2001; Rydh m.fl., 2002; Baumann & Tillman, 2004) som alla ingår i den här studien. Dessutom brukar ofta toxicitet för ekosystem och människor ingå, men detta har vi valt att utesluta i den här studien. Energibehoven, som ingår i den här studien, brukar även inkluderas då omvandlingen av energi mellan olika for-

mer ofta kräver produktionsprocesser som ger upphov till mycket emissioner, och därmed stor miljöpåverkan.

På grund av klassificeringen i olika miljöpåverkanskategorier blir resultaten lättare att greppa och därmed att förstå. Ibland värderas resultaten med någon form av värderingsmetod. Det finns emellertid ingen vetenskaplig grund för att reducera resultaten från en livscykelanalys till ett enda värde. Detta har därför inte gjorts i den här studien.

Då en produktionsprocess ofta ger upphov till flera produkter, i den här studien etanol och drank, måste systemets totala miljöbelastning fördelas mellan dessa på ett lämpligt sätt. Denna process kallas allokering. Flera olika metoder kan användas för allokering (Lindfors m.fl., 1995; Wenzel m.fl., 1997; Lindahl m.fl., 2001; Rydh m.fl., 2002; Baumann & Tillman, 2004) och det finns inga enhetliga regler angående vilken metod som är bäst. Valet av allokeringsslag kommer att påverka resultatet i betydande grad (se tabell 33) och det är viktigt att man förstår inverkan av allokeringen i den studie man gör.

Om möjligt ska allokering undvikas och ett sätt att uppnå detta är att utvidga systemet då t.ex. miljöbelastningen för produkt A i figur 4 (i den här studien etanol som fordonsbränsle) ska beräknas (Lindfors m.fl., 1995; Wenzel m.fl., 1997; Lindahl m.fl., 2001; Rydh m.fl., 2002; Baumann & Tillman, 2004). Det studerade systemet producerar två produkter A och B₁ (i den här studien etanol som fordonsbränsle respektive drank) från samma process. Vid systemutvidgningen inkluderas en produkt B₂ i systemet (B₂ kan vara flera produkter, i den här studien då dranken: 1. vid utfodring av nötkreatur, grisar, fjäderfä och hästar: ersätter **sojamjöl** och **korn**; 2. vid eldning i värmeverk: ersätter **skogsflis**; 3. vid gödsling: ersätter **konstgödsel**; och 4. vid biogasframställning: ersätter **biogas från vall** och rötresten sedan ersätter **rötrest från vall** och **konstgödsel**). Produkterna B₁ och B₂ motsvarar varandra och antas ha samma funktion. Efter att miljöbelastningen för den ersatta produkten B₂ har subtraherats från det studerade systemet, motsvarar miljöbelastningen för det resulterande systemet miljöbelastningen för produkt A (här etanol som fordonsbränsle). Detta analysförfarande har den egenskapen att miljöbelastningen för etanol som fordonsbränsle kan studeras vid olika användningar av dranken. En så låg miljöbelastning som möjligt för etanolen (produkt A) är fördelaktigast och visar att denna användning av dranken tar bort den största möjliga miljöbelastningen från det utvidgade systemet. Även dranken ger då en så låg miljöbelastning som möjligt. Därför valde vi det här förfarandet att med hjälp av livscykelanalysteknik utvärdera drankens miljöbelastning vid olika användningar.



Figur 4. Principen för systemexpansion för undvikande av allokering (efter ISO, 1998, 2006 Lindahl m.fl., 2001; Rydh m.fl., 2002; Baumann & Tillman, 2004).

Den funktionella enheten till vilken miljöbelastningen i livscykelanalyserna relateras är 1,0 MJ energi som det effektiva (lägre) värmevärdet i den producerade etanolen, dvs. 1,0 MJ_{etanol} (g/MJ_{etanol} eller MJ/MJ_{etanol}). Emellertid så redovisas i tabellerna med resultaten, energiinsatsen även med den funktionella enheten 1 hektar (ha). Detta då energiinsatsen är en av de viktigaste miljöpåverkanskategorierna, då den i hög grad påverkar storleken hos de andra miljöpåverkanskategorierna. Dessutom görs alla beräkningarna i livscykelanalyserna från början med den funktionella enheten 1 hektar, och division med etanolens energiinnehåll sker i livscykelanalysens sista steg (se tabellerna i bilaga 9). Vi har valt att utgå från den funktionella

enheten 1 ha på grund av att beräkningarna blir lättare att utföra då man från början utgår från skörden av höstvetete per hektar (man får en referens som är lätt att förstå och hålla kontroll på). Allt annat i hela produktionskedjan relateras till ett hektar.

I livscykelanalysen ingår följande emissioner till luft: CO₂ (fossilt ursprung), CO, HC (kolväten exklusive metan), CH₄, NO_x (kväveoxider), SO_x (svaveloxider), NH₃, N₂O och HCl. Till vatten via marken ingår NO₃⁻ (nitrat), PO₄³⁻ (fosfat), NH₃ och N₂O. NO₃⁻ räknas om till PO₄³⁻-ekvivalenter genom division med 10,45. Dessa emissioner klassificeras i följande miljöpåverkanskategorier: växthusgaser (GWP), försurande ämnen (AP), gödande ämnen (EP) och fotokemiskt smogbildande ämnen (POCP) (se tabell 1). Markemissionerna nitrat och fosfat ingår i miljöpåverkanskategorin gödande ämnen (EP). Förutom ovan nämnda miljöpåverkanskategorier ingår även insatt energi som en egen miljöpåverkanskategori. För alla bränslen som använts i systemet har energiinnehållet uttryckts som det effektiva (lägre) värmevärdet. Insatserna av el och värme har räknats tillbaka till primäre energi. Angivna emissioner av PAH (polycykliska aromatiska kolväten) och partiklar ingår inte i några miljöpåverkanskategorier och har inte använts i senare beräkningar.

Livscykelanalyser där alla tänkbara emissioner ingår är oftast för tids- och resurskrävande att göra i de flesta fall. Därför måste antalet emissioner i de flesta fall begränsas, och därför studeras endast de som har störst betydelse. I den här studien har därför emissionerna begränsats till de som ingår i global uppvärmning (GWP:100 års), försurning (AP), är växtgödande (EP) och/eller bildar fotokemisk smog (POCP). Livscykelanalysen blir på grund av detta av begränsad typ och ej fullständig. I tabell 1 anges de olika emissionernas inverkan på de miljöpåverkanskategorier som studerats i den här studien.

Tabell 1. De olika emissionernas inverkan på de olika miljöpåverkanskategorierna som ingår i den här studien (Hauschild & Wenzel, 1998)

Emissioner till luft	GWP ₁₀₀ års (g CO ₂ -ekv/g)	AP (g SO ₂ -ekv/g)	EP (g PO ₄ ³⁻ -ekv/g)	POCP (g C ₂ H ₄ -ekv/g)
CO ₂	1			
SO ₂ , SO _x		1		
NO _x		0,7	0,13	
NH ₃		1,88	0,35	
CO	2			0,04
HCl		0,88		
CH ₄	23 ^a			0,007
HC				0,4
N ₂ O	296 ^a			

^a Källa: IPCC (2001).

3.7 Känslighetsanalyser

Då prisnivån för spannmål, foderprodukter, konstgödsel och el varierat mycket under de senaste åren, redovisas de ekonomiska beräkningarna för sex olika år (se tabellerna 13, 15, 17 och 18). Dessutom har beräkningar gjorts, i känslighetsanalyser, av hur drankens värde påverkas om prisnivån på de viktigare faktorerna skulle öka eller minska med 20 %. Tillsammans bör detta ge en indikation på hur drankens värde vid olika användningar kan variera under de närmaste åren. I livscykelanalyserna har känslighetsanalyser gjorts där insatsen eller emissionsnivåerna från de viktigare faktorerna ökar eller minskar med 20 % (se bilaga 10). I både de ekonomiska kalkylerna och livscykelanalyserna, har inverkan av att antingen aminosyror lysin eller metionin används som dimensionerande näringsämne jämfört med den omsättbara energin studerats, då dranken används som foder till fjäderfä. Detta blir en typ av känslighetsanalys. I livscykelanalyserna, har inverkan av två olika källor till emissionsnivåerna för pro-

duktionen av det sojamjöl (Jungk m.fl., 2000 eller Flysjö m.fl., 2008) som ska ersättas av dranken studerats. Dessutom, har inverkan av att dranken torkas eller inte torkas i de fall där detta är relevant studerats.

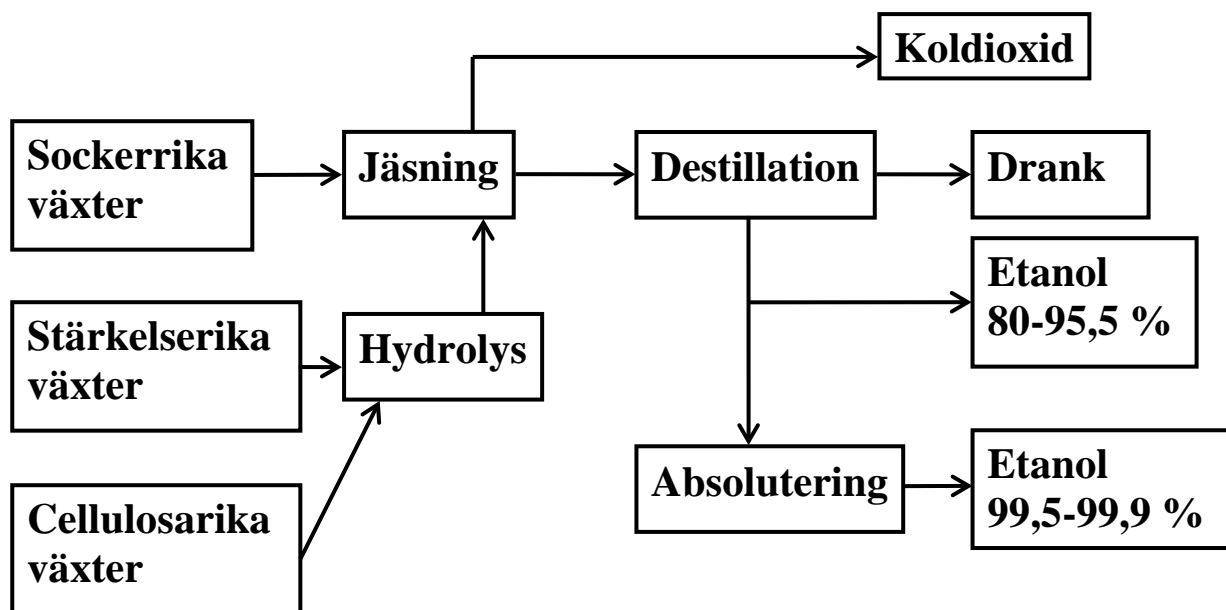
3.8 Produktionspotential och avsättningsmöjligheter

Vid beräkning av möjlig produktion antogs att halva medelarealen, de tre senaste åren, av dagens odling av höstvet, vårvet, höstkorn, vårkorn och rågvete skulle kunna användas till produktion av etanol. Denna etanolproduktion beräknades. Därefter beräknades hur mycket nuvarande djurbestand skulle kunna äta av den resulterande dranken, utifrån foderstatsberäkningar som tidigare gjorts. På så sätt erhöles den andel av dranken som djuren skulle kunna konsumera. Detta gjordes både för primärdrank och för sekundärdrank. Vid bedömning av hur mycket drank som skulle kunna eldas, gjordes jämförelser med hur mycket träpellets och hur mycket fjärrvärme som bibränslen, torv och avfall m.m. som förbrukas årligen i Sverige. Som gödselmedel bedöms obegränsat med drank kunna användas. Vad gäller potentialen som biogasråvara görs jämförelser med biogaspotentialen från andra substrat och en diskussion förs om hur mycket drank som skulle kunna rötas i gemensamma framtida anläggningar.

4 PRODUKTION AV ETANOL MED BIPRODUKTER

4.1 Produktion av etanol från olika typer av växtmaterial samt grundläggande teori

De växtmaterial som är användbara för etanolproduktion är dels sockerrika växter såsom sockerbetor och sockerrör, dels stärkelserika växter såsom spannmål och potatis, samt cellulosarika växter såsom t.ex. halm och ved (Norén & Danfors, 1981) (se figur 5 för en schematisk beskrivning). När det gäller sockerrika växter kan en förjäsning ske direkt. Då det gäller stärkelserika växter och cellulosarika växter måste först stärkelsen respektive cellulosan överföras till socker, vilket sker genom sur och/eller enzymatisk hydrolys. Ifråga om de stärkelserika växterna kan hydrolys ske genom uppvärmning, av t.ex. spannmål till ca 95°C, och tillsättning av enzymer. Cellulosarika växter kan hydrolyseras antingen med hjälp av mineralsyror eller med hjälp av eventuella enzymer.



Figur 5. Tillverkningsprocess vid framställning av etanol ur olika växtmaterial (efter Norén & Danfors, 1981).

Vid jäsningen bildas etanol och koldioxid (Norén & Danfors, 1981) (se figur 5). Jäst tillsätts för att denna process skall äga rum på kort tid. Viktmässigt bildas ungefär lika stora kvantiteter etanol och koldioxid. Trots detta återfinns mer än 90 % av sockrets ursprungliga energiinnehåll i etanolen.

Då jäsningen är klar, har man en blandning av etanol, vatten och restprodukter av råvaran (drank) (Norén & Danfors, 1981) (se figur 5). För att skilja etanolen från mäsken gör man en stegvis destillation. Etanolen som kokar vid 78,3°C är mer flyktig än vatten som kokar vid 100°C. Kokpunkten för en blandning mellan etanol och vatten är beroende av proportionerna mellan dessa och ligger mellan de två ovan nämnda temperaturerna. Vid en etanolkoncentration på 95,6 % erhålls en s.k. azeotrop blandning, som har en något lägre kokpunkt än den rena alkoholen. När denna blandning kokar innehåller alltså ångan 95,6 % etanol och 4,4 % vatten. Av den anledningen kan inte etanol få en högre koncentration än 95,6 % genom vanlig destillation.

Ofta används två eller flera destillationskolonner för att destillera (se figur 6) mäsken som innehåller 8-12 % etanol, till 95 %:ig etanol (Norén & Danfors, 1981). I den första kolonnen produceras vanligen en blandning som innehåller ca 50 % etanol och resten vatten. Destillatet går sedan vidare till de efterföljande kolonnerna tills 95 %:ig etanol erhålls.

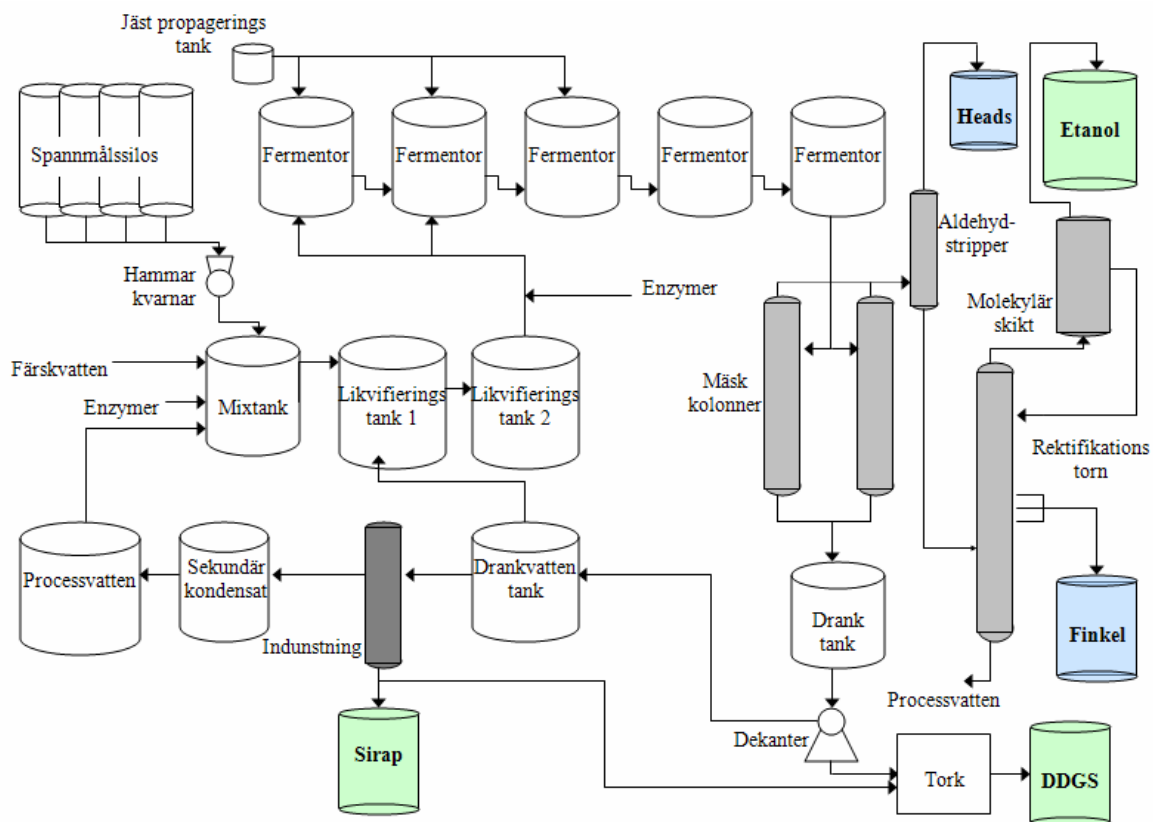
Om man vill ha en absolut etanol (99,9 %:ig etanol) måste etanolen absoluteras (Norén & Danfors, 1981) (se figur 5). Numera sker detta steg oftast i ett molekylsäll eller liknande (Paulsson, 2007).

4.2 Process vid produktion av etanol från spannmål

Den etanol som produceras i Agroetanols fabrik i Norrköping baseras på en spannmålsmix av vete, rågvete och korn (Paulsson, 2007). Efter mottagningen rensas föroreningar bort innan spannmålen mals till ett mjöl som är något grövre än grahamsmjöl. Mjölet blandas därefter med processvatten och färskvatten i mixtanken (se figur 6), där även enzymer och jästnäring

(gör att jästen trivs bättre senare i processen) tillsätts. Fosforsyra tillsätts för att justera blandningens pH. Upphållstiden i mixtanken är ca en timme.

Från mixtanken pumpas blandningen vidare till likvifieringstankarna (figur 6), där mer enzymer och värme i form av ånga sätts till för att omvandla stärkelse till socker vid likvifieringen (Paulsson, 2007). Den totala uppehållstiden i likvifieringstankarna är ca 4 timmar. Mäsken kyls sedan innan den fortsätter till fermenteringstankarna (figur 6). Värmen som bortförs åter används till största delen i processen, men en viss del av denna kyls bort i kyltorn. I kyltornen avgår vatten till luften i form av ånga. Det finns fem jästankar som mäsken ska passera innan fermenteringen är slutförd (figur 6). Det tar 50-60 timmar innan fermenteringen är klar, etanolhalten är då ca 10 % och mäsken kan lämna den sista fermenteringstanken. Mäsken pumpas därefter vidare till destilleriet, där mäsken värms upp så att etanolen kokas bort och på så sätt skiljs av från denna i två kolonner (mäskkolonner). Aldehyder som också bildats vid jäsningsen skiljs av från etanolen, som biprodukten heads, i en aldehydstripper. För att avskilja det vatten som följt med från kolonnerna används ett rektifikationstorn (figur 6) där vatten, etanol och finkel skiljs från vartannat. Sista reningen upp till helt ren etanol (99,8 %) sker i en molekylsikt. I destilleriet förbrukas en stor mängd värme i form av ånga och därför återvinns här överskottsvärmen så långt möjligt.



Figur 6. Processkiss över Agroetanols anläggning i Norrköping (Paulsson, 2007). Sirap motsvarar Agrodrank 27 och Agrodrank 10, och DDGS motsvarar Agrodrank 90.

Drank erhålls som en rest då etanolen drivits bort från mäsken under destillationen (Paulsson, 2007). För att få ett bra foder, som är lätt att transportera och lagra, måste den största delen av vattnet i dranken avskiljas. Det första steget för att avskilja vatten från dranken sker genom

centrifugering i dekantrar (se figur 6). Från dekantrarna erhålls drankvatten och våtkaka (se bilaga 1 för förklaring).

Drankvattnet som har en torrsubstanshalt på ca 11 % pumpas till indunstningen där vatten avskiljs (Paulsson, 2007). Detta frångiljda vatten återförs som processvatten till mixtanken (figur 6). Indunstningen fungerar som ett stort kokkärl där fläktar skapar ett undertryck så att vattnet kan kokas bort vid en lägre temperatur än vid normalt atmosfärstryck. Dessutom erhålls sirap (se bilaga 1 för förklaring). Sirapen används vid pelletering av dranken (se kapitel 4.6 Pelletering av drank). Sirapen (Agrodrank 27 och Agrodrank 10) kan även användas direkt som foder, gödsel eller råvara vid biogasproduktion.

Den våtkaka som erhålls från dekantrarna skickas tillsammans med en del av sirapen till torkarna där den torkas till en torrsubstanshalt på ca 91 %.

De torkgaser som lämnar torkarna släpps ej ut direkt. Förutom vattenånga innehåller de en del kolväten som förbränns i en termisk oxidationsanläggning, en s.k. RTO (Paulsson, 2007). I RTO:n tillsätts gasol för att hålla temperaturen över bädden på en jämn och hög nivå. Förbränning av kolväten görs främst för att minska de problem som funnits med dålig lukt runt anläggningen.

I etanolprocessen förbrukas energi i form av ånga (värme) och el (Paulsson, 2007). Ånga förbrukas främst i destilleriet och i torkarna men även vid likvifieringen. El förbrukas främst vid malning, pelletering och indunstning som tillsammans står för mer än 50 % av den totala elförbrukningen. Gasol förbrukas bara i RTO:n. Andra insatsmedel som förbrukas i processen är svavelsyra, fosforsyra, natriumhydroxid, kvävetillskott och olika enzymer.

Jämfört med i vetekärnorna blir halterna av aska, kväve, fiber och flera andra näringsämnen ungefär 3 gånger så hög i vededrank (Slätt, 2008). Energin i dranken finns huvudsakligen i nedbrytbara fibrer och i fett tillskillnad från råvarorna där den främst finns i stärkelse men även i en mindre mängd socker (Carlsson, 2007, se även Spörndly, 2003). Variationer i råproteininnehåll hos drank med ursprung i samma gröda kan bero på hur väl utvecklad kärnan blivit under växtsäsongen samt på skillnader i fermentationsprocessen (Carlsson, 2007). Mycket av det våmnedbrytbara (lätt nedbrytbara) proteinet i råvaran bryts ner under fermentationen i etanolframställningen, vilket leder till att proportionen av våmstabil protein (mer svårnedbrytbart) är större i drankbiprodukten än i den ursprungliga grödan (Schroeder, 2003; Carlsson, 2007, se även Spörndly, 2003 och Agroetanol, 2008). Även torkningsprocessen har betydelse (se kapitel: 4.5 Torkning av drank). Dranken innehåller inga skadliga restprodukter (Carlsson, 2007).

4.3 Framtida alternativ där även etanol från spannmålens cellulosa och hemicellulosa utvinns

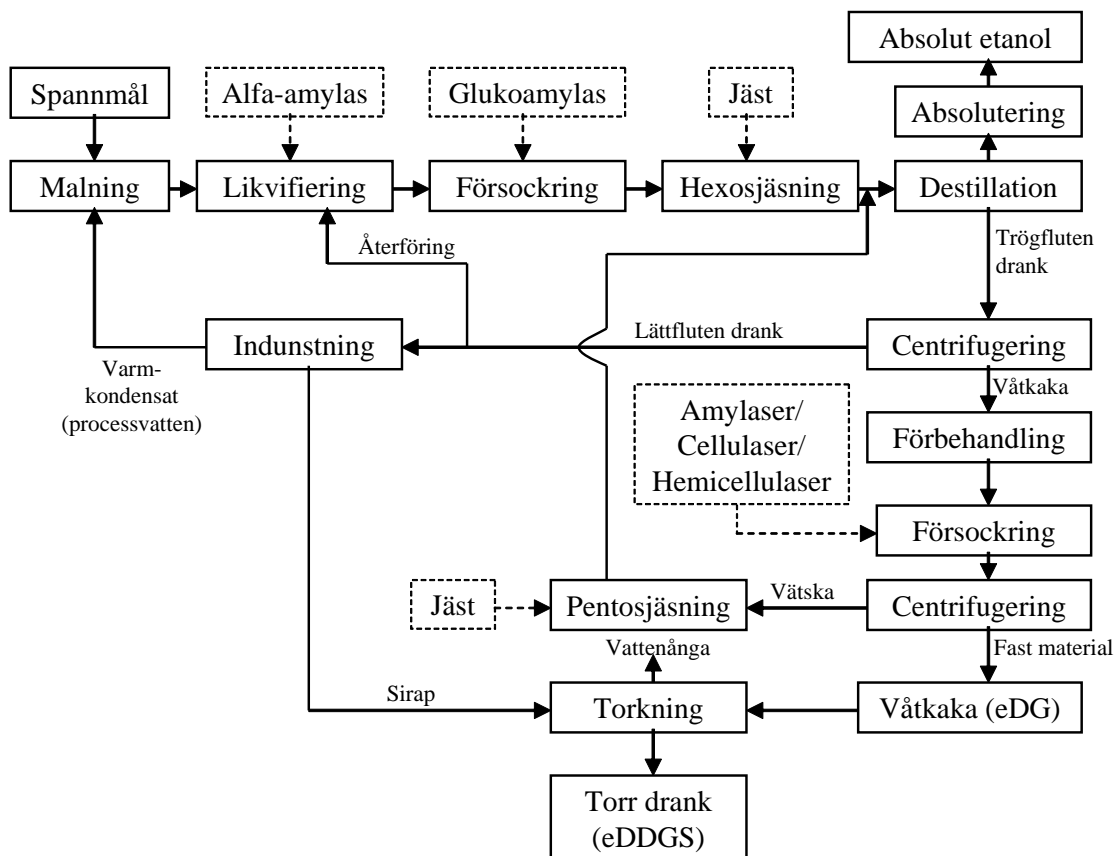
Mängden utvunnen etanol kan ökas om etanol även från spannmålens cellulosa, hemicellulosa och fiber kan utvinnas. Detta kan förbättra ekonomin i etanolproduktionen då huvudprodukten etanol är mer värdefull än dranken. Nackdelen är att kostnaden för etanolproduktionen stiger, samt att drankens sammansättning ändras.

Flera artikelförfattare anger att etanolutvinningen från majs kan ökas med 12-14 % om denna behandlas så att även fiberpolysackarider (cellulosa och hemicellulosa) kan utnyttjas för produktionen (Schell m.fl., 2004; Dien m.fl., 2008; Kim m.fl., 2008a; Kim m.fl., 2008b; Ladisch m.fl., 2008; Perkis m.fl., 2008). Detta under förutsättning att både hexoser och pentoser kan jäsas till etanol. Kan bara hexoserna nyttjas i etanoljäsningen kan etanolutvinningen bara ökas med 7-8 % (Kim m.fl., 2008a).

Det är även möjligt att på samma sätt öka etanolutvinningen med ca 14 % från svenska spannmålsråvaror som används av Agroetanol AB i Norrköping (Linde m.fl., 2008). Från ett mjöl bestående av 80 % vete och 20 % korn motsvarar detta att 425 liter etanol kan utvinnas per ton mjöl om enbart stärkelsen kan utnyttjas, och att ytterligare 59 liter etanol kan utvinnas per ton mjöl om även cellulosa och hemicellulosa kan utvinnas. Utan pentosjäsnings ökar etanolutvinningen bara med 5 % (20 liter per ton mjöl) med råvarorna enligt ovan.

4.3.1. Schematisk beskrivning av en möjlig process

I figur 7 ges ett exempel på en etanoljäsningsprocess där även cellulosa och hemicellulosa kan nyttjas för produktion av etanol. I detta exempel jäses hexoser och pentoser separat. Observera att det finns flera exempel där hexoserna och pentoserna jäses tillsammans i samma kärl (Kim m.fl., 2008b). System där hexoser och pentoser jäses tillsammans kräver utveckling av nya typer av jäst för fullgott utbyte av etanol. I figuren står eDG för enhanced (förbättrad) DG (Distiller's Grains) och eDDGS för enhanced (förbättrad) DDGS (Distiller's Dried Grains with Solubles). Dranktyperna eDG och eDDGS är exempel på sekundärdrank.



Figur 7. Exempel på en etanoljäsningsprocess där även cellulosa och hemicellulosa kan nyttjas för produktion av etanol. I detta exempel jäses hexoser och pentoser separat. Efter Kim m.fl. (2008b).

I och med att cellulosa och hemicellulosa även nyttjas i processen ökar mängden lättfluten drank (se figur 7) att indunsta med 20-30 %, jämfört med då dessa ämnen ej nyttjas (Kim m.fl., 2008b). Däremot minskar mängden vatten som måste torkas bort med 40-50 %, då våt-

kakan torkas till torr drank (eDDGS). Totalt medför detta att den totala mängden vatten som måste torkas bort minskar.

4.3.2 Bildning av oönskade ämnen under processen

Problem vid jäsning av fiberpolysackarider är att 2-5 gånger mer inhiberande ämnen (är toxiska för de etanolproducerande mikroberna) bildas vid hydrolysen av dessa jämfört med vid konventionell hydrolys av stärkelse (Kim m.fl., 2008b). De mest betydelsefulla av dessa inhibitorer är furfural och 5-hydroxi-metyl-2-furaldehyd (HMF) (Chotéborská m.fl., 2004). Hexoser bryts ner till HMF och pentoser bryts ner till furfural. Enligt Mosier m.fl. (2005) bryts mindre än 1 % av sockerarterna ned till oönskade produkter. Även ättiksyra, mjölksyra, myrsyra, acetaldehyd och glycerol som bildas vid processen har inhiberande verkan (Kim m.fl., 2008b). Glycerolen är ej giftig och verkar främst genom påverkan av det osmotiska trycket. Inhiberingen från furfural och HMF minskar om mycket jäst används vid etanoljäsningen, då denna kan konsumera dessa båda ämnen. Mäskens pH är viktigt att kunna kontrollera för att minimera effekten av inhiberande ämnen (Mosier m.fl., 2005; Kim m.fl., 2008b). Det kan hända att ett särskilt avgiftningssteg behövs för avlägsnandet av inhiberande ämnen om dessa orsakar problem (Schell m.fl., 2004). Problemen med toxiska biprodukter (inhiberande ämnen) ökar med starkare syra för hydrolysen, högre temperatur och längre uppehållstider (Palmarola-Adrados m.fl., 2005).

Processvatten (processvätska) kan inte återcirkuleras i processen hur mycket som helst, då denna återcirkulation medför att de inhiberande ämnena ackumuleras (Kim m.fl., 2008b). Dessa ämnen inhiberar både enzym och jäst. Problemet kan lösas genom kontroll av den mängd processvätska som återcirkuleras.

4.3.3 Alternativa metoder för förbehandling av dranken inför sekundär försockring och jäsning

Det finns flera olika sätt att förbehandla materialet innan etanoljäsningen för att hydrolysera och få ut etanol från sockerarterna i cellulosa och hemicellulosa. De vanligaste är värmebehandling med hetvatten, värmebehandling med s.k. ångexplosion (se nedan), ammoniakbehandling (AFEX) (se nedan) och behandling med svagsyrakatalysator (utspädd svavelsyra (H_2SO_4) eller svaveldioxid (SO_2)) (se nedan) (Wilkie m.fl., 2000). De ovan nämnda förbehandlingsmetoderna ökar materialets tillgänglighet vid en kombination med en efterföljande enzymatisk hydrolys. Även enbart enzymatisk hydrolys utan förbehandling förekommer.

Enbart enzymatisk hydrolys är inte så vanlig då den kväver en stor mängd av förhållandevis dyrt enzym och blir därför inte ekonomiskt konkurrenskraftig gentemot de andra metoderna för hydrolys av cellulosa och hemicellulosa (Wilkie m.fl., 2000). Dessutom är denna typ av hydrolys långsam och kräver flera dagars behandlingstid i reaktorn då de andra metoderna endast kräver minuter. Fördelen är frånvaron av sidoreaktioner som ger icke jäsbara sockerarter. Tillsats av ytaktiva medel har gjort den enzymatiska delen hydrolysen effektivare (Vallander m.fl., 2006).

Förbehandling med hetvatten (LHW: liquid hot water pretreatment) har visat sig effektivt kunna avlägsna och lösa hemicellulosafractionen hos motsträvig cellulosa biomassa, samt bryta upp cellulosa- och cellväggstrukturer och därmed underlätta den efterföljande hydrolysen (Weil m.fl., 1998; Kim m.fl., 2008a). Därmed omvandlas cellulosan lättare till glukos i den efterföljande hydrolysen. Vid behandling vid 160°C under 20 minuter löste sig 50 % av

det ingående materialet i majsfibrer. Förlusterna av kolhydrater genom nedbrytning var mindre än 1 % (Kim m.fl., 2008a). Vid över 180°C löses även en del lignin och vid 200-230°C löses nästan all hemicellulosa medan mindre än 10 % av cellulosan löses (Weil m.fl., 1998). Högre temperatur än 220°C blir för våldsam, då polysackariderna bryts ner i allt för hög grad. Det är även viktigt att pH hålls mellan 5 och 7 genom tillsats av t.ex. kaliumhydroxid (KOH) för att förhindra hydrolys av cellulosan och nedbrytning av bildat socker under värmebehandlingen. Själva hydrolysen av kolhydraterna till enkla sockerarter katalyseras i nästa behandlingssteg av små mängder syra (Weil m.fl., 1998) eller av enzym (Kim m.fl., 2008a). En fördel vid behandling med hetvatten är att man kan slippa val av syrabeständiga dyra material i reaktorn (Dien m.fl., 2006). Materialet måste dock tåla höga temperaturer.

Vid värmebehandling används ofta utspädd svavelsyra (H_2SO_4) eller svaveldioxid (SO_2) som svagsyrakatalysator. Linde m.fl. (2008) fick sitt största etanolutbyte vid värmebehandling, av ett mjöl bestående av 80 % vete och 20 % korn, vid 130°C i 40 minuter med 1 % H_2SO_4 som svagsyrakatalysator. Vid lägre syrakoncentrationer (t.ex. med 0,1 % H_2SO_4 vid 160°C i 40 minuter) minskar utbytet av xylos (-25 % i ex.) och därmed minskar mängden pentoser som kan jäsas till etanol. Utbytet av glukos påverkas inte av den lägre syrakoncentrationen. Palmarola-Adrados m.fl. (2005) fick liknande resultat som Linde m.fl. (2008) med vetekli, där störst andel pentoser bildades vid hydrolys med 1 % H_2SO_4 . 75 % av detta utbyte av pentoser kunde erhållas med 0,1-0,5 % H_2SO_4 . Chotěbarská m.fl. (2004) erhöll högst sockerutbyte från vetekli med 1 % H_2SO_4 , vid 130°C under 40 minuter. Dessutom bildades relativt lite av oönskade inhibitorer (se kapitel 4.3.2) i den här behandlingspunkten. Vid högre syrakoncentrationer, 3-4 % H_2SO_4 , bröts pentoserna ner, även vid lägre temperaturer, vilket ledde till ett sämre pentosutbyte. Höjs temperaturen, t.ex. till 170°C, leder även detta till att pentoserna bryts ner i högre grad (Palmarola-Adrados m.fl., 2005). Det förekommer även att koncentrerad svavelsyra används vid lägre temperatur. Mosier m.fl. (2005) anger ett exempel med 74 % H_2SO_4 vid 30°C i 2 timmar. Vid behandling av träråvara med svaveldioxid och sedan svavelsyra har en närmast fullständig utlösning av hemicellulosans socker uppnåtts (Vallander m.fl., 2006). Behandling med syra resulterar i extra kostnader såsom att korrosions- och syrabeständiga material som tål höga temperaturer måste väljas, samt att mäsken måste neutraliseras innan jäsning kan ske (Palmarola-Adrados m.fl., 2004; Dien m.fl., 2006). Neutralisation av syran ger salter som kan vara skadliga vid användning som djurfoder (Tucker m.fl., 2004).

Vid ångexplosion (steam explosion) behandlas mäsken med het ånga, ibland tillsammans med en inert gas, samt injektion av syra (Weil m.fl., 1998). Ångan tränger in i ligninet, cellulosan, och hemicellulosan. Trycket sänks mycket snabbt (ångexplosion, dekompression eller steam explosion) vilket resulterar i att materialet expanderar och att cellulosans tillgänglighet ökar. Det finns uppgifter om att ångbehandling av lignocellulosa biomassa varit lika effektiv även utan den explosiva dekompressionen (Weil m.fl., 1998). Ångbehandling 10 minuter vid 190°C följt av enzymatisk hydrolys var den behandling som gav högst totalt sockerutbyte vid behandling av stärkelsefria vetefiber (Palmarola-Adrados m.fl., 2004). Detta då ångbehandling vid 170-220°C under 5-30 minuter följt av enzymatisk hydrolys studerats.

Syra(SO_2)katalyserad ångexplosion är en kostnadseffektiv metod för förbehandling av lignocellulosarika produkter före enzymatisk försockring (Bura m.fl., 2002). Lägre reaktionstemperatur och kortare uppehållstider medför att mängden oönskade (inhiberande) nedbrytningsprodukter kan hållas nere. Tillgängligheten till cellulosan blir hög för de försockrande enzymen efter behandlingen, liksom att utbytet av socker från hemicellulosan blir högt. Maximalt sockerutbyte erhöles vid behandling vid 190°C, under 5 minuter och vid tillsats av 6 % svaveldioxid (SO_2).

Vid ammoniakbehandling (AFEX: ammonia fiber explosion treatment) sätts koncentrerad ammoniak i vätskeform till biomassan som upphettas till mer moderata temperaturer (70-100°C) och 10-27 bars tryck (Kim m.fl., 2008a). Efter en uppehållstid på 5 minuter upp till 30 minuter släpps trycket plötsligt. Ammoniaken kan återanvändas och recirkuleras i processen. Denna förbehandlingsmetod dekrystalliserar cellulosa, hydrolyserar delvis hemicellulosa, ökar porstorleken och flyttar ligninet till biomassans yta. Med drank som råvara har ett högt utbyte av glukos erhållits. Det är viktigt att upphettningen går snabbt vid förbehandlingen för att skadeverkan på kolhydrater och proteiner inte ska bli för stor. I jämförelse med andra behandlingsmetoder ger ammoniakbehandling (AFEX) mindre mängd inhiberande ämnen, men är sämre på att bryta ner hemicellulosans struktur (Bura m.fl., 2002). För att lösa detta problem krävs bättre enzymer.

Ett av de mer kritiska effekterna vid behandling av biomassa med ett extra processteg för högre etanolutvinning är hur slutprodukternas sammansättning påverkas av detta (Kim m.fl., 2008a). I drank (sekundär) från majs som förbehandlats med hetvatten har mängden råprotein ökat med 50 %, fiber minskat med 60 %, mängden fett ej påverkats och aska ökat med 13 % jämfört med i drank från obehandlad majs. I sekundärdrink från majs som förbehandlats med ammoniak (AFEX) har mängden råprotein ökat med 80 %, fiber minskat med 90 %, fett minskat med 50 % och aska ökat med 25 % jämfört med i primärdrink från obehandlad majs. Enligt beräkningar av Kim m.fl. (2008b) minskar slutmängden sekundärdrink med 30 % per liter etanol, och ökar mängderna råprotein och råfett med 30-40 % respektive 20-30 % i den slutliga sekundärdranken, då primärdranken förbehandlas och jäsas en andra gång. Den totala (absoluta) mängden av råprotein och råfett ska inte påverkas av att det extra processteget införs. Smältbarheten hos pepsin har inte påverkats av att dranken förbehandlats (Kim m.fl., 2008a). Drankens värmevärde har inte heller påverkats i någon större utsträckning av det extra processteget (förbehandlingen). Vid beräkningarna längre fram i den här studien benämns förbehandlingen vanligen som ett extra processteg, då det är ett sådant som tillkommer i dessa.

Vid dessa beräkningar, i vilka etanolutbytet antogs öka med 13 % vid nedbrytning av cellulosa utifrån de kemiska reaktionsformlerna, minskade mängden drank med 23,5 % (baserat på torrsubstansen) och ökade både mängderna råprotein och råfett med 30,7 %, se även bilagorna 4 och 8.

4.3.4 Skador på och nedbrytning av aminosyror

Lysin, metionin, tryptofan och cystin är värmekänsliga och riskerar att brytas ner (Kim m.fl., 2008a). Lysin är den mest värmekänsliga aminosyran. I sekundärdrink efter majs som behandlats med hetvatten låg lysinhalten betydligt lägre än i primärdrink från obehandlad majs. I sekundärdrink från ammoniakbehandlad majs låg lysinhalten något lägre än i primärdrink från obehandlad majs. Lysinhalten borde ha legat högre i sekundärdrink från den behandlade majsen jämfört med primärdrink från den obehandlade majsen, då det i huvudsak ska ha varit cellulosa- och hemicellulosafibrer som avlägsnats från den ursprungliga dranken i och med förbehandlingen. Detta tyder på att lysin bryts ner i betydande grad vid förbehandlingen, särskilt då vid behandling med hetvatten. Detta har betydelse för fodervärdet hos sekundärdrink från förbehandlad spannmål samt till vilka djur denna drank kan vara lämplig att utfodra. I bilaga 2 redovisas kostnadsberäkningar från Perkis m.fl. (2008) där man tar hänsyn till att mängden lysin i sekundärdranken minskar vid förbehandlingen.

Kim m.fl. (2008a) anger att sekundärdranken från förbehandlad majs är mörkare än primärdrink från obehandlad majs. Detta kan tyda på Maillard-reaktion (se kapitel 4.5) och att det

lysin som är kvar har en lägre tillgänglighet och smältbarhet vid utfodring av främst enkelmagade djur. Det är svårt och en utmaning att producera sekundärdrank (eDDGS) som behandlats för utvinning av cellulosa och hemicellulosa till etanol där Maillardreaktioner mellan aminosyror och reducerande sockerarter minimeras under förbehandlingen (Tucker m.fl., 2004). Ett förslag som framförts är, att någon metod för att avskilja proteinet från spannmålen eller primärdranken innan förbehandlingen kunde utvecklas, om man vill bevara detta intakt för senare utfodring (Tucker m.fl., 2004; Kim m.fl., 2008a). Problemen med Maillardreaktioner kan minskas genom att göra förbehandlingen av materialet mildare. Detta kan göras genom att ha en lägre syrakoncentration, lägre temperatur, kortare uppehållstid och/eller låta sockerarterna reagera med svaveldioxid så att sockersulfat bildas under förbehandlingen (Tucker m.fl., 2004). Vid utfodringsförsök med sekundärdrank, har tillväxten ej påverkats vid utfodring av mindre mängder i jämförelse med primärdrank. Större mängder till enkelmagade djur kan ge sämre tillväxt. Ingen toxicitet beroende på fodret har påvisats. Exempel på sammansättning hos primärdrank (DDGS och/eller DDG) och sekundärdrank (eDDGS och/eller eDDG) till utfodring ges i bilaga 3. I bilaga 4 redovisas beräknade värden på sammansättningen hos primärdrank (DDGS/DGS) och sekundärdrank (eDDGS/eDGS) som används i de ekonomiska kalkylerna och livscykelanalyserna i den här studien. Här har, utifrån litteraturliteraturdata, antagits att 50 % av lysinet och 20 % av metioninet brutits ner.

4.3.5 Ekonomi

Perkis m.fl. (2008) har studerat ekonomin för en anläggning som producerar etanol från majs. Primärdranken (DG: Distillers' Grains) förbehandlas före försockring, och vätskefasen med sockret förs till jäsning tillsammans med ordinarie mäske. Med denna typ av anläggning har investeringskostnaderna, lika med kapitalkostnaderna, ökat med 6,9 % jämfört med de för en ordinär anläggning med en produktionskapacitet på 380 000 m³ etanol/år. Etanolproduktionen har antagits öka med 12,7 % i och med att även cellulosan och hemicellulosan i råvaran kan nyttjas och bidra till denna. De ekonomiska intäkterna ökar i motsvarande grad. Emellertid så minskar drankens värde då innehållet av smältbart lysin sjunker från 0,97 % i primärdranken (DDGS: Distiller's Dried Grains with Solubles) till 0,54 % i sekundärdranken (eDDGS: enhanced (förbättrad) Distiller's Dried Grains with Solubles). Det totala saluvärdet på dranken minskar därmed med 24 %. Tillsammans betyder detta att den totala produktionskostnaden per liter etanol minskar med ca 2 % då även cellulosan och hemicellulosan i råvaran kan nyttjas. I bilaga 2 redovisas kalkyler, kostnader, intäkter och förutsättningar för etanolanläggningarna mer detaljerat. Vallander m.fl. (2006) anger att fler hydrolyssteg för förbehandling före den enzymatiska hydrolysen innebär en påtaglig höjning av processens komplexitet och investeringskostnad.

4.4 Råvarans kvalitet

Svampangripen råvara, där aflatoxin eller andra mykotoxiner bildats, riskerar att ge ett sämre etanolutbyte vid jäsningen (Dale & Batal, 2005). Dessa ämnen koncentreras även i mäsken då etanolen utvinns beroende på att de är kvar i samma mängd då etanolen och koldioxiden gått bort (Dale & Batal, 2005; Lindberg, pers, 2008). Det är därför viktigt att råvaran håller en god kvalitet, särskilt då om dranken ska användas som foder. Svamptoxiner finns vanligen i spannmålskärnornas skal.

4.5 Torkning av drank

Den drank som lämnar dekantrarna och indunstningen (kallas ibland våtkaka) på Agroetanols fabrik i Norrköping innehåller ca 67 % vatten (Paulsson, 2007). Fukthalten i dranken kan reduceras genom torkning i ångtorkar såsom idag sker på Agroetanol i Norrköping (Paulsson, 2007). Det finns även viss möjlighet att minska vattenhalten på mekanisk väg eller genom indunstning. Mekanisk minskning av vattenhalten är mer energieffektiv och därför pågår utveckling av sådan teknik. Torkningen av dranken kräver 1,0-1,4 kWh/liter producerad vattenfri etanol (beräkningar efter Bernesson (2004), Punter m.fl. (2004) och Paulsson (2007)). Ska dranken pelleteras måste den torkas. Är vattnet kvar i dranken blir denna dyrare att transportera, samt att hållbarheten begränsas till ca 8 veckor (SBI-Trading, 2008). Torr drank (Agrodrank 90 innehåller ca 10 % vatten) är vid förvaring torrt, mörkt och ej över normal rumstemperatur hållbar i 4 månader (Agroetanol, 2008).

Vid torkningen av dranken är det viktigt att materialet ej utsätts för en alltför hög temperatur, då detta leder till att vissa aminosyror (främst lysin, men även arginin och cystin) reagerar med socker och därmed förstörs (Cromwell m.fl., 1993; Valaja & Näsi, 1996; Batal & Dale, 2006; Fastinger m.fl., 2006; Carlsson, 2007; Waldroup, 2007; Lindberg, pers, 2008). Mängden och även tillgängligheten (smältbarheten) hos dessa proteiner minskar därmed, främst för enkelmagade djur som svin och fjäderfä. Dranken mörknar och blir även mer gul då denna reaktion skett, som ibland kallas för Maillardreaktionen. Man har visat att smältbarheten för de flesta aminosyror är sämre hos mörkare drank än hos ljusare drank (Fastinger m.fl., 2006). Smältbarheten hos den viktiga aminosyran lysin varierar mer mellan olika prover än för de andra aminosyrorerna, sannolikt beroende på att denna är mer känslig för värme (Waldroup, 2007; Waldroup m.fl., 2007). Det är även möjligt att ovan nämnda reaktion kan ske även under destillationen där temperaturer på 86°C kan nås (Valaja m.fl., 1995; Valaja & Näsi, 1996). Det är vanligt att temperaturer på 80-86°C uppnås under 15-25 minuter i mäsken under destillationen, vilket kan vara tillräckligt för att proteinet ska påverkas.

4.6 Pelletering av drank

Den torkade drank (Agrodrank 90) som levereras från Agroetanols fabrik i Norrköping är normalt pelleterad (Agroetanol, 2008, 2009). Agrodrank 90 används normalt som foder. På Agroetanol i Norrköping har sirapen (indunstningsresten från indunstningen av den vätska som erhålles vid centrifugering av dranken) använts som bindemedel vid pelletering av drank (Paulsson, 2007). Agrodrank 90 innehåller ca 2/3 våtkaka och ca 1/3 sirap i varierande mängd beroende på råvarorna (Erichsen, pers, 2009).

Även pellets av majsdrank har fått mycket dålig hållfasthet då 30 % eller mer av majsdrank ingått i foderblandningen (Wang m.fl., 2007c). Problemet har i detta exempel kvarstått även då bindemedel satts till.

Pellets av spannmålsdrank till förbränning har emellertid haft mycket sämre hållfasthet än vad standarden SS 187120 (SIS, 1998) tillåter för bränslepellets i grupp 3 (max 1,5 % finandel) (Belab, 2002). Andelen finfraktion blev i det aktuella exemplet 30 %. Detta kan tyda på att någon form av bindemedel kan behövas för att pelletterna ska få önskad hållfasthet.

4.7 Andra biprodukter från etanoltillverkningen

Vid destilleringen frånskiljs även aldehyder och finkel (Paulsson, 2007). Dessa används som kolkälla i reningsverk (Elvstrand, pers, 2008; Gundberg, pers, 2008). Vid rötningen i reningsverket måste man här hålla kol-kväveknoten inom ett visst givet intervall för att önskat gasut-

byte ska erhållas (se även kapitel 9. Rötning). Vid rensningen av spannmålen före etanolutvinningen erhålls avrens som säljs till förbränning som energi (Gundberg, pers, 2008). Förbränning av avrens beskrivs mer ingående i Nilsson och Bernesson (2008).

5 SPANNMÅLSDRANKENS EGENSKAPER

Den torkade spannmålsdranken kan ha formen av pulver eller pelletar med varierande diameter och längd, beroende på använd håldiameter i den använda pressmatrisen. Den temperatur som materialet utsätts för vid pelletering varierar med den valda pressutrustningen, dess inställning, tillsats av bindemedel, tillsats av smörjmedel samt det eventuella material tillsammans med vilket pelletering skett. Det är viktigt att den hygieniska kvaliteten noga beaktas. Om dranken ska lagras under lång tid måste den torkas till vattenhalter på ca 12-15 % för att inte förstöras av mögel (Norén & Danfors, 1981).

Då spannmålskärnorna processas till etanol, koldioxid och drank, ackumuleras protein, fiberkomponenter och aska i mäsken som blir till drank (Pettersson m.fl., 1987).

Sammansättningen hos spannmålsdrank anges i tabell 2. I denna ingår bl.a. råprotein, växttråd, kvävefria extraktivämnen (restprodukt som erhålles då man från den organiska substansen (torrs substans minus aska) subtraherar råfett, råprotein och växttråd) och råfett (Spörndly, 2003; Planck & Rundgren, 2005; Simonsson, 2006; Livsmedelssverige, 2007; Agroetanol, 2008, 2009; SBI-Trading, 2008, 2009; Lindberg, 2008a). Kvävefria extraktivämnen består av lättlösliga kolhydrater såsom t.ex. enkla sockerarter, stärkelse, samt för en del fodermedel den cellulosa och hemicellulosa som lösts ut vid växttrådsanalysen (Planck & Rundgren, 2005). Kolhydraterna i spannmålsdranken karakteriseras av frånvaro av eller nästan frånvaro av stärkelse (Spörndly, 2003; Simonsson, 2006; Livsmedelssverige, 2007; Agroetanol, 2008, 2009; SBI-Trading, 2008). Siffrorna i tabell 2 ger exempel och variationer som förekommer mellan olika partier och olika typer av drank som produceras i Sverige.

Spannmålsdrank innehåller 28-41 % råprotein (Spörndly, 2003; Planck & Rundgren, 2005; Simonsson, 2006; Livsmedelssverige, 2007; Agroetanol, 2008, 2009; SBI-Trading, 2008, 2009; Lindberg, 2008a) (se tabell 2 och 3). Proteinkvaliteten, definierad som innehållet av essentiella (livsnödvändiga) aminosyror (främst lysin men även vissa svavelhaltiga aminosyror till fjäderfä), är inte lika hög som i sojamjöl och i rapsmjöl. Proteinets i dranken har i förhållande till framförallt sojaprotein en betydligt lägre halt av lysin, vilket är en nackdel vid utfodring av enkelmagade djur (se tabell 3). Även halterna av metionin, treonin och tryptofan är lägre i drank än i soja- och rapsmjöl. Halten av cystin är högre än i sojamjöl men lägre än i rapsmjöl.

Det är viktigt att vara medveten om att sammansättningen hos drank kan variera en hel del beroende på råvaror (bl.a. spannmålsslag, kvaliteten på spannmålen m.m.) och använd process i etanolfabriken (Cromwell m.fl., 1993; Carlsson, 2007; Slätt, 2008; Bertilsson, 2008; Lindberg, 2008b; Livsmedelssverige, 2008; Elwinger, pers, 2008). Detta gör att näringsvärdet varierar i motsvarande grad hos drank med olika ursprung. Ofta har drank från nyare etanolanläggningar högre energi- och näringsvärde än drank från äldre anläggningar (Bertilsson, 2008). Generellt innehåller drank från de olika spannmålsslagen relativt mycket protein, fett, fiber (NDF) och aska (Cromwell m.fl., 1993; Slätt, 2008; Bertilsson, 2008). Drankens innehåll av stärkelse är mycket lågt jämfört med den ursprungliga spannmålen. Aminosyrasammansättningen återspeglar den hos den ursprungliga spannmålen. Vid etanoljäsning har en obetydlig minskning av aminosyror (lysin, cystin och metionin) konstaterats, samtidigt som mängden ammoniak ökat i motsvarande grad (Pettersson m.fl., 1987).

Drank innehåller i princip inga ämnen som inverkar negativt på djurens hälsa. Det viktiga vid utfodring av foderstater som innehåller drank, är därför att se till att gällande utfodringsrekommendationer för de olika näringsämnena följs, till de djurslag som ska utfodras.

Tabell 2. Exempel på några svenska drankprodukters sammansättning (efter: Spörndly, 2003; Planck & Rundgren, 2005; Simonsson, 2006; Livsmedelssverige, 2007; Agroetanol, 2008, 2009; SBI-Trading, 2008, 2009; Lindberg, 2008a)

	Näringsinnehåll, per kg ts			
	Agrodrank 90 (DDGS) Norrköping	Agrodrank 27 (Sirap) Norrköping	Agrodrank 10 (Sirap) Norrköping	Färskdrank från Nöbbelöv
Torrsubstans, %	90-91	28-30	11	8,4-10
Råprotein, g	320-363	333-364	280	363-414
Smältbart råprot, (idiss), g	272			333-352
Smältbart råprot, (gris), g				274-302
Effektivt protein, g	187-189			
Sis råprotein (gris), g		253-257		292
Lysin, g	8,1-8,8	10,4-11,1		11,6-12,9
Sis lysin, g		6,6-7,9		8,7-8,5
Cystin, g	6,0	6,8-7,9	7,3	7,9-9,0
Sis cystin, g		3,3-4,6		4,4-6,2
Treonin, g	8,1-10,2	10,7-11,7	11,8	11,3-12,5
Sis treonin, g		7,1-10,0		7,1-8,4
Metionin, g	4,5-4,8	4,0-5,0	4,5	5,8-6,4
Sis metionin, g		3,2		3,8-4,3
Tryptofan, g	3,0			
EPD, %	55			
Stärkelse, g	12-14	18		
NDF, g	270-354	65		299-338
Effektiv fiber, g	156-173			
EFD, %	49			
Råfett, g	45-66	42-50	45	59-78
Växttråd, g	16,5-106	15-17	22	77-95
LLKH (lättlösliga kolhydrater), g	182-306			
Kvävefria ekstrak- tionsämnen, NFE, g	492	503-523		377-421
Aska, g	37-46	75-81	68	52-57
Kalcium, g	1,0-2,6	1,1-1,8	0,9	2,1-2,7
Fosfor, g	7,3-13,2	13,6-15,3	10,9	9,7-10,8
Smältbar fosfor, g	6,5	2,5-7,0		5,0
Magnesium, g	2,6-3,0			2,7-3,3
Kalium, g	9,6-18,7	10		11,7-12,4
Natrium, g	1,6-3,1	3,2-4,3	1,8	0,8-1,7
AAT	87-116	88-89		88-90
PBV	142-204	215-225		255-276
Energi ^a , MJ/kg ts (idisslare)	13,3-13,7	13,4		13,8-13,9
Energi ^a , MJ/kg ts (svin)	10,9-11,0	10,8-13,2	11,1	11,7-13,1
Energi ^a , MJ/kg ts (fjäderfä)	10,9			
Energi ^a , MJ/kg ts (häst)				10,1
Energi ^b , MJ/kg ts (idisslare)	15,7			
Energi ^b , MJ/kg ts (svin)				14,5

^a Omsättbar energi.

^b Smältbar energi.

Tabell 3. Exempel på sammansättning (% av torrsubstansen) hos spannmålsdrank (efter: Spörndly, 2003; Planck & Rundgren, 2005; Simonsson, 2006; Livsmedelssverige, 2007; Agroetanol, 2008, 2009; SBI-Trading, 2008, 2009; Lindberg, 2008a)

Beståndsdel	Drank producerad i Sverige ^a (% av ts)	Sojamjöl ^b (% av ts)	Rapsmjöl ^b (% av ts)
Råfett	4,2-7,8	2,9	4,5
Råprotein	28,0-41,4	48,7	40,0
aminosyran lysin	0,81-1,29	2,67	2,2
aminosyran metionin	0,40-0,64	0,58	0,8
aminosyran treonin	0,81-1,25	1,65	1,8
aminosyran cystin	0,60-0,90	0,59	1,0
aminosyran tryptofan	0,3	0,56	0,5
Växttråd	1,5-10,6	7,4	12,3
Kvävefria extraktionsämnen	37,7-52,3	33,6	35,5
Aska	3,7-8,1	7,4	7,7
Energi ^c , MJ/kg ts (svin)	10,8-13,2	14,5	11,4

^a Källa: efter Spörndly (2003), Planck & Rundgren (2005), Simonsson (2006), Livsmedelssverige (2007), Agroetanol (2008, 2009), SBI-Trading (2008, 2009) och Lindberg (2008a).

^b Källa: Simonsson (2006).

^c Omsättbar energi.

Proteinfodermedel, såsom spannmålsdrank, är lagringskänsliga (Jansson m.fl., 2004) och har en begränsad hållbarhet då kvaliteten blir sämre med tiden (Agrodrank, 2008, 2009; SBI-Trading, 2008, 2009). Vid användning till annat ändamål än som foder blir hållbarheten längre.

Agrodrank 90 har ett pH på ca 4 och verkar uttorkande på hud och slemhinnor varför, vid hantering, långvarig kontakt ska undvikas, liksom att andningsfilter ska användas (Agroetanol, 2008). Vid lagring i silo kan problem med valvbildning uppstå.

På grund av att natriumhydroxid används för att reglera pH i processen vid produktion av etanol, blir natriumhalten i dranken hög, i vissa fall upp till 100 gånger högre än i spannmålen (Valaja m.fl., 1995). I tabellvärden (Spörndly, 2003; Simonsson, 2006; Livsmedelssverige, 2007) ligger natriumhalten i torr drank 4-30 gånger högre än i ren spannmål (korn, rågvete, vete). Höga natriumhalter kan påverka ett foders smaklighet (Valaja m.fl., 1995).

5.1 Blöt eller torr drank

I Sverige marknadsförs blöt drank av SBI-Trading (SBI-Trading, 2008, 2009) och torr drank av Lantmännen Agroetanol AB (Agroetanol, 2008, 2009) (sammansättning, se tabell 2). Agroetanol AB marknadsför även små kvantiteter av de blöta dranktyperna Agrodrank 27 och Agrodrank 10 (Erichsen, pers, 2009). Vid torkning av drank förändras innehållet av protein (se kapitel 4.5 Torkning av drank, Maillardreaktionen), fett och fiber (NDF) (Anderson m.fl., 2006; Slätt, 2008). Det finns mer av dessa ämnen i den blöta dranken (se tabell 2). En fördel med den blöta dranken är att ingen energi går åt för torkning (Ericsson, 2005; Elvstrand, pers, 2008), vilket ger denna en fördel i energi- och miljöanalyser. Dessutom slipper man torkningskostnader. Kvaliteten har varit jämnare i torr drank än i blöt drank (Carlsson, 2007). Torkad drank har något lägre innehåll av fiber (NDF) och smältbart protein (Slätt, 2008).

Vid utfodring av mjölkkor med blöt eller med torr drank har mjölkavkastningen blivit ungefär lika stor, liksom foderutnyttjandet (Anderson m.fl., 2006). Halterna av protein och fett i mjölken har blivit något högre vid utfodring med blöt drank. Mängden ammoniak i våmmen var högre hos kor som utfodrats med blöt drank. Försök med majsdrank har visat att stutar vuxit snabbare och haft bättre foderutnyttjande vid utfodring med blöt majsdrank än vid utfodring med torkad drank (DDGS) (Klopfenstein, 1996). Vidare har försök med växande kalvar visat att proteinet i torkad drank och i blöt drank, vid utfodring av dessa, haft lika värde. Vid blötutfodring av grisar är det en fördel att blanda dranken med vassle som är mer lättflytande och lättpumpad än drank (Elvstrand, pers, 2008).

Lantmännen Agroetanol AB i Norrköping producerar drankprodukterna Agrodrank 90, Agrodrank 27 och Agrodrank 10. Agrodrank 90 är en torkad drankprodukt (DDGS) som pelleterats med sirap som bindemedel (Paulsson, 2007; Agroetanol, 2008, 2009). Agrodrank 90 tillverkas som 6 mm:s pellets. Lagring bör ske torrt, mörkt och ej över normal rumstemperatur i utrymmen skyddade från skadedjur, fåglar och främmande ämnen. Hållbarheten anges till 4 månader från tillverkningsdatum.

Agrodrank 27 och Agrodrank 10 är flytande produkter som ska lagras i isolerade tankar med omrörare (Agroetanol, 2008, 2009). De består av den flytande sirapen som erhålls vid indunstningen av drankvattnet från etanolprocessen. Den produkt som levereras från Norrköping har en temperatur på ca 80°C vid leverans, vilket gör att det krävs att tankar, rör m.m. ute på gårdarna är av värmetåligt material. Agrodrank 27 och Agrodrank 10 anges ha en hållbarhet på två veckor från leveransdatum.

Färskdirank från Nöbbelöv, marknadsförs av SBI-Trading, är en flytande och därmed pumpbar produkt (SBI-Trading, 2008). Drankens pH-värde ligger på 3,6-4,2. PH-värdet sjunker ofta 0,2-0,4 enheter under det första dygnets lagring (Elvstrand, pers, 2008), då mjölksyrabakterierna växer till. Omrörning krävs för att sedimentation inte ska ske och ts-halten förbli jämn i utpumpat material (SBI-Trading, 2008, 2009). Propelleromrörare fungerar bäst. Dranken förvaras bäst i en rostfri och isolerad behållare. En nedgrävd betongbehållare och en ståltank ovan mark fungerar även, men nackdelen med dessa typer av behållare är att drankens låga pH-värde tär på materialet, vilket ger en skrovlig yta som är svår att rengöra. Hållbarheten anges till 8 veckor (SBI-Trading, 2008, 2009), men smakligheten försämras vid lagring. Slätt (2008) rekommenderar därför att dranken ej ska lagras mer än en vecka för att smaken ej ska försämras märkbart. Det låga pH-värdet gör att endast mjölksyrabakterier kan tillväxa i dranken och då vid temperaturer under 15°C. Dranken är steril då den lämnar destilleriet. Några problem med den hygieniska kvaliteten brukar det därför inte vara om dranken lagras i väl rengjorda kärl. För att hålla en god lagringshygien av dranken är det viktigt att tömma tanken/cisternen ordentligt mellan leveranserna (Slätt, 2008). Är tanken/cisternen av den beskaffenheten att den går att tömma ordentligt mellan leveranserna, är det tillräckligt att spola av den med vatten vid eventuella uppehåll i drankleveranser.

Då den blöta dranken har en specifik lukt, kan den inte tvärt tillsättas eller tas bort från en foderstat, då detta medför att djurens foderkonsumtion och produktion minskar (Ericsson, 2005). Mängden blöt drank i foderstaten måste därför successivt ökas eller minskas stegvis.

5.2 Drank med olika ursprung

Förutom vete är även korn, rågvete och råg lämpliga att använda som råvara vid tillverkning av etanol (Slätt, 2008). De har olika smaklighet, aminosyrakomposition, råproteinhalt och andel av proteinet som är våmlösligt. I USA används huvudsakligen majs som råvara vid produktion av etanol. Korndrank har ett högre innehåll av lignin och cellulosa (ADF, cellväggar)

än vetedrank. Det högre fiberinnehållet i korndrank kan vara förklaringen till den lägre smältbarheten hos råproteinet i detta drankslag. Drank från vete och korn innehåller ungefär lika mycket fiber (NDF) (Carlsson, 2007), och mer av denna fibertyp än majsdrank. Korndrank innehåller mer kostfiber än vetedrank, men mindre lättillgängliga kolhydrater (Pettersson, 1985). Vetedrankens innehåll av fiber (NDF) har högre smältbarhet än korndranks innehåll av fiber (NDF) (Mustafa m.fl., 2000; Slätt, 2008). Korndrank innehåller mer våmolösligt protein jämfört med vetedrank (Mustafa m.fl., 2000; Slätt, 2008). Ovanstående kan även tyda på att biogaspotentialen är lägre för korndrank jämfört med vetedrank.

Råproteinhalten i korndrank är generellt lägre än för vetedrank (Pettersson, 1985; Mustafa m.fl., 2000) och majsdrank (Carlsson, 2007), men innehållet av vissa essentiella aminosyror är högre (Mustafa m.fl., 2000), vilket innebär att proteinkvaliteten är bättre. T.ex. är innehållet av lysin högre än innehållet av tryptofan, och något högre än innehållet av metionin. Innehållet av leucin är ungefär lika stort som i vetedrank. Proteinkvaliteten i korndrank är bättre än den i majsdrank (Carlsson, 2007). Majs har lågt innehåll av lysin, men högt innehåll av metionin, och skiljer sig därför från många andra vegetabiliska råvaror (Livsmedelssverige, 2008). Kornkärnor har ett lägre innehåll av stärkelse än vetekärnor, och korn är därmed inte lika intressant som råvara till etanoltillverkning.

Även hos majsdrank varierar sammansättningen en hel del (Cromwell m.fl., 1993; Lumpkins m.fl., 2004; Batal & Dale, 2006; Waldroup, 2007), och sammansättningen är enligt följande: 23,4-30 % råprotein, 2,5-14 % fett, 28,8-40,3 % NDF fiber, 10,3-18,1 % ADF fiber (cellväggar, lignin, cellulosa) och 3,4-7,3 % aska (ts halt 86-93 %). Innehållet av lysin ligger på 0,39-0,94 %, metionin på 0,44-0,60 % och tryptofan på 0,15-0,25 %. Viktade medelvärden för majsdrankens sammansättning anges av flera författare (Waldroup, 2007; Waldroup m.fl., 2007; Wang m.fl., 2007a, 2007b, 2007c) enligt följande: 29,6 % (av ts) råprotein, 11,3 % (av ts) fett och 5,2 % (av ts) aska (ts halt 89,4 %). Innehållet av lysin ligger på 0,82 % (av ts), metionin 0,56 % (av ts) och tryptofan på 0,24 % (av ts).

5.3 Miljö

Drank har en hög biologisk syreförbrukning vid nedbrytning (SBI-Trading, 2008). Detta gör att spill som når vattendrag orsakar en kraftig syrebrist i vattnet. Drankens låga pH medför att växter och mark påverkas vid spill. Växterna "bränns" och markens egenskaper förändras. Vad som sagts ovan blir viktigt att tänka på om dranken skulle användas som gödselmedel (se kapitel 8).

6 UTFODRING

6.1 Utfodring, allmänt

Fodret ska ge djuret underhåll för att kunna leva, dvs. energi för att t.ex. hjärtat, andningsmuskulaturen och matsmältningen ska fungera, samt protein till det kontinuerliga cellutbytet (Planck & Rundgren, 2005). Dessutom behövs energi och protein till fysiskt arbete, tillväxt, fosterutveckling och digivning. Djurets storlek är även av betydelse. Ett stort djur har större behov än ett litet.

6.1.1 Energi i foder

Djurens foder innehåller en viss mängd energi (MJ) som kan vara bunden i protein, fett eller kolhydrater (Lärn-Nilsson m.fl., 1997). När dessa ämnen bryts ner i kroppen kan djuret utnyttja energin. Den används för att bygga upp nya energirika föreningar, till att alstra värme eller till att röra musklerna. En del energi har redan förbrukats av mikroorganismerna i fodersmältningsskanalen och en del finns kvar i den osmälta delen av fodret, det som kommer ut som träck.

Den del av fodrets bruttoenergi som omsätts i fodersmältningsskanalen kallas smältbar energi (se figur 8) (Lärn-Nilsson m.fl., 1997). Resten går bort som energi i den träck som djuret lämnar ifrån sig. En del av den smältbara energin förloras i form av gaser som djuret rapar upp eller släpper ut som tarmgas. Gaserna bildas av mikroorganismerna i våmmen och nätmaget hos idisslarna och i grovtarmen hos alla djur. Från den smältbara energin ska också räknas bort energin i urinen. Kvar blir den omsättbara energin (se figur 8) som kroppen kan använda för sin omsättning. En del av denna går åt till att bilda värme och hålla kroppstemperaturen jämn. Överskottet lämnas till omgivningen. Det som till sist blir kvar är nettoenergi (se figur 8). Nettoenergin i fodret används till arbete, tillväxt, fosterutveckling, mjölkbildning eller äggbildning osv. Nettoenergin är svår att beräkna då man aldrig vet hur mycket av energin som går till bildning av värme. Därför brukar man i Sverige ange fodrets innehåll av omsättbar energi och ha det som ett mått på fodrets energivärde. Vid beräkningarna av värdet på drankprodukter som foder till olika djurslag har därför den omsättbara energin till respektive djurslag ingått som en del i den här rapporten.

Bruttoenergi, jämför med kalorimetriskt värmvärde	Energi i träck		
	Smältbar energi	Energi i urin samt våm- och tarmgas	
		Omsättbar energi	Värmeenergi
			Nettoenergi

Figur 8. Energin i fodermedel (efter; Lärn-Nilsson m.fl., 1998; Jansson m.fl., 2004).

6.1.2 Proteiner

Proteiner finns rikligt i bl.a. baljväxter, kött, mjölk och ägg (Lärn-Nilsson m.fl., 1997). Hos djuren finns protein framförallt i musklerna, medan det hos växterna framför allt finns i fröna, t.ex. hos raps och soja men även i spannmålskärnor. Proteiner är uppbyggda av 20 olika så kallade aminosyror. Minst tio av aminosyrorna är livsnödvändiga, essentiella, och dessa kan inte bildas i kroppen i tillräcklig omfattning.

6.1.3 Foderfett

Fett i foder har den fördelen att det kan öka fodrets smaklighet, smältbarhet samt utnyttjandet av fettlösliga näringsämnen (Elwinger, 2005). Det är dessutom mycket energirikt. Vidare binder fett damm, vilket är positivt för stallmiljön, och minskar risken för separation av foderpartiklar (Lindberg & Andersson, 1993; Elwinger, 2005). Dessa positiva egenskaper gör att man gärna vill ha ca 2 % fett i foderblandningen. Vetedrank innehåller ofta 4-8 % fett (Spörndly, 2003; Simonsson, 2006; Agroetanol, 2008; SBI-Trading, 2008; Lindberg, 2008a; Livsmedelssverige, 2008), vilket anses positivt ur utfodringssynpunkt.

6.2 Utfodring av spannmålsdrank, allmänt

Spannmålsdrank har en hög proteinhalt och utfodras därför som proteinfoder. Emellertid är inte proteinkvaliteten, innehållet av essentiella aminosyror, lika hög och väl sammansatt såsom i sojamjöl och i rapsmjöl (se tabell 3). Detta är en begränsning vid utfodringen av enkelmagade djur. Råproteinhalten i torrsubstansen av vetedrank är 2,6-3 gånger högre än i vetekärna (Spörndly, 2003; Simonsson, 2006; Livsmedelssverige, 2008).

6.2.1 Protein i spannmålsdrank

Proteinhalten i spannmålsdrank varierar betydligt mer än exempelvis proteinhalten i sojamjöl, beroende på att typ av råvara och dess ursprung och typ av drank är avgörande för denna. Råproteinhalten i svensk spannmålsdrank varierar mellan 28 och 41 % (se tabell 2 och 3). Foderanalys kan då vara att rekommendera så att djuren blir utfodrade med rätt mängd protein.

6.2.2 Blötutfodring av spannmålsdrank

Blöt spannmålsdrank kan ingå med upp till 25-50 % i ett blötfoder till grisar med 20-25 % torrsubstans (SBI-Trading, 2008). Nötkreatur brukar utfodras den blöta dranken direkt som den är.

6.3 Utfodring av olika djurslag

Näringsbehovet och behovet av essentiella aminosyror varierar en del beroende av djurslag. På grund av detta redovisas varje djurslag för sig nedan. Drink utfodras i första hand till nötkreatur och grisar (Elvstrand, pers, 2008), men även till fjäderfä och hästar i mindre utsträckning. Försök har gjorts med utfodring av regnbågslax (Andersson, 2008), och man anser att det nog ska gå bra att använda i foder till hund och katt (Elvstrand, pers, 2008; Snedigar, 2008), och även till mink (Snedigar, 2008). Redan idag används mindre kvantiteter i hund- och i minkfoder (Erichsen, pers, 2009). Spannmålsdranken är inte avsedd att användas som livsmedel till människa, men torr drank har gått bra att använda i bröd (Elvstrand, pers, 2008).

6.3.1 Idisslare

6.3.1.1 Utfodring av idisslare med spannmålsdrank

Spannmålsdrank är liksom sojamjöl och rapsmjöl ett proteinrikt foder. Innehållet av råprotein är ungefär lika stort eller något lägre än i rapsmjöl, och det är klart lägre än i sojamjöl (Spörndly, 2003). Till nötkreatur har det normalt inte varit några smaklighetsproblem vid ut-

fodring av spannmålsdrank (Bertilsson, pers, 2008). Vid utfodring med spannmålsdrank är det viktigt att de övriga fodermedlen i foderstaten kompletterar drankens innehåll av fiber (NDF), våmlösliga protein och fosfor (Slätt, 2008). Lämpliga fodermedel att utfodra tillsammans med spannmålsdrank är gräs, majsensilage, sockerbiprodukter, kraftfoder med lågt proteininnehåll och mineralfoder med lågt fosforinnehåll.

Spannmålsdrank fungerar bra som foder till de flesta nötkreatur (köttdjur, stutar, tjurar, kalvar m.m.), och kan täcka hela proteinbehovet till dessa (Bertilsson, pers, 2008). Eventuellt kan unga djur (kalvar yngre än 6 månader och ungtjurar) behöva proteintillskott även från en annan proteinkälla. Dikor har inte så stort behov av extra protein och därmed drank. Protein i drank är lättnedbrytbart, och då högmjolkande kor behöver mer svårnedbrytbart protein medför detta att dessa kan behöva protein även från någon proteinkälla med mer svårnedbrytbart protein t.ex. ExPro (värmebehandlat rapsmjöl) eller sojamjöl (Bertilsson, pers, 2008). Vid utfodring av mjölkkor är vetedrank bristande i sitt innehåll av den för mjölkkor först begränsande aminosyran metionin (Slätt, 2008). Komplettering kan behövas med annat proteinfoder.

Mjölkkor kan dricka 8-10 liter (ca 0,8-1,0 kg ts) blöt drank per ko och dag, beroende på ensilagekvalitet och annat foder i foderstaten (Elvstrand, pers, 2008). Slätt (2008) anger att 10-15 liter (ca 1,0-1,5 kg ts) blöt drank fungerar bra i foderstater till mjölkkor. Två till tre utfodringstillfällen per dag är lämpligt. Köttdjur och dikor kan dricka 30-40 liter (ca 3-4 kg ts) blöt drank per djur och dag (Elvstrand, pers, 2008). De bör av miljöskäl (Sasikala-Appukuttan m.fl., 2008; Elvstrand, pers, 2008) inte ges mer än ca 20-30 liter (ca 2-3 kg ts) blöt drank per djur och dag, på grund av att gödselns fosforinnehåll annars blir för högt vid gödsling av de grödor som vanligen odlas, om hela kvävegivan ska komma från denna gödsel (Elvstrand, pers, 2008). Givor på 50-60 liter (ca 5-6 kg ts) blöt drank per djur och dag har förekommit, men leder till att gödselns fosforinnehåll blir för högt, samt att protein blir överutfodrat. Man bör vara uppmärksam på att vid utfodring av djur med varm (35-40°C) blöt drank, med fri tillgång, är det lätt hänt att djuren äter/dricker för mycket, särskilt vid ruggig väderlek (Elvstrand, pers, 2008). I försök med mjölkkor, har kor utfodrade med blöt istället för torr drank, fått ett högre protein- och fettinnehåll i mjölken (Anderson m.fl., 2006; Carlsson, 2007). Något kilo halm till lakterande mjölkkor om dagen är att rekommendera, då blöt drank ingår i foderstaten, för att stimulera till idissling och upprätthålla en god våmfunktion (Slätt, 2008). Det är viktigt då blöt drank ingår i ett blandfoder eller en fullfodermix, att torrsbstanshalten i fodermixen hålls mellan 32 och 45 %.

I Sverige har mjölkkor normalt utfodrats 1-2 kg torr drank per dag, vilket motsvarar 10-15 % av kraftfodergivan (Carlsson, 2007). Denna giva är att rekommendera för att korna ska bibehålla ett bra foderutnyttjande, erhålla en bra fett- och proteinhalt i mjölken, samt att mjölkens ureahalt hålls under kontroll. I försök gav utfodring av 2,5 kg drank per dag minskad mängd och halt av mjölkprotein. Ytterligare ökad mängd drank, till 4 kg per dag, ökade mjölkens innehåll av urea, gav ett försämrat foderutnyttjande, samt gav en ökning av kornas hull. Stora intag av våmlösligt protein kan ge problem med fertiliteten (Slätt, 2008).

Försök med Agrodrank 90 (DDGS) på Nötcenter Viken har visat att torkad vetedrank går bra att utfodra till mjölkkor med en bra protein- och fetthalt i mjölken, acceptabelt ureavärde och en bibehållen fodereffektivitet (Carlsson, 2007; Slätt, 2008).

Dranken innehåller mycket lättlösligt protein, och för mycket av detta kan ge lös träck (Carlsson, 2007). Träcken kan även bli lös om kon utfodras med för mycket protein eller för mycket protein som är lättlösligt i våmmen samtidigt som foderintaget är lågt. Detta resulterar i en ökad vattenkonsumtion då kon försöker bli av med kväveöverskottet via urinen (Carlsson, 2007). För att undvika sådana här problem är det viktigt att utfodringsrekommendationerna

följs. Kväveöverskott i våmmen kan dessutom påverka kon negativt och vara produktionsbegränsande.

Dranken innehåller en relativt hög andel fiber med låg nedbrytbarhet i våmmen (Carlsson, 2007). En hög andel svårsmälta fiber leder till nedsatt mjölkproduktion. Det är därmed bra att utfodra drank ihop ett foderslag (kan vara ett bra vallfoder) med fiber med hög löslighet i våmmen (ett högt EFD-värde).

Majsdrank kan utfodras i större mängd än spannmålsdrank, då en större del av fibrerna är nedbrytbara och den innehåller en större andel våmstabil protein (RUP) (Carlsson, 2007). I blöt majsdrank är 55 % av råproteinet våmstabil (variation 47-57 %). I majsdrank liksom de flesta andra majsfodermedel är lysin den begränsande aminosyran vid utfodring av lakterande mjölkkor. Majsdrank får enligt en rekommendation utfodras mjölkkor med maximalt 20 % det totala ts-intaget, vilket motsvarar 4,5-5 kg drank. Majsdrank i foderstaten har ej haft en negativ inverkan på smakligheten.

Distillers Grains Technology Council (2008) anger att mjölkkor kan utfodras med 4,5-6,8 kg ts majsdrank per dag motsvarande 15-25 % av det totala intaget av torrs substans. Kött djur såsom t.ex. stutar eller ungtjurar kan vanligen utfodras med drankmängder motsvarande 20-40 % av totalt intagen torrs substans. Dranken anges vara särskilt lämplig för att ersätta stärkelserika spannmåls slag såsom majs, ge ett foder med ett högt proteininnehåll och högt energivärde, samt minska risken för en alltför sur miljö i våmmen. Majsdranken anges innehålla 28 % (av ts) råprotein, 9 % (av ts) fett, 44 % (av ts) fiber (NDF), 0,7 % lysin av råprotein, 0,6 % metionin av råprotein samt 13,9 MJ omsättbar energi per kg torrs substans till nötkreatur.

Mjölproteinhalten verkar ha en tendens att öka vid utfodring av majsdrank, men blir lägre vid utfodring av spannmålsdrank (Carlsson, 2007). Detta beror troligen på att en större andel av proteinet i majs än i spannmål, bryts ner först i tunntarmen, och därmed kan utnyttjas bättre till att bilda mjölkprotein. Utfodring av mjölkkor med majsdrank istället för sojamjöl har normalt lett till ökat foderintag, ökad mjölkavkastning, lägre proteinhalt och lägre fetthalt i mjölken (Santos m.fl., 1998; Sasikala-Appukuttan m.fl., 2008). I dessa djurs foderstater ingick majsdrank med 13,5-19,2 % av torrs substansen. I de flesta fall var skillnaderna gentemot sojamjölet små eller mycket små. Sirapsfraktionen (CDS: Condensed Distiller's Solubles) från majsdrank har fungerat lika bra som den torkade dranken (DDGS) att ersätta sojamjöl i foder till mjölkkor (Sasikala-Appukuttan m.fl., 2008) (Jämför Agrodrank 90 (DDGS) och Agrodrank 27 (CDS) från Agroetanol i Norrköping). Vid utfodring med blöt majsdrank (31,2 % av torrs substansen i foderstaten) har mjölkproduktionen inte påverkats, proteinhalten i mjölken sjunkit något och fetthalten i mjölken ökat något i jämförelse med ett foder som innehåller sojamjöl (Schingoethe m.fl., 1999). Då drank (DDGS) och sirapsfraktionen (CDS) ingick i foderstaten, och dessa innehåller några procent fett (motsvarade ca 2 % fett i den totala foderstaten), påverkades mjölkens fettsyrsammansättning så att andelen långkedjiga fettsyror (> C:17), enkelomättade fettsyror och fleromättade fettsyror ökade (Schingoethe m.fl., 1999; Sasikala-Appukuttan m.fl., 2008). Stutar som utfodrats med majsdrank har vuxit lika bra som sådana som utfodrats med sojamjöl (Koeln m.fl., 1984).

Korndrank har en lägre smaklighet än rapsmjöl (Mäntysaari m.fl., 2007; Slätt, 2008), vilket lett till ett lägre intag av torrs substans och råprotein. Mjölkmängd och mjölkens innehåll av fett och protein har då minskat. Mjölkens fettsyrsammansättning ändras även då korndrank ersätter rapsmjöl, beroende på att dessa produkters fettsyrsammansättning skiljer sig åt.

I tabell 4 anges protein- och energiinnehåll för vetedrank (Spörndly, 2003) i jämförelse med några andra vanliga fodermedel (Bertilsson, 1990). Det fodermedel som innehåller mest råprotein och smältbart råprotein är sojamjölet, medan AAT (aminosyror absorberade i tunntarmen) är särskilt högt för rapsmjöl ExPro (värmebehandlat) och sojamjöl. AAT i vetedrank

är ungefär lika högt som för det ej värmebehandlade rapsmjölet. PBV (proteinbalans i våmmen) för vetedrank är betydligt lägre än för sojamjöl och ungefär i nivå med det för rapsmjöl.

Tabell 4. Protein- och energiinnehåll i några fodermedel (Bertilsson, 1990; Spörndly, 2003)

Fodermedel	EPD ^c , %	Råprotein, g/kg ts ^d	Smältbart råprotein, g/kg ts ^d	AAT ^e , g/kg ts ^d	PBV ^f , g/kg ts ^d	Omsättbar energi, MJ/kg ts ^d
Korn	83	123	92	91	-26	13,3
Rapsmjöl 200 ^a	72	404	343	115	231	12,5
Rapsmjöl, ExPro ^{ab}	52	404	343	171	111	12,5
Sojamjöl	75	510	469	128	317	14,6
Ärter	80	249	219	98	92	13,6
Vetedrank ^g	70	320	272	116	142	13,3

^a Dubbellågt.

^b Värmebehandlat.

^c EPD = nedbrytbart råprotein i våmmen. Anger hur stor del av råproteinet som bryts ner i våmmen.

^d ts = torrsubstans.

^e AAT = Aminosyror Absorberade i Tunntarmen.

^f PBV = Protein Balans i Våmmen.

^g Källa: Spörndly (2003).

Mjölkkor får inte utfodras med mer än 5 kg stärkelse per dag (Lärn-Nilsson m.fl., 1998). Detta innebär att mängden spannmål till högmjölkanande kor måste begränsas och ersättas med andra fodermedel. Då vetedrank har ett mycket lågt innehåll av stärkelse (Spörndly, 2003) (0 g stärkelse per kg torrsubstans jämfört med 518 g stärkelse per kg torrsubstans för kornkärnor), passar denna mycket bra i mjölkkornas foderstat, speciellt om kraftfoderdelen är spannmålsbaserad. För mycket stärkelse till idisslare kan ge problem med kraftig syrabildning i våmmen (Lärn-Nilsson m.fl., 1998).

De fodermedel som tillsammans utgör foderstaten till kor som mjölkar mer än 30 kg mjölk om dygnet bör innehålla mer än 12 MJ per kg torrsubstans (Lärn-Nilsson m.fl., 1998), vilket är något lägre än vetedrankens energiinnehåll (tabell 4). Dessutom kan man inte räkna med att en ko kan äta mer torrsubstans per dag än vad som motsvaras av 3,5-4 % av hennes levande vikt.

Spannmålsdrank borde gå bra att utfodra även till får som är idisslare liksom nötkreatur (Bertilsson, pers, 2008). Till de flesta får bör hela proteinbehovet kunna täckas med spannmålsdrank. Dugivande tackor har ett högre proteinbehov och kan eventuellt behöva tillskott av protein även från någon annan proteinkälla än spannmålsdrank.

Distillers Grains Technology Council (2008) anger att får kan utfodras med 10-20 % majsdrank. Kolhydraterna i majsdrank har dock en annan sammansättning än i spannmålsdrank (Elwinger, pers, 2008). Uppgivna mängder antas trots detta ge en indikation på hur mycket spannmålsdrank som kan utfodras. Lamm som utfodrats med majsdrank har vuxit lika bra som lamm som utfodrats med sojamjöl (Koeln m.fl., 1984).

6.3.1.2 Foderstatsberäkningar, utfodring av idisslare

Exempel på några foderstater, där vetedrank ingår, togs fram för några olika typer av idisslare. Näringsbehov och restriktioner vid utfodringen hämtades i huvudsak från Spörndly (2003) och Lärn-Nilsson m.fl. (1998). Hö och ensilage (med 25-50 % baljväxter) antogs ha en för Sverige medelbra kvalitet. Resultaten från dessa foderstater sammanfattas nedan.

Till mjölkkor fordras även annat foder än vetedrank för att proteinbehovet ska täckas, AAT (aminosyror absorberade i tunntarmen) och PBV (proteinbalans i våmmen) skall hållas inom rekommendationerna. Majsbaserat foder såsom majs glutenmjöl, värmebehandlat rapsmjöl och rapsexpeller har högt AAT-värde. Melasserad betfiber har ett lågt (negativt) PBV-värde.

Vid måttlig mjölkproduktion (ca 35 kg med 4 % fett per dag) kan 10-15 % av torrsubstansen i kraftfodret komma från vetedrank. I denna foderstat ingår förutom vetedrank (90 % ts) även korn, ärter och majs glutenmjöl. I en annan foderstat med blöt vetedrank (10-15 % av torrsubstansen i kraftfodret) ingår även korn, majs glutenmjöl och melasserad betfiber. Vid hög mjölkproduktion (ca 50 kg med 4 % fett per dag) kan knappt 10 % av torrsubstansen i kraftfodret komma från vetedrank.

Till sinkor behövs endast små mängder protein utöver grovfodret, mer än hälften av detta foder kan utgöras av vetedrank om korna äter detta tillsammans med grovfodret, annars kan proteinbehovet även tillgodoses med spannmål. Det är tveksamt om sinkorna verkligen behöver vetedrank eller annat proteinfoder.

Köttkor behöver inget extra proteinfoder utöver grovfodret om detta håller god kvalitet. Dessa är därför normalt inte aktuella för utfodring med vetedrank. Kraftfodertjuror med en vikt på 100 kg och en tillväxt på 1 000 g per dag har ett så stort proteinbehov att drygt 20 % av fodrets totala energiinnehåll behöver komma från drankprodukter om dessa är det enda proteinfodret. Är grovfodret dåligt kan mer drank behövas. Större kraftfodertjuror med en vikt på 300 kg och en tillväxt på 1 300 g per dag har ett lägre proteinbehov i förhållande till tillväxten, och behöver därför inget extra proteinfoder i form av vetedrank. Enbart spannmålsbaserat kraftfoder är tillräckligt till dessa. Om tillväxten ska ökas så erfordras mer protein, och då kan ett behov av proteinfoder som t.ex. vetedrank uppstå.

Slutsatsen blir att stora mängder vetedrank främst är aktuellt att utfodra till mjölkkor. Sinkor och köttkor behöver inget extra proteinfoder. Till kraftfodertjuror behövs proteinfoder, såsom vetedrank, endast till yngre djur samt djur med hög tillväxt. Är tillväxten lägre behövs inget extra proteinfoder. Är grovfodret dåligt kan extra proteinfoder behövas.

Potentialen vad gäller vetedrank borde vara 1-2 kg per ko och dag medan den för sinkor ligger på drygt en tiondel av detta. För kraftfodertjuror varierar behovet med intensiteten och ligger troligen på 0,5-1 kg per djur och dag. Till kraftfodertjuror kan troligen billig blöt vetedrank även ersätta en del av spannmålen i foderstaten om man ej behöver följa utfodringsrekommendationerna helt. Detta gör att potentialen till dessa djur kan öka.

Till får kan proteinfoder såsom vetedrank behöva ges till dräktiga eller digivande tackor. Några (ca 6) veckor före lamning behöver tackor, som förväntas nedkomma med 2 eller färre lamm, proteinfoder motsvarande ca 10 % av kraftfodret. Strax före lamning (2 veckor) är proteinbehovet för tackor som förväntas nedkomma med fler än 2 lamm så stort att proteinfoder, såsom vetedrank, kan ingå i djurens foderstat i mängder motsvarande ca en fjärdedel av den totala fodermängden eller hälften av kraftfodret. Lika stora mängder drank kan digivande tackor behöva.

Slutsatsen blir att vetedrank kan vara aktuellt till främst digivande tackor samt till tackor som förväntas nedkomma med fler än 2 lamm.

För digivande och högdräktiga tackor ligger potentialen på ett par hundra gram vetedrank per dag, kanske 200-500 g under 2 månader.

6.3.1.3 Utfodring av idisslare med sekundärdrink

Vi har inte hittat några utfodringsförsök där sekundärdrink (eDDGS/eDGS) utfodrats till idisslare.

Vid utfodring av flermagade djur såsom nötkreatur, får och getter med sekundärdrink är det av mindre betydelse att detta foder har ett lägre innehåll av essentiella aminosyror såsom lysin, jämfört med primärdrink, då innehållet av råprotein är det viktiga till dessa typer av djur. Då sekundärdrink har ett väsentligt högre innehåll av råprotein jämfört med primärdrink, tyder detta på att detta foder skulle fungera bra som proteintillskott till idisslare. Den höga råproteinhalten och den låga lysinhalten gör att sekundärdrink borde i huvudsak bli ett idisslarfoder. Behovet av importerade foderprodukter såsom sojamjöl kanske kan minskas vid användning av sekundärdrink till idisslare.

Sekundärdrink där även cellulosa och hemicellulosa utnyttjas för etanolproduktion beskrivs ingående i kapitel 4.3. I bilaga 3 ges några exempel på sammansättningen hos primärdrink (DDGS) och sekundärdrink (eDDGS) från majs. I tabell B4:1 ges de, i det här projektet, beräknade näringsinnehållen i sekundärdrink till nötkreatur.

Beräkningar, gjorda i det här projektet, tyder på att råproteininnehållet blir ca 30 % högre i sekundärdrink (eDDGS) jämfört med primärdrink (DDGS). Detsamma gäller även andra, i dranken, ingående näringsämnen som ej bryts ner.

Foderstatsberäkningar, gjorda i det här projektet, pekar på att man ibland kan få dra ner något på givan av sekundärdrink, jämfört med primärdrink, till mjölkcor för att uppfylla utfodringsrekommendationerna. Ibland kan det räcka med att justera andra ingående komponenter i foderblandningen. Till kraftfodertjurar kan mängden konsumtionsbar sekundärdrink minska med omkring en tredjedel, jämfört med primärdrink, beroende på att det är den totala mängden råprotein som styr behovet. Till får kan det bli en halvering, men detta har en liten inverkan på den totala konsumtionen, då dessa ändå endast kan konsumera små mängder. För beräkningar av idisslarnas totalt möjliga konsumtion av drink i Sverige, se tabell 41.

6.3.2 Grisar

6.3.2.1 Utfodring av grisar med spannmålsdrink

Spannmålsdrink är ett lämpligt proteinfoder till grisar (Lindberg, pers, 2008). Låter man drank ersätta sojaprotein är det viktigt att se till att grisarnas behov av lysin tillgodoses, då lysin är den begränsande aminosyran i drank. Särskilt digivande suggor har ett stort behov av lysin. Komplettering med lysin från andra fodermedel kan behövas. Smakligheten hos spannmålsdrink är god vid utfodring av grisar. Vid byte av foderstat kan tillvänjning av det nya fodret behöva göras i steg så att djuren hinner vänja sig vid detta.

Grisar kan utfodras med både torr och blöt drank (Lindberg, pers, 2008). Grisarna orkar inte äta hur mycket blöt drank som helst, då detta är ett mer voluminöst foder än torr drank. Detta gäller särskilt digivande suggor. Överutfodras blöt drank finns risken att grisarnas boxar blir smutsiga och blöta (Elvstrand, pers, 2008). Mjölksyrabakterierna i den blöta dranken är bra för djurens mag-tarmflora och därmed hälsa, vilket är en fördel gentemot torr drank. Bl.a. Pedersen m.fl. (2005) och Ericsson (2005) rapporterar att diarréer blivit mer sällsynta då grisar utfodrats med blöt drank. Blöt drank passar att utfodra tillsammans med vassle som är mer energirik och lättpumpad (Elvstrand, pers, 2008). Fiber ingående i dranken kan i vissa fall vara begränsande för hur mycket som kan utfodras. Nyachoti m.fl. (2005) anger att primärdrink (DDGS) har ett betydligt högre innehåll av fiber än vete, och detta kan vara negativt vid

utfodring av grisar, särskilt då unga grisar. Foderkonsumtion och näringsutnyttjande kan sjunka vid utfodring av grisar med fiberrikt foder.

Slaktsvin går enligt gällande rekommendation att utfodras med i genomsnitt 2,5 liter drank per gris och dag (motsvarande 30 % av volymen blötfoder: ca 0,25 kg ts) (Elvstrand, pers, 2008). Yngre grisar äter mindre foder och äldre äter mer foder. Det finns exempel på de som utfodrat 4 liter blöt drank (ca 0,4 kg ts), motsvarande 50-60 % av mängden blötfoder till slaktsvin. Sinsuggor kan utfodras med blötfoder som innehåller ca 45 % blöt drank, motsvarande 7-8 liter blöt drank per dag (ca 0,7-0,8 kg ts). Till digivande suggor kan endast ca 15 % av blötfodret bestå av drank. Till dessa är det även viktigt att det inte blir blött i boxarna, samt att behovet av lysin blir tillgodosett. Galtar kan nog utfodras blöt drank med mängder i samma storleksordning som kan ges till sinsuggor (Lindberg, pers, 2008). Smågrisar kan ges något lägre inblandning av drank i fodret än andra grisar.

Enligt tabeller i Simonsson (2006) kan vetedrank och Agrodrink 27 (sirapsfraktionen) ingå med 5 % av fodrets omsättbara energi till dräktiga och digivande suggor. Till slaktsvin under 40 kg kan 10 % av fodret bestå av dessa dranktyper och till slaktsvin över 40 kg kan 15 % av fodret bestå av dessa.

Majsdrank, som kan utfodras i större mängder än spannmålsdrank, och är mycket mer studerat som fodermedel än denna till grisar, uppges kunna ingå med 20 % av torrsubstansen i foder till smågrisar, slaktsvin och digivande suggor, samt med 40 % av torrsubstansen till sinsuggor (Stein, 2007). Foderförbrukning, foderutnyttjande och daglig tillväxt har ej påverkats negativt i jämförelse med annat foder då drank med hög kvalitet utfodrats. Majsdrank har tidigare haft en begränsad användning i grisfoderstater i USA, beroende på att aminosyrasammansättningen inte är väl lämpad för grisar (lågt innehåll av lysin i majs (Simonsson, 2006)) och att smältbarheten för vissa aminosyror är begränsad (Ericsson, 2005). Noblet m.fl. (1993) har mätt upp de smältbara, omsättbara samt nettoenergierna i majsdrank till slaktsvin till 11,5; 10,8; respektive 7,4 MJ/kg ts. Smältbarhetskoefficienten beräknad utifrån det kalorimetriska värmevärdet anges till 56,8 %. Drank av sämre kvalitet har givit sämre tillväxt och foderutnyttjande (Cromwell m.fl., 1993). Grisar utfodrade med drank växte långsammare och hade högre foderförbrukning än sådana utfodrade med sojamjöl. Resultat från försök med slaktkycklingar är ofta även tillämpbara på grisar.

Risken att grisarna blir feta och får en sämre klassning, vid utfodring med foderstater innehållande spannmålsdrank, bedöms inte som större än vid utfodring med andra fodermedel, under förutsättning att foderstaten är välbalanserad vad gäller näringsinnehållet (Lindberg, pers, 2008). Slaktkropparnas fett bedöms inte påverkas negativt.

Spannmålsdrank passar till utfodring av dräktiga suggor, digivande suggor och slaktsvin med ett stort behov av protein (Lärn-Nilsson m.fl., 1998). Lågdräktiga suggor har ett mindre proteinbehov och därför blir inte utfodring med vetedrank lika aktuellt.

Den omsättbara energin i blöt vetedrank (spannmålsdrank) är 13,0-13,1 MJ/kg torrsubstans (smältbar energi ca 14,5 MJ/kg ts) till slaktsvin och sinsuggor (Lindberg, 2008a; SBI-Trading, 2008). I fodermedelstabeller (Simonsson, 2006) anges den omsättbara energin för blöt vetedrank till: 11,7 MJ/kg torrsubstans, men Lindberg (2008a) bedömer att hans siffror är mer tillförlitliga än tabellvärdena. Smältbarheten för råprotein och organisk substans till grisar är 76 % respektive 66 % (Lindberg, 2008a), som är jämförbara med tabellvärdena 76 respektive 65 % (Simonsson, 2006). Smältbarheten för råfett, NFE (kvävefria extraktionsämnen) och växttråd är: 64-65 %, 64 % respektive 22 % (Simonsson, 2006; Lindberg, 2008a).

Nyachoti m.fl. (2005) anger att den smältbara energin i torr primärdrank (DDGS) är 13,50±0,61 MJ/kg (15±0,68 MJ/kg ts om dranken innehåller 10 % vatten) till slaktsvin. Agro-

etanol (2008) anger den omsättbara energin till ca 11 MJ/kg ts för Agrodrink 90 (torr drink med ca 10 % vatten, motsvarar DDGS).

För blöt korndrank erhöll Buraczewska m.fl. (1996) en smältbarhet (apparent ileal) på 79,9 % för råprotein, för lysin 80,5 %, och för övriga aminosyror 74,3-88,8 %. Valaja & Näsi (1996) fann ingen skillnad i total smältbarhet och energiutnyttjande mellan foderstater som byggde på blöt korndrank eller på sojamjöl. För blöt korndrank beräknades smältbarheterna för råprotein till 90,2 % och för energi i fodret till 85,0 % utifrån det kalorimetriska värmevärdet. Innehållet av smältbar energi uppmättes till 19,3 MJ/kg ts och nettoenergiinnehållet beräknades till 10,4 MJ/kg ts för korndranken. Valaja m.fl. (1995) kom fram till att en tredjedel av sojaproteinet i foder till slaktsvin kan ersättas av drankprotein. Slutsatsen var att 10 % av fodrets torrsubstans kan vara korndrank utan risk för negativa effekter från drankfodret. Man påpekar dock att andra författare funnit att grisar kan utfodras 20 % drink utan negativa effekter, och ännu mer t.ex. 32,5 % tillsammans med 3,5 % fiskmjöl. I vissa försök har det fungerat att ge grisarna drink som enda proteinfoder. Vid överutfodring med drink har mängden intramuskulärt fett ökat, samt slaktkropparnas fett/protein-kvot ökat. Denna effekt anses bero på fodrets försämrade proteinkvalitet. Vid för mycket drink i fodret har grisarna även utnyttjat fodret mindre effektivt och vuxit långsammare.

Nyachoti m.fl. (2005) erhöll en smältbarhet på endast 42-45 % för aminosyran lysin i torr drink (DDGS). För övriga essentiella aminosyror erhöles smältbarheter på 61-83 %. Orsaken till den lägre smältbarheten för lysin är troligen att denna förstörts vid torkningen av dranken (se Maillardreaktionen, kapitel: 4.5 Torkning av drink).

Simonsson (2006) anger den omsättbara energin till 10,8 MJ/kg ts för Agrodrink 27 (sirapsfraktionen med en torrsubstanshalt på 30 %). Agroetanol (2008) anger motsvarande siffra till 13,2 MJ/kg ts. Simonsson (2006) anger för Agrodrink 27 smältbarheterna för organisk substans, råprotein, råfett, kvävefria extraktionsämnen (NFE) och växttråd till: 60 %, 70 %, 45 %, 63 % respektive 23 %.

Suggors fertilitet i samband med utfodring av spannmålsdrink behandlas inte i litteraturen. Det är säkert inga problem om man ser till att djurens näringsbehov tillgodoses med den foderstat där dranken ingår.

6.3.2.2 Foderstatsberäkningar, utfodring av grisar

Exempel på några foderstater där spannmålsdrink ingår togs fram för några olika typer av grisar. Näringsbehov och restriktioner vid utfodringen hämtades i huvudsak från Simonsson (2006) och Lärn-Nilsson m.fl. (1998). Resultaten från dessa foderstater sammanfattas nedan.

Grisar har ett stort behov av protein för tillväxt, digivning m.m. De kan inte framställa sina egna aminosyror, utan måste få de viktigaste t.ex. lysin via fodret, vilket gör att kraven på detta blir höga. Grisarnas stora proteinbehov och att vetedrankens innehåll av aminosyran lysin är begränsad gör tillsammans så att då drink ingår som proteinkälla i foder till grisar, behövs även andra protein(lysin)källor såsom sojamjöl, vassle, rapsmjöl eller ärtor för att grisarnas behov av essentiella (nödvändiga) aminosyror ska tillgodoses. Detta gäller samtliga slag av grisar. Grisarnas behov av energi och aminosyran lysin som ingår i proteinet användes därför som utgångspunkt då foderstaterna upprättades.

Endast till sissuggor kan vetedrank bli den huvudsakliga proteinkällan. Till samtliga andra slag av grisar, måste andra proteinslag dominera i foderblandningen, för att behovet av lysin skall tillgodoses. Kan överutfodring av protein accepteras, så kan en betydligt större andel

vetedrank ingå i fodret och då i många fall som enda proteinfoder. Detta gäller nog främst om man har tillgång till billig flytande drank.

Slutsatsen blir att 10-20 % vetedrank kan ingå i foderstaten till samtliga grisar utom till smågrisar (smaklighet) och till sinsuggor (lägre proteinbehov). Slaktsvin, digivande suggor och avelsgaltar behöver sojaprotein för att tillgodose sitt behov av essentiella aminosyror.

Till grisar vore det önskvärt att vetedrankens proteinsammansättning kunde förändras, via växtförädling, så att halterna av de mest essentiella aminosyrorna ökar. Detta för att möjliggöra för vetedrank att användas som enda proteinfoder till grisar. Detta skulle sannolikt även öka möjligheterna att använda vetedrank som foder till värphöns och slaktkycklingar.

Potentialen för utfodring med vetedrank borde vara 200-300 g ts per slaktsvin och dag, 1 000-1 500 g ts per digivande sugga och dag, 300-500 g ts per sinsugga och dag samt 400-500 g ts per avelsgalt och dag. För beräkningar av grisarnas totalt möjliga konsumtion av drank i Sverige, se tabell 41.

6.3.2.3 Utfodring av grisar med sekundärdrank

Vi har inte hittat några utfodringsförsök där sekundärdrank (eDDGS/eDGS) utfodrats till grisar.

Vid utfodring av enkelmagade djur, såsom grisar, med sekundärdrank har detta foder ett lägre innehåll av essentiella aminosyror, såsom lysin, jämfört med primärdrank, trots att innehållet av råprotein är högre. Detta medför att tillväxten kan förväntas bli sämre om detta ej kompenseras i den totala foderstaten. Behovet av importerade foderprodukter såsom sojamjöl kan då öka.

Drank där även cellulosa och hemicellulosa utnyttjas för etanolproduktion beskrivs ingående i kapitel 4.3. I bilaga 3 ges några exempel på sammansättningen hos primärdrank (DDGS) och sekundärdrank (eDDGS) från majs. I tabell B4:2 ges de, i det här projektet, beräknade näringsinnehållen i sekundärdrank till grisar.

Beräkningar, gjorda i det här projektet, tyder på att råproteininnehållet blir ca 30 % högre i sekundärdrank jämfört med primärdrank. Detsamma gäller även andra, i dranken, ingående näringsämnen som ej bryts ner. Det har antagits att hälften av lysinet, 20 % av metioninet och cystinet samt 5 % av treoninet bryts ner i processen.

Foderstatsberäkningar, gjorda i det här projektet, pekar på att man genom bl.a. en ökad tillförsel av sojaprotein i fodret till grisarna kan behålla samma mängd sekundärdrank som med primärdrank i fodret. Det ökade behovet av sojaprotein varierar vanligen från ett par procent till drygt 15 procent. I vissa foderstater behöver sojaprotein tillföras, där det inte tidigare förekommit, om lysinbehovet ska täckas. Troligen ökar behovet av sojaprotein med drygt 10 % om dagens grisar skulle utfodras med sekundärdrank istället för primärdrank. En annan effekt av sekundärdrank, istället för primärdrank, i fodret är att överutfodringen med råprotein ökar då behoven av essentiella aminosyror ska täckas.

6.3.3 Fjäderfä

6.3.3.1 Utfodring av fjäderfä med spannmålsdrank

Spannmålsdrank som innehåller mer än 30 % råprotein av torrsubstansen är ett attraktivt proteinfoder till fjäderfän (Elwinger, pers, 2008). Blöt drank har inte utfodrats till höns och kycklingar, men de klarar av att äta blött foder (Lindberg, pers, 2008). Normalt är inte blöt

drank aktuell för utfodring av fjäderfän (Elwinger, pers, 2008). Till värphöns borde 5-10 % torr drank gå bra att utfodra (Elwinger, pers, 2008), medan större mängder (ca 20 %) ger blöt och kladdig gödsel. Troligen är det vissa olösliga kolhydrater, t.ex. pentosaner, som även finns i korn och vete som ställer till problem. Problemet kan eventuellt lösas genom tillsats av vissa kolhydratspjälkande enzymer.

Livsmedelssverige (2007, 2008) anger att 10 % spannmålsdrank kan tillåtas ingå i foderblandningen till värphöns och slaktkycklingar i slutet av uppfödningensperioden. Till unga (nyinsatta) slaktkycklingar kan endast 3 % tillåtas, och till slaktkycklingar under tillvänjning till drankfoder kan 5 % drank tillåtas.

I USA har många studier gjorts med utfodring av fjäderfän med majsdrank (Elwinger, pers, 2008). 10-15 % majsdrank har gått bra att utfodra till fjäderfän, men majsdrank innehåller kolhydrater med en annan sammansättning än de i spannmålsdrank. Distillers Grains Technology Council (2008) anger att nyinsatta slaktkycklingar kan utfodras med 5 % majsdrank, slaktkycklingar och slaktkalkoner med 10 % majsdrank och värphöns med 15 % majsdrank. Flera författare (Lumpkins m.fl., 2004; Waldroup, 2007; Waldroup m.fl., 2007; Wang m.fl., 2007b) anger att nyinsatta kycklingar kan utfodras med ett foder innehållande 6 % majsdrank, som senare kan ökas till 12 %, och mot slutet av uppfödningen ökas till 15 %. Yngre fåglars tillväxt försämrades om de fick för mycket drank, troligen på grund av lysinbrist. Överutfodring med drank har gett sämre tillväxt, högre foderkonsumtion, sämre foderutnyttjande och lägre köttansättning hos slaktkycklingar (Wang m.fl., 2007a, 2007b, 2007c), och lägre antal ägg och/eller ägg med lägre vikt hos värphöns (Waldroup, 2007; Waldroup m.fl., 2007).

Värphöns uppges vanligen kunna utfodras med ett foder innehållande 15 % torr majsdrank utan att äggproduktionen påverkas negativt (Roberson m.fl., 2005; Waldroup, 2007; Waldroup m.fl., 2007). Äggens kvalitet, äggulans färg eller skalens hållfasthet har inte påverkats. Vid utfodring med mer än 10 % majsdrank, i en foderstat där huvuddelen av energin kommer från vete, har i vissa fall krävts tillsats av lysin till foderstaten för att äggproduktionen ej ska påverkas i negativ riktning.

Den omsättbara energin hos majsdrank vid utfodring av slaktkycklingar och värphöns anges av olika författare ligga på 12,5-14,1 MJ/kg ts (Lumpkins m.fl., 2004; Batal & Dale, 2006; Distillers Grains Technology Council, 2008). För majsdrank som utfodrats till fjäderfä, anger Waldroup (2007) och Waldroup m.fl. (2007) de viktade medelvärdena från flera författare för omsättbar energi till 13,3 MJ/kg ts.

Smältbarheten för alla aminosyror i majsdrank var i genomsnitt 81,7 % (Batal & Dale, 2006), för lysin 68,5-75 %, för metionin 86,8-89 % och för tryptofan 82,8-84,1 % (Lumpkins m.fl., 2004; Batal & Dale, 2006; Waldroup, 2007; Waldroup m.fl., 2007). Smältbarheten hos lysin varierar mer mellan olika prov än för de andra aminosyrorerna, då denna är mycket känslig för vilken temperatur dranken utsätts för vid torkningen (Waldroup, 2007; Waldroup m.fl., 2007) (se Maillardreaktionen, kapitel: 4.5 Torkning av drank). Drank av sämre kvalitet har givit sämre tillväxt och foderutnyttjande (Cromwell m.fl., 1993). Kycklingar utfodrade med drank växte långsammare och hade högre foderförbrukning än sådana utfodrade med sojamjöl.

I svenska försök har upp till 20 % korndrank blandats in i slaktkycklingfoder utan negativa effekter i produktionsresultaten i form av tillväxt och foderförbrukning (Pettersson, 1985; Pettersson m.fl., 1987). I den etanolprocess (Biostil) som användes i dessa försök var denna optimerad för produktion av stärkelse och etanol, dvs. ej all stärkelse användes för etanoljäsning. Man påpekar att vid utfodring av kycklingar med stora mängder av detta foder kan vissa kolhydrater (glukaner) försvåra näringsupptaget i tarmen (Pettersson m.fl., 1987). Det finns dock motmedel mot detta, men vad det är anges ej.

Alla drankprodukter, liksom allt annat foder, till värphöns och slaktkycklingar måste värmebehandlas (Elwinger, 2005; Waldenstedt, pers, 2007; Livsmedelssverige, 2008). Värmebehandlingen (upphettning till minst 75°C) görs enligt foderföreskriften SJVFS 2006:81 (SJV, 2006) och bestämmelserna för salmonellakontroll för foderblandningar till fjäderfä. Detta kan i praktiken åstadkommas genom att fodret pelleteras med en 3 eller 5 mm matris. Om 5 mm matrisdiameter används, krossas pelleten efter matrisen eller skärs i 0,5 cm stora bitar, som i den vidare hanteringen kallas pellets-kross. Värmebehandling kan ofta vara problematisk för små hemmablandare och fodertillverkare att åstadkomma. Detta motverkar att fodret kan produceras på gårdsnivå. En överambitiös upphettning kan försämra fodrets smältbarhet och proteinets tillgänglighet (se Maillardreaktionen kapitel: 4.5 Torkning av drank).

I fodermedelstabeller (Livsmedelssverige, 2007, 2008) anges den omsättbara energin för fjäderfä utfodrade med drank till 10,9 MJ/kg torrsbstans (omräknat från 9,9 MJ/kg vid 91 % torrsbstans). Detta är något lägre än till grisar beroende på att fjäderfä är sämre på att omsätta kolhydrater (Rundgren m.fl., 1985).

6.3.3.2 Foderstatsberäkningar, utfodring av fjäderfä

Exempel på några foderstater där drank ingår togs fram för värphöns och slaktkycklingar. Näringsbehov och restriktioner vid utfodringen hämtades i huvudsak från Livsmedelssverige (2007, 2008) och Elwinger (2005). Resultaten från dessa foderstater sammanfattas nedan. Då drank har ett ganska högt innehåll av de i fjäderfäsammanhang viktigaste aminosyrorna metionin, lysin och treonin (Elwinger, 2005) (se tabell 2 och 3), försöker man utfodra så mycket som möjligt med detta. Komplettering behövs trots det för att behoven av de olika nödvändiga aminosyror ska täckas. Ofta behövs flera olika foderslag för kompletteringen. T.ex. är sojaprotein en god lysin- men en mager metioninkälla (Elwinger, 2005), detsamma gäller ärter. Majs-glutenmjöl är en god metionin- men en mager lysinkälla. Dessa fodermedel kan behöva ingå i foderblandningen och då bidra med sin del.

Värphöns går att utfodra med upp till 5-10 % vetedrank (Elwinger, pers, 2008; Livsmedelssverige, 2007, 2008), man bör dock vara uppmärksam på att denna mängd kan behöva begränsas om gödseln blir kletig och därmed äggen smutsiga. Slaktkycklingar går att utfodra med upp till 10 % vetedrank (Livsmedelssverige, 2007, 2008). Till unga (nyinsatta) slaktkycklingar kan endast 3 % tillåtas, och till slaktkycklingar under tillvänjning till drankfoder kan 5 % drank tillåtas. Komplettering med andra proteinfodermedel, såsom t.ex. sojamjöl, raps-, solros-, lin- och hampfrökaka, kan vara svårt att komma ifrån.

Potentialen för utfodring med vetedrank till fjäderfä, har vi antagit att borde vara ca 7 % i genomsnitt av det foder som i Sverige utfodras det totala antalet fjäderfän, baserat på litteraturstudierna och beräkningarna ovan, se tabell 41.

6.3.3.3 Utfodring av fjäderfä med sekundärdrank

Vid utfodringsförsök av kalkoner med sekundärdrank (eDDGS) erhöles lika god tillväxt och ingen högre dödlighet jämfört med en kontrollgrupp (Tucker m.fl., 2004). Ökades inblandningen av sekundärdrank (eDDGS) till 15-20 % av foderblandningen blev tillväxten 6 % lägre än för kontrollgruppen. Ingen toxicitet beroende på fodret kunde påvisas. Tucker m.fl. (2004) anger de omsättbara energierna i primärdrank (DDGS) och sekundärdrank (eDDG) till 10,4 respektive 8,4 MJ/kg för majsdrank till kalkoner. På samma sätt blir de smältbara energierna i primärdrank (DDGS) och sekundärdrank (eDDG) 13,0 respektive 10,7 MJ/kg för majsdrank till kalkoner.

Vid utfodring av enkelmagade djur såsom fjäderfä med sekundärdrink, har detta foder ett lägre innehåll av essentiella aminosyror, såsom lysin och metionin, jämfört med primärdrink, trots att innehållet av råprotein är högre. Detta medför att tillväxten kan förväntas bli sämre om detta ej kompenseras i den totala foderstaten. Behovet av importerade foderprodukter såsom sojamjöl kan då öka.

Drank där även cellulosa och hemicellulosa utnyttjas för etanolproduktion beskrivs ingående i kapitel 4.3. I bilaga 3 ges några exempel på sammansättningen hos primärdrink (DDGS) och sekundärdrink (eDDGS) från majs. I tabell B4:3 ges de, i det här projektet, beräknade näringsinnehållen i sekundärdrink till fjäderfän.

Beräkningar, gjorda i det här projektet, tyder på att råproteininnehållet blir ca 30 % högre i sekundärdrink jämfört med primärdrink. Detsamma gäller även andra, i dranken, ingående näringsämnen som ej bryts ner. Det har antagits att hälften av lysinet, 20 % av metioninet och cystinet samt 5 % av treoninet bryts ner i processen.

Foderstatsberäkningar, gjorda i det här projektet, pekar på att man genom bl.a. en ökad tillförsel av bl.a. sojaprotein i fodret till fjäderfäna, samt en del andra förändringar av fodersammansättningen, kan behålla samma mängd sekundärdrink som med primärdrink i fodret. För beräkningar av fjäderfäns totalt möjliga konsumtion av drank i Sverige, se tabell 41.

6.3.4 Hästar

6.3.4.1 Utfodring av hästar med spannmålsdrink

Hästen är helt anpassad för ett liv som gräsätare och för att tidvis kunna livnära sig på mycket näringsfattigt gräs (Planck & Rundgren, 2005). Normalt ska den kunna tillgodose hela sitt näringsbehov från vallfoder. Hästen utnyttjar inte fodret lika effektivt som idisslare, men den har istället möjlighet att äta mer (Lärn-Nilsson m.fl., 1998). Digivande ston, växande unghästar och arbetande hästar har ett stort energibehov, vilket medför att tillskott av ett mer energirikt foder kan behövas. Detsamma gäller hästar som bara har tillgång till grov(vall)foder av dålig kvalitet, t.ex. förvuxet sådant. Dräktiga ston, digivande ston och växande unghästar har även ett större behov av protein än andra hästar, vilket medför att tillskott av proteinfoder kan behövas. Fodret till växande unghästar bör minst innehålla 43 g lysin per kg råprotein (Lindberg, 2008b). Fodrets innehåll av lysin påverkar både tillväxt och kroppsutveckling. Det att lysinet är betydelsefullt för unghästar, gör att drankens (både som primärdrink och sekundärdrink) och etanolens värde, produktionskostnader och miljöbelastning kommer att bli mer likt det då dranken används som foder till grisar och fjäderfän, än vad det blir då dranken används som foder till andra hästar, vid beräkningarna längre fram i den här studien.

Försök har gjorts där torkad drank ersatt soja som huvudsaklig proteinkälla i spannmålsbaserat kraftfoder till unghästar (Lindberg, 2008b). Unghästar utfodrades med fri tillgång på ensilage/hösilage och en begränsad tillgång på det ovan nämnda kraftfodret. Hästarna åt detta foder med god aptit och det fanns inga tecken på att det påverkade dem negativt på något sätt. Tillväxten var något sämre, dock ej statistiskt signifikant, med drankbaserat proteinfoder jämfört med sojabaserat proteinfoder. Slutsatsen från försöket var att, vid utfodring med vallfoder (>12 % råprotein) i fri tillgång, kan torkad vetedrank ersätta sojamjöl i kraftfodret till växande unghästar (18-22 månader), utan att detta påverkar foderintag, tillväxt eller kroppsutveckling negativt. Man bör dock vara uppmärksam på att det kan förekomma betydande variationer i kemisk sammansättning och näringsvärde hos drank med olika ursprung.

Distillers Grains Technology Council (2008) anger att hästar kan utfodras med 10-20 % majsdrank. Kolhydraterna i majsdrank har dock en annan sammansättning än i spannmålsdrank (Elwinger, pers, 2008). Uppgivna mängder antas trots detta ge en indikation på hur mycket spannmålsdrank som kan utfodras.

Ett problem vid utfodring av hästar med drank kan vara smakligheten (Jansson, pers, 2007). Hästar är kräsna och äter inte vad som helst. Tillvänjning kan erfordras. Man bör vara uppmärksam på detta problem även om det inte rapporterats vid utfodring av hästar med torr drank.

Proteinbehovet är, i de svenska rekommendationerna, relaterat till energibehovet och uttrycks som gram smältbart råprotein per MJ omsättbar energi. Behovssiffrorna är därför oberoende av hästens storlek och arbetsbelastning. Underhållsfodret rekommenderas innehålla 6 g smältbart råprotein/MJ omsättbar energi. Detta krav uppfylls av de flesta fodermedel utom halm och förvuxet vallfoder (Planck & Rundgren, 2005). Friska hästar klarar utan problem två till tre gånger mer protein, speciellt om det kommer från vallfoder som bryts ner långsamt. Mycket proteinrikt foder resulterar i att urinen kommer att innehålla mer kväve. Detta kan resultera i ökad ammoniaklukt i stallet. Om man använder ammoniakbehandlad halm som enda grovfoder, måste foderstaten kompletteras med ett fullvärdigt proteinfodermedel, såsom spannmålsdrank.

De hästar som har störst behov av energi är digivande ston samt hårt arbetande hästar. Störst behov av protein har digivande ston, dräktiga ston sent under dräktigheten och snabbt växande unga hästar (Planck m.fl., 1998; Jansson m.fl., 2004; Planck & Rundgren, 2005). Proteinbehovet vid arbete ökar inte mer än energibehovet. Spannmålsdrank som proteinfoder är främst intressant till växande unghästar, digivande ston och dräktiga ston sent under dräktigheten.

Vetedrank (90 % torrsubstans) innehåller ca 270 g smältbart protein per kg ts, motsvarande ca 21 g smältbart råprotein/MJ omsättbar energi (beräknat efter Janssons m.fl. (2004) anvisningar från fodermedelstabeller för idisslare (Spörndly, 2003)). Mängden smältbart protein till hästar i blöt drank (SBI-Trading, 2008) blir 310-360 g per kg ts vid beräkning enligt dessa anvisningar. I torr drank, marknadsförd som Agrodrank 90 (Agroetanol, 2008), blir mängden smältbart protein vid beräkning på samma sätt ca 290 g per kg ts, och i sirapsfraktionen (Agrodrank 27) även den ca 290 g per kg ts. Mängden lysin i drankprodukter från vete ligger på 2,4-3,3 % av råproteinet (Simonsson, 2006; SBI-Trading, 2008; Agroetanol, 2008), vilket är lägre än i t.ex. i rapsmjöl och rapsexpeller som har en lysinhalt på 5,6-6 % av råproteinet (Simonsson, 2006). Detta är en nackdel för drankprodukterna då lysin ju är den först begränsande aminosyran till hästar (Planck & Rundgren, 2005). Jämför med att Lindberg (2008b) anger att råproteinet i fodret till växande unghästar bör innehålla minst 4,3 % lysin.

Beräkningar enligt Janssons m.fl. (2004) anvisningar från fodermedelstabeller för idisslare (Spörndly, 2003) ger de omsättbara energierna för vededrank (90 % torrsubstans) till 12,9 MJ/kg ts för hästar.

6.3.4.2 Foderstatsberäkningar, utfodring av hästar

Exempel på några foderstater där vededrank ingår togs fram för några olika typer av hästar. Näringsbehov och restriktioner vid utfodringen hämtades i huvudsak från Jansson m.fl. (2004) och Planck & Rundgren (2005) men även från Planck m.fl. (1998). Både bra och dåligt hö studerades i foderstaterna. Resultaten från dessa foderstater sammanfattas nedan.

Om man har tillgång till ett bra hö med 12 MJ/kg ts och 140 g smältbart råprotein/kg ts, räcker detta som enda foder till normalfödda hästar, även vid dräktighet, samt till unga sådana hästar. Digivande hästar har ett högre energibehov som kan täckas med t.ex. havre som även innehåller en del protein. Något separat proteinfoder såsom vetedrank behövs ej. Detsamma gäller även hårt arbetande hästar. Här blir dock proteintillförseln för stor, vilket gör att sämre grovfoder med fördel skulle kunna utfodras. Till föl (ca 4 månader) behövs ett proteinfoder som drank även om grovfodret är mycket bra. Ungefär 10-15 % av fodret till dessa hästar bör vara ett proteinfoder av god kvalitet såsom vetedrank. Det är knappast troligt att allt detta foder kan vara drankbaserat beroende på bl.a. smaklighetsproblem.

Är höet dåligt blir behovet av proteinfoder givetvis större. Om dåligt hö med 6 MJ/kg ts och 5 g smältbart råprotein/kg ts utfodras, krävs betydande mängder proteinfoder: till normalfödda hästar ca 10 % av fodret, dräktiga hästar ca 20 % av fodret som kraftfoder med 80 % drank och 20 % havre, digivande hästar drygt 40 % av fodret som kraftfoder med lika delar drank och havre, hårt arbetande hästar knappt 40 % av fodret som kraftfoder med ca 20 % vetedrank och 80 % havre, till unga hästar (7-12 mån) ca 20 % av fodret som kraftfoder med drygt 80 % drank och knappt 20 % sojamjöl och till föl (ca 4 mån) mer än 40 % som vetedrank. Det är mycket tveksamt om de kraftfoderblandningar med mest drank är utfodringsbara p.g.a. smaklighetsproblem m.m.

Allt detta proteinfoder kan ej vara drankbaserat då smakligheten ej är god för hästar hos alltför ensidigt foder. I praktiken kan ca 20 % av kraftfodret vara vetedrank. Detta innebär att om grovfodret består av dåligt hö så kan maximalt: ca 160 g ts drank utfodras till normalfödda hästar, ca 400 g ts drank till dräktiga sådana hästar, 1 100-1 200 g ts drank till digivande sådana hästar, 800-900 g ts drank till hårt arbetande sådana hästar, ca 400 g ts drank till unghästar, och ca 600 g ts drank till föl (ca 4 mån). Totalt kanske potentialen till landets hästar i genomsnitt är ca 200 g ts drank/häst och dygn. För beräkningar av hästarnas totalt möjliga konsumtion av drank i Sverige, se tabell 41.

6.3.4.3 Utfodring av hästar med sekundärdrank

Vi har inte hittat några försök där hästar utfodrats med sekundärdrank (eDDGS/eDGS).

Vid utfodring av enkelmagade djur såsom hästar med sekundärdrank, har detta foder ett lägre innehåll av essentiella aminosyror, såsom lysin, jämfört med primärdrank, trots att innehållet av råprotein är högre. Detta medför att tillväxten kan förväntas bli sämre om detta ej kompenseras i den totala foderstaten. Behovet av importerade foderprodukter såsom sojamjöl kan då öka. Detta borde ej vara något problem till hästar, som liksom idisslare kan bygga sina aminosyror själva, och foderstatsberäkningar därför baseras på fodrets innehåll av råprotein. Undantag kan eventuellt vara växande unghästar som har ett större behov av essentiella aminosyror (se kapitel 6.3.4.1).

Drank där även cellulosa och hemicellulosa utnyttjas för etanolproduktion beskrivs ingående i kapitel 4.3. I bilaga 3 ges några exempel på sammansättningen hos primärdrank (DDGS) och sekundärdrank (eDDGS) från majs. I tabell B4:4 ges de, i det här projektet, beräknade näringsinnehållen i sekundärdrank till hästar.

Beräkningar, gjorda i det här projektet, tyder på att råproteininnehållet blir ca 30 % högre i sekundärdrank jämfört med i primärdrank. Detsamma gäller även andra, i dranken, ingående näringsämnen som ej bryts ner.

Foderstatsberäkningar, gjorda i det här projektet, pekar på att man ofta kan få dra ner givan av sekundärdrank med omkring en tredjedel, jämfört med primärdrank till hästar, beroende på att det är den totala mängden råprotein som till stor del styr behovet.

6.3.5 Regnbågslax

Försök har visat att drank verkar ha goda förutsättningar att helt eller delvis ersätta fiskmjöl som proteinfodermedel även till karnivora (köttätande) fiskar (Andersson, 2008). En faktor som kan begränsa mängden drank i fiskfoder är dess aminosyraprofil (fiskar behöver lysin och metionin). I försök har inblandning av upp till ca 30 % drank i fodret fungerat bra. Högre inblandningsnivåer har resulterat i sämre smältbarhet. Pelleterat foder äts med god aptit.

6.4 Sammanställning, utfodring av olika djurslag

6.4.1 Sammanställning, utfodring med primärdrank

Idisslare, som nötkreatur och får, kan utfodras med en stor del av proteinet i fodret som vetedrank (se tabell 5). Protein från andra källor kan behövas för att den totala mängden protein ska bete sig på önskat sätt vid matsmältningen. Till grisar och fjäderfä kan drygt 10 %, respektive ca 10 %, av fodret bestå av vetedrank (tabell 5). Smågrisar är känsliga för fodrets smaklighet, och det är viktigt att de får ett gott foder. Det är därför inte säkert att de alltid kan äta foder som innehåller vetedrank. Till fjäderfä kan man få begränsa inblandningen av drankprodukter i fodret om gödseln skulle bli blöt och kladdig. Till hästar kan ca 10 %, i bästa fall uppåt 20 %, av kraftfodret bestå av vetedrank om man ej drabbas av smaklighetsproblem (tabell 5). Vissa hästar kan vara kräsna.

Tabell 5. Utfodring av olika djurslag med vetedrank som primärdrank, möjlig giva

Djurslag	Andel av kraftfoder (%)	Kommentar
Nötkreatur		
Mjölkkö	10-15 %	En stor andel av proteinbehovet kan täckas, men t.ex. majs glutenmjöl behövs för att AAT ska hamna på rätt nivå. Andelen drank blir lägre till de högst producerande korna. Till sinkor behövs ej alltid proteinfoder så som drank.
Kraftfodertjur	0-50 %	Beror på grovfodrets kvalitet och djurens tillväxttakt.
Får	0-50 %	Beror på grovfodrets kvalitet och djurens produktion.
Grisar		
Slaktsvin	10-20 %	Behovet av lysin måste täckas.
Suggor	10-20 %	Behovet av lysin måste täckas.
Smågrisar	0-10 %	Risk för dålig smaklighet.
Fjäderfä		
Värphöns	5-10 %	Även annat proteinfoder behövs.
Slaktkycklingar	3-10 %	Även annat proteinfoder behövs.
Hästar	10-20 %	Smaklighetsproblem kan förekomma.

Foderstatsberäkningar har visat att generellt så har mjölkande/digivande och snabbt växande djur störst behov av protein och därmed spannmålsdrank. Långsamt växande och mer lätt arbetande djur, som bara behöver underhållsprotein, har ett mindre behov av protein och är därför inte beroende av tillskott av proteinfoder. Dessa behöver endast lite eller ingen drank.

Omsättbar energi vid utfodring av olika djurslag med primär vetedrank anges i tabell 6. Framförallt fjäderfä är något sämre än de andra djurslagen på att utnyttja vetedrank, beroende på de är sämre på att omsätta kolhydrater. I övrigt är skillnaderna små mellan djurslagen. Jämför med de effektiva värmevärdena i kapitel 7.1 Eldning av vetedrank och i kapitel 7.2 Eldning av sekundärdrank, samt i tabell 9 och i bilaga 4, delkapitel: Skogsflis till förbränning.

Tabell 6. Omsättbar energi i vetedrank som primärdrank vid utfodring av nötkreatur, hästar, grisar och fjäderfä

Biprodukt	Djurslag, omsättbar energi (MJ/kg torrsubstans)			
	Nötkreatur	Hästar	Grisar	Fjäderfä
Vetedrank	13,3-13,9	10,1-12,9	10,8-13,2	10,9-12,5

6.4.2 Sammanställning, utfodring med sekundärdrank

Behovet av sekundärdrank (eDDGS/eDGS) minskar då denna innehåller ungefär 30 % mer råprotein än primärdrank (DDGS/DGS). Till mjölkkor kan sekundärdrank ersätta annat proteinfoder, och då behöver inte mängden sekundärdrank minska så mycket i förhållande till primärdrank. Till kraftfodertjurar, får och hästar som fått större delen av sitt proteinbehov, utöver grovfodrets protein, täckt med primärdrank, minskar behovet av sekundärdrank i samma storleksordning som dess råproteininnehåll ökat i förhållande till det i primärdrank. Till grisar och fjäderfä kan man välja andra ingående ingredienser i fodret för att kompensera det lägre innehållet av essentiella aminosyror, bl.a. lysin och metionin, i sekundärdrank. Detta gör att mängden sekundärdrank i fodret, till dessa djurslag, inte behöver bli mindre än vad den varit med primärdrank. I tabell 7 ges en sammanställning över hur olika djurslag kan utfodras med sekundärdrank. I tabell 8 ges en sammanställning av den omsättbara energin i sekundärdrank (eDDGS och eDG) till olika djurslag. Värdena för sekundärdrank (eDDGS och eDG) är beräknade utifrån hur sammansättningen hos dessa fodermedel kan förväntas bli, utifrån den cellulosa som förbrukas i processen som ökar etanolutbytet med 13 %. Då även andra processer, som bl.a. påverkat aminosyrasammansättningen, varit aktiva, medför detta en viss osäkerhet i de beräknade värdena i tabell 8.

Tabell 7. Utfodring av olika djurslag med vetedrank som sekundärdrink, möjlig giva

Djurslag	Andel av kraftfoder (%)	Kommentar
Nötkreatur		
Mjölkkö	10-15 %	Något mindre giva än vid utfodring med primärdrink om utfodringsrekommendationerna ska följas.
Kraftfodertjur	0-50 %	Beror på grovfodrets kvalitet och djurens tillväxttakt. Mängderna minskar med sekundärdranks högre råproteinhalt jämfört med primärdranks.
Får	0-50 %	Mängderna minskar med sekundärdranks högre råproteinhalt jämfört med primärdranks.
Grisar		
Slaktsvin	10-20 %	Behovet av lysin måste täckas. Behovet av sojaprotein kan öka jämfört med vid utfodring med primärdrink.
Suggor	10-20 %	Behovet av lysin måste täckas. Behovet av sojaprotein kan öka jämfört med vid utfodring med primärdrink.
Smågrisar	0-10 %	Risk för dålig smaklighet.
Fjäderfä		
Värphöns	5-10 %	Behovet av sojaprotein kan öka jämfört med vid utfodring med primärdrink.
Slaktkycklingar	3-10 %	Behovet av sojaprotein kan öka jämfört med vid utfodring med primärdrink.
Hästar	10-20 %	Smaklighetsproblem kan förekomma. Mängderna minskar med sekundärdranks högre råproteinhalt jämfört med primärdranks.

Tabell 8. Beräknad omsättbar energi i vetedrank som primärdrink och sekundärdrink vid utfodring av nötkreatur, hästar, grisar och fjäderfä

Biprodukt	Djurslag, omsättbar energi (MJ/kg torrsbstans)			
	Nötkreatur	Hästar	Grisar	Fjäderfä
Primärdrink ^a				
DDGS (Agroetanol) (torr)	13,3	12,9	10,8 ^b	10,9
Sekundärdrink				
eDDGS (Agroetanol) ^c (torr)	12,6	12,1	9,0 ^b	9,1
Primärdrink ^a				
DG (Nöbbelöv) (blöt)	13,9	13,2	11,9	
Sekundärdrink				
eDG (Nöbbelöv) ^c (blöt)	13,4	12,5	10,3	

^a Drink från spannmål jäst med dagens process som nyttjar endast stärkelsen.

^b Agrodrink 27 (sirap).

^c Beräknade värden.

7 ANVÄNDNING TILL FÖRBRÄNNING

7.1 Eldning av vetedrank

Det finns nästan inga studier som beskriver eldning av drank, därför identifieras de problem som kan uppstå vid eldning av drank utifrån bränslen som på olika sätt liknar drank. Då dranken lämnar dekantrar och indunstning på etanolfabriken i Norrköping är vattenhalten ca 67 % (Agroetanol, 2008). Den kan antingen eldas blöt som den är eller först torkas beroende på eldningsutrustningen. Blöt drank går troligen att elda i pannor med fluidiserad bädd, då exempel finns på att slam med upp till 80 % fukthalt eldats i sådana pannor (Strömberg, 2005). Blöt drank går nog även bra att elda i pannor där fuktiga bränslen som hushållssopor och färsk flis normalt eldas. Dessa pannor är vanligen försedda med rökgaskondensering, som möjliggör att en stor del av förångningsvärmets hos den vattenånga som frigörs vid förbränningen i rökgaserna kan återvinnas. Torr drank innehåller ca 10 % vatten (Agroetanol, 2008), och bör i pelleterad form gå att elda i pannor där pellets och flis normalt kan eldas.

Drank med ursprung i spannmål ger en aska med låg smältpunkt (tabell 9), vilket gör att den troligen sintrar lätt. Mängden aska är ganska stor, ca 5 % av torrsubstansen (Belab, 2002). Det höga innehållet av kväve (ca 5 % av ts) gör att kväveoxidemissionerna sannolikt blir höga, och då i nivå med vad som erhållits vid eldning av rapsexpeller som innehåller ungefär lika mycket kväve. Rapsexpeller har ofta gett 2-3,6 gånger högre kväveoxidemissioner än vid eldning av bränslen med lågt kväveinnehåll (Bernesson, 2007; Eriksson m.fl., 2007). Man bör vara observant på att ett kväveinnehåll på ca 5 % i drank jämfört med ca 0,1 % i trädbränsle innebär 50 gånger mer kväve i drank, och då bildandet av kväveoxider vid eldning i hög grad beror på bränslets innehåll av kväve, kan detta tyda på att en risk föreligger att kväveoxidemissionerna vid drankeldning kan bli betydligt högre än de 2-3,6 gånger kväveoxidemissionerna vid eldning av bränslen med lågt kväveinnehåll som anges ovan. Det effektiva värmevärdet hos dranken är 17,5 MJ/kg (19,8 MJ/kg ts) (Belab, 2002), vilket är i nivå med det för trädbränsle.

Det är den höga halten av alkalimetaller (K, Na) (se tabell 9) som orsakar den mycket låga asksmältpunkten (ca 700°C) hos drankens aska (Belab, 2002). Försök med eldning av vetekärnor, i bl.a. en panna med en cirkulerande fluidiserande bädd, har visat att asksmältpunkten hos den resulterande askan kunnat höjas från 720-740°C till mer än 1080°C, genom tillsats av kalciumrika mineraler såsom dolomit, kalciumhydroxid eller kalksten (Rudling, 1991). För att få avsedd effekt var det viktigt att det tillsatta kalkmineralet var finkornigt. Det är troligt att en liknande effekt kan erhållas med tillsats av kalkmineral vid eldning av drank, då vetekärnorna och dranken har samma ursprung. Ett annat sätt att minska problemen vid eldning av drank kan vara att samelda det med andra bränslen (Strömberg, 2005; Paulsson, 2007). Vidare är svavel- och klorhalterna (tabell 9) höga (jämfört med trädbränsle), vilket kan ge problem med korrosion i pannan och rökgaskanalerna vid eldning.

Tabell 9. Analysdata för primärdrank från vete

Innehåll, ämne	Belab (2002)	SBI-Trading (2008)		Agroetanol (2008)		Spörndly (2003)	Simonsson (2006)		Elwinger (2005)
	Drank- pellets	Medel 8 senaste proven	Medel före 8 senaste proven	Agro- drank 27	Agro- drank 90	Vete- drank	Agro- drank 27	Vetedrank Nöbbelöv	Drank
Vattenhalt, %	10	91,5	91,6	72	10	13	70	90	9
Askhalt, % av ts	5,1	5,3	5,3	7,5	4,6	3,7	8,1	5,2	
S, % av ts	0,62								
Cl, % av ts	0,13								0,44
C, % av ts	51,0								
H, % av ts	6,7								
N, % av ts	5,7								
O, % av ts	30,7								
Askinnehåll, %									
Na	9,1	3,0	2,8	4,3		4,3	4,1	3,3	
K	18,1	22,2	22,1		24,6	37,0	12,3	22,5	
Si	2,2								
Ca	2,6	5,2	5,1	2,4	2,4	7,0	1,6	4,6	
Mg	5,8	6,2	6,2		5,9	8,1			
P	15,7	20,4	20,4	18,1	19,1	27,8	18,9	19,8	
Asksmältning, °C									
Deformation	700								
Sfär, hörn avrundas	700								
Halvsfär	700								
Flytande	700								
Värmevärde									
Kal. värme- värde, MJ/kg	19,1								
Kal. värme- värde, MJ/kg ts	21,2								
Eff. värme- värde, MJ/kg	17,5								
Eff. värme- värde, MJ/kg ts	19,8								

7.2 Eldning av sekundärdrank

Då en del av cellulosan och hemicellulosan gått åt för produktion av etanol har de mineralämnen som ingår i dranken blivit mer koncentrerade (se bilaga 3, tabell B3:1 och bilaga 4, tabell B4:5-6). Detta kan ha inverkan på emissionerna och askans smältegenskaper vid förbränningen. En högre kvävehalt kan leda till ökade emissioner av kväveoxider. Det finns ju exempel på att bränslen som innehåller mycket kväve, t.ex. rapsexpeller, gett upphov till kväveoxider vid förbränning (Bernesson, 2007; Eriksson m.fl., 2007). Då även alkalimetallerna (K och Na) blir koncentrerade är risken stor att asksmältegenskaperna försämras än mer, och askan smälter vid ännu lägre temperatur än vad som anges ovan för primärdrank. Även klor och svavel blir mer koncentrerade, vilket kan tyda på att även risken för korrosion i panna och rökgaskanaler ökar. Beräkningar utifrån sammansättningen hos sekundärdrank (eDDGS) (se bilaga 4, delkapitel: Skogsflis till förbränning) tyder på att det effektiva värmevärdet borde ligga kring 21,3 MJ/kg ts, alltså något högre än för primärdrank (DDGS) (värmevärde beräknat utifrån elementarsammansättningen enligt Dubbels formel i Data och Diagram (Mörtstedt & Hellsten, 1982), som sedan reducerats under antagande att det avviker på samma sätt från det korrekta värdet som beräknade värden enligt elementarsammansättningen för primärdrank i bi-

laga 4, delkapitel: Skogsflis till förbränning, med Dubbels formel avvikit från uppmätta värden (Belab, 2002) i tabell 9 ovan). Den totala värmemängden sjunker i samma takt som cellulosa och hemicellulosa blir till etanol plus en liten andel oönskade ämnen.

8 ANVÄNDNING SOM GÖDSELMEDEL

8.1 Gödsling med vetedrank

Som gödselmedel innehåller vetedrank ca 5,7 % kväve, 0,8-1,5 % fosfor och 0,9-1,9 % kalium av torrsubstansen (beräkningar efter Belab (2002), SBI-Trading (2008), Agroetanol (2008), Spörndly (2003), Simonsson (2006), Elwinger (2005)) (se även tabell 9). Dessutom innehåller vetedrankens torrsubstans ca 0,6 % svavel (Belab, 2002), 0,1-0,4 % klor (Belab, 2002; Elwinger, 2005), 0,2-0,5 % natrium (Belab, 2002; SBI-Trading, 2008; Agroetanol, 2008; Spörndly, 2003; Simonsson, 2006; Elwinger, 2005), 0,1-0,3 % kalcium (Belab, 2002; SBI-Trading, 2008; Agroetanol, 2008; Spörndly, 2003; Simonsson, 2006; Elwinger, 2005) och ca 0,3 % magnesium (Belab, 2002; SBI-Trading, 2008; Agroetanol, 2008; Spörndly, 2003). Enligt Fridfors (1991) har rapsexpeller gett ett positivt mullhaltsbidrag, detsamma borde gälla vetedrank som även det är ett organiskt gödselmedel. Organiskt bundet kväve i vetedrank, bör liksom det hos rapsexpeller, mineraliseras långsamt (Fridfors, 1991), och därför kan inte användningen av detta gödselmedel till grödor som behöver stora mängder kväve under kort tid, t.ex. höstraps under våren, rekommenderas. Vetedrank borde därför vara ett lämpligt gödselmedel till grödor som tar upp kväve under en längre del av växtperioden.

Drankens låga pH kan göra att växter "bränns" (SBI-Trading, 2008), vilket gör att drank bör användas med stor försiktighet som gödselmedel, och kanske helt undvikas i växande gröda. Det är även viktigt att dranken ej kan rinna av eller spolans ner i vattendrag av kraftigt regn, då den har stor biologisk syreförbrukning vid nedbrytning i vatten, och orsakar därför syrebrist i vattendrag.

Vissa växtnäringsämnen i organiska gödselmedel förekommer i oorganisk form (Fridfors, 1991). Dit hör t.ex. kalium och magnesium. Andra växtnäringsämnen, som kväve och svavel, måste först mineraliseras av markmikroorganismerna innan de kan tas upp av växtrötterna. Skillnaden mellan organiska och oorganiska gödselmedel är att vissa växtnäringsämnen i dessa befinner sig i olika former med varierande tillgänglighet för växterna. Växtnäringsämnen i oorganiska gödselmedel är i regel direkt tillgängliga för växtrötterna, medan växtnäringsämnen i organiskt material, då speciellt organiskt kväve, har låg växttillgänglighet. I stallgödsel anges bara en tredjedel av kvävet vara tillgängligt för grödan det första året. Fördelar med en långsam frigörelse av kväve är t.ex. att höga koncentrationer av nitrat lättare kan undvikas i grönsaker om höga nitratkoncentrationer i marken kan undvikas.

Nedbrytningen av organiskt material påverkas av (Fridfors, 1991): den organiska substansens nedbrytbarhet (fysikalisk och kemisk sammansättning, lignininnehåll, grad av uppluckring, angreppsytor för mikroorganismer osv.); temperatur; syretillgång; vattentillgång; kalktillstånd i jorden; tillgång till organiska näringsämnen (om de är begränsande); kol/kvävekvot; och förekomst av toxiska eller på annat sätt hämmande (komplexbildande) ämnen t.ex. tungmetaller. Mineraliseringen hämmas av väderfaktorer som påverkar markorganismernas aktivitet negativt såsom t.ex. låg temperatur, torra eller vattenmättad. Materialets struktur och partikelstorlek påverkar även mineraliseringshastigheten (Antonini m.fl., 1999).

Kvävetillgången i det organiska materialet är av stor betydelse (Fridfors, 1991). Kol/kvävekvoten är kopplad till denna och ligger på ca 9 i vetedrank (beräknat efter Belab (2002)). Vid

en kol/kväve-kvot större än 25 finns det en stor risk att kvävet blir otillgängligt (Fridefors, 1991). Risken borde vara liten att detta händer med vetedrank då kol/kväve-kvoten ej är farligt hög. Tillgängligheten hos kolet är avgörande för vad som sker. Om kolet är svårtillgängligt, som i t.ex. lignin, kan nettomineralisering av kväve till och med förekomma vid kol/kväve-kvoter på ca 50. En stor del av kvävet bör vara lättillgängligt för mikroorganismerna, eftersom det liksom hos rapsexpeller borde föreligga som aminokväve. En mindre del av kvävet i vetedranken kan förväntas vara svårtillgängligt.

Växtnäringstillgängligheten hos fosfor och kalium behandlas inte i litteraturen men borde vara jämförbar med den hos stallgödsel. I stallgödsel är ungefär hälften av fosfor snabbt växttillgänglig medan resten till stor del är organiskt bundet (Fridefors, 1991). Kalium, i stallgödsel, är nästan helt vattenlösligt som kaliumjoner och därför snabbt växttillgängligt.

Organiska gödselmedel, såsom t.ex. rapsexpeller men även vetedrank, bidrar med mullbildade material till marken (Fridefors, 1991). Mullbildande ämnen gör att marken bevarar en för grödan gynnsam struktur och får en god vattenhållande förmåga, motverkar kompaktering och ger upphov till en rik markmikroflora. Detta bidrar till att jordbruksmarkens produktivitet bibehålls på lång sikt.

I litteraturen finns exempel på att avkastningen hos majs, ärt och gräs blivit bättre vid gödning med rapsexpeller jämfört med NP-, PK-, NK-, och NPK-konstgödsel (Fridefors, 1991). Däremot blev avkastningen hos dessa grödor lägre vid gödning med rapsexpeller, jämfört med gödning med stallgödsel. Med rapsexpeller gödslad stråsåd (vete och havre) har givit sämre avkastning jämfört med handelsgödsel- och stallgödselkombinationer (Fridefors, 1991; Kücke, 1993). Äggplanta, gurka, och tomat odlade i växthus och kål, rädisa och sallad odlad på friland har givit lägre skördar vid gödning med rapsexpeller jämfört med gödning med handelsgödsel (Fridefors, 1991). Detta förklaras med att skördarna hos dessa grödor varit beroende av tillgången på oorganiskt kväve. Tillgången på växttillgängligt kväve har uppmätts vara låg under den första månaden efter tillförsel av rapsexpeller. Kvaliteten (i form av t.ex. bruna fläckar och hårda frukter) hos de med rapsexpeller gödslade grönsakerna har blivit bättre jämfört med dem som gödslats med andra gödselmedel. Orsaken till detta var att kväve frigjorts gradvis och långsamt under hela växtperioden. Liknande effekter, som ovan beskrivits uppnått med rapsexpeller, borde kunna uppnås vid gödning med vetedrank.

Kväve i rapsexpeller mineraliseras alltför långsamt för att tillgodose höstrapsens stora kvävebehov på våren (Fridefors, 1991). Det finns istället risk för kväveutlakning om kväve mineraliseras efter att denna gröda slutat ta upp kväve. Höstraps tar upp det mesta av sitt kväve under 5-6 veckor ungefär vid rosettstadiet på våren. Rapsexpeller passar därför inte som gödselmedel till höstraps. Fosfor och kalium i rapsexpeller skulle däremot fungera som gödselmedel till höstraps. Rapsplantor tar upp fosfor långsamt, och kan väl utnyttja fosfor i marken som blivit kvar efter föregående grödor. Det som ovan beskrivits gälla vid gödning av höstraps med rapsexpeller borde även gälla vid gödning med vetedrank.

Trots rapsexpellernas långsamma mineralisering kan man inte räkna med någon kvarvarande kväveeffekt till efterföljande års gröda vid realistiska kvävegivor (Kücke, 1993). Det kväve som ges med rapsexpeller som gödselmedel måste alltså tas upp av innevarande års grödor. Detta kväve blir, rätt använt, tillgängligt för växterna i samma utsträckning som ureakväve. Detsamma borde även gälla vid gödning med vetedrank.

Mineraliseringen av kvävet i ett organiskt gödselmedel, som vetedrank, är beroende av rätt temperatur- och fuktighetsförhållanden i marken och kan försenas vid olämplig väderlek (Kücke, 1993). Detta medför att vetedrank måste betraktas som ett mindre pålitligt gödselmedel, speciellt vid sena givor i intensiva odlingssystem.

Den förmodade långsamma mineraliseringen av kväve från vetedrank, vid användning som gödselmedel, medför att kväve kan tillföras i den takt som växterna kan ta upp det. Detta medför att kväveutlakningen från marken till yt- och grundvatten kan minska (Fridefors, 1991). Detta kan göra vetedrank till ett intressant gödselmedel ur miljösynpunkt. Lägre nitrathalter är även intressanta ur hälsosynpunkt, då dessa ej bör vara för höga i dricksvatten. Vetedrank kan då bli ett intressant gödselmedel i områden där kväveläckage hotar dricksvattenkvaliteten. Gödslingen blir mest effektiv om vetedranken brukas in i jorden innan den efterföljande grödan sås.

Rötning av vetedranken bedöms inte i någon större utsträckning påverka växtnäringsinnehållet i denna. Växtnäringen i rötad (fermenterad) vetedrank kan dock förväntas bli lättare tillgänglig för växterna (se kapitel 9.3 Rötning av vetedrank). Detsamma kan antas gälla om vetedrank komposteras före spridning.

8.2 Gödsling med sekundärdrank

Då en del av cellulosan och hemicellulosan gått åt för produktion av etanol har de mineralämnen som ingår i dranken blivit mer koncentrerade än i primärdrank (DDGS) (se bilaga 3, tabell B3:1 och bilaga 4, tabell B4:5-6). Detta gör att innehållet av näringsämnen som kväve, fosfor och kalium blivit högre och man fått ett mer koncentrerat gödselmedel. Detta kan vara en fördel vid användning som gödselmedel. Som gödselmedel kan sekundärdrank (eDDGS), från den primära vetedrank (DDGS) som beskrivits ovan (se kapitel 8.1), förväntas få ett innehåll av ca 7,4 % kväve, 1,0-2,0 % fosfor och 1,2-2,4 % kalium, samt ca 0,8 % svavel, 0,2-0,6 % klor, 0,2-0,6 % natrium, 0,1-0,4 % kalcium och ca 0,4 % magnesium. Mängden organiskt material minskar då en del av detta blir till etanol. Tillgängligheten hos växtnäringsämnen kan påverkas.

8.3 Gödsling med aska från vetedrank

Askan efter förbränning av vetedrank kan även användas som gödselmedel. Förutom kvävet finns de flesta mineralämnena kvar i askan efter förbränningen. Som gödselmedel innehåller vetedrankaska 16-28 % fosfor och 12-37 % kalium av torrsubstansen (egna beräkningar efter Belab (2002), SBI-Trading (2008), Agroetanol (2008), Spörndly (2003), Simonsson (2006), Elwinger (2005)) (se även tabell 9). Dessutom innehåller vetedrankaskans torrsubstans 3-9 % natrium (Belab, 2002; SBI-Trading, 2008; Agroetanol, 2008; Spörndly, 2003; Simonsson, 2006; Elwinger, 2005), 1,6-7 % kalcium (Belab, 2002; SBI-Trading, 2008; Agroetanol, 2008; Spörndly, 2003; Simonsson, 2006; Elwinger, 2005) och 6-8 % magnesium (Belab, 2002; SBI-Trading, 2008; Agroetanol, 2008; Spörndly, 2003). Sammansättningen hos vetedrankaska har beräknats utifrån vetedrankens sammansättning, under antagande att de ovanstående ämnena blivit kvar i askan efter förbränning. Det är dock tveksamt om flyktiga ämnen, som t.ex. natrium, kalium och klor, blir kvar i askan i så stor utsträckning efter förbränningen. Vetedrankaska är att betrakta som ett mineralgödselmedel då den organiska substansen går bort vid förbränningen. Askans sammansättning påverkas troligen i mindre grad, eller inte alls, om även cellulosa och hemicellulosa utnyttjats till etanolproduktion. Den högre kvävehalten saknar här betydelse, då kvävet går bort vid förbränningen.

9 RÖTNING

9.1 Rötning allmänt

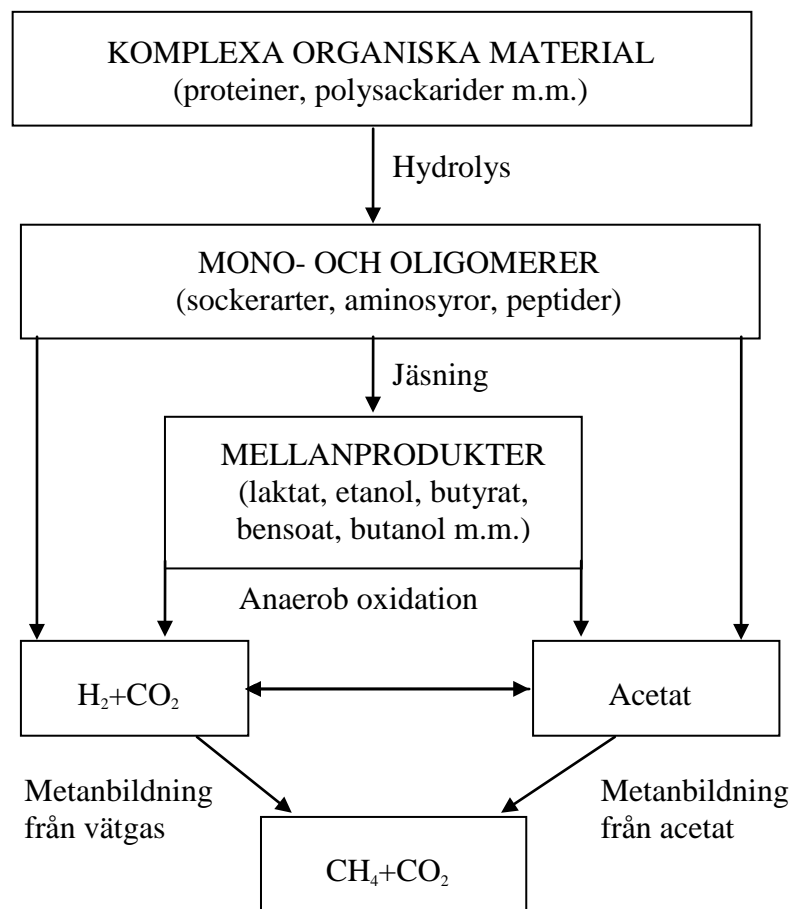
Vetedrank är ett organiskt material som är rötbart. Det kan därför användas som källa till produktion av biogas. Det kan emellertid behöva rötas tillsammans med annat organiskt material för att processen ska ge önskat resultat.

9.2 Rötningsteori

Då produktionen av biogas från rötning av vetedrank beräknats teoretiskt, ges en sammanfattning av teorin bakom rötningen innan resultaten presenteras i kapitel 9.3 Rötning av vetedrank.

9.2.1 De olika stegen vid anaerob nedbrytning

Den anaeroba nedbrytningsprocessen brukar delas in i flera steg där det första steget sker med hjälp av hydrolyserande (spjälkande) bakterier (Gujer & Zehnder, 1983). Cellulosa, hemicellulosa, protein och fett bryts därvid ner till sockerarter (oligo- och monosackarider), aminosyror och fettsyror. Nedbrytningen fortsätter sedan genom jäsning, det s.k. syrabildningssteget, till korta organiska syror, alkoholer m.m. Därefter sker en fortsatt nedbrytning till ättiksyra under samtidig bildning av koldioxid och vätgas. I det sista steget bildas metan, dels av vätgas och koldioxid, och dels av ättiksyra, med hjälp av de metanbildande bakterierna, se figur 9. I detta andra steg konsumeras H_3O^+ -joner vilket stabiliserar processens pH.



Figur 9. Förenklat schema över de olika nedbrytningsstegen i en anaerob process (Bernesson m.fl., 1999), modifierat och efter Gujer och Zehnder (1983).

Om syrabildningen går fortare än metanbildningen kan processen gå sur. De metanbildande bakterierna blir förgiftade av för lågt pH och metanbildningen upphör. Det är därför viktigt att jäsningsprocessens olika delsteg är i fas med varandra för att ett lyckat resultat skall uppnås.

Främst de metanogena mikroorganismerna är känsliga för pH-förändringar i röt-kammaren (Nyns, 1986; Mathisen, 1993; Bernesson m.fl., 1999). Man har funnit att processen, i det mesofila området, normalt försiggår inom pH-området 6,5-8, och då helst över pH 7. Sjunker pH-värdet vid rötningen tyder detta på att instabila förhållanden råder i röt-kammaren. Börjar pH-värdet att sjunka i röt-kammaren är den åtgärd som ligger närmast till hands att minska eller avbryta beskickningen av färskt material. Kalk kan även tillsättas för att höja pH-värdet och stabilisera processen (Nyns, 1986). Högre pH-värden än 8 kan också inhibera bakterier-nas verksamhet, i synnerhet om pH-höjningen är ett resultat av hög ammoniumhalt.

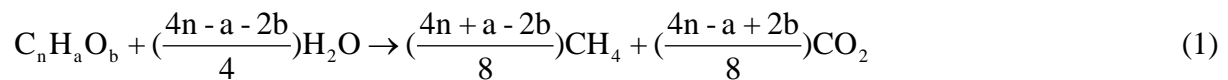
Andra faktorer som kan störa jäsningsförloppet är (Nyns, 1986; Bernesson m.fl., 1999): när-varo av syre (de metanbildande bakterierna är känsliga för syre), de flesta tungmetaller (kat-joner av t.ex. bly, kadmium, koppar, zink, nickel, m.m.), sulfiter (SO_2 , HSO_3^- och SO_3^{2-}), vissa organiska ämnen (t.ex. alkoholer med 5-12 kolatomer, ketoner med 5-8 kolatomer, klo-roform, klorfenoler, m.m.) samt vissa typer av antibiotika. Brist på mikronäringsämnen och spårelement (t.ex. järn, koppar, nickel och molybden) kan även verka störande på förloppet.

Hydrolysen är ofta det hastighetsbestämmande steget i biogasprocessen (Mathisen, 1993; Dalemo m.fl., 1993; Bernesson m.fl., 1999). Så är t.ex. hydrolys av cellulosa och hemicellulosa långsam och beror på molekylstrukturen. Stärkelse och protein är däremot lätta att hydrolysera vilket leder till en snabb bildning av glukos respektive aminosyror. Lignin kan inte hydrolyseras av anaeroba bakterier. Fett slutligen, bryts i regel ner långsamt.

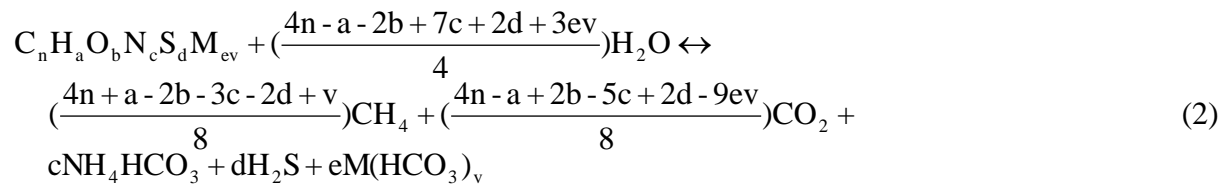
Uppehållstiden i rötkammaren för en totalomblandad kontinuerlig enstegsprocess anges till 15-20 dygn (Dalemo m.fl., 1993).

9.2.2 Reaktionsformler

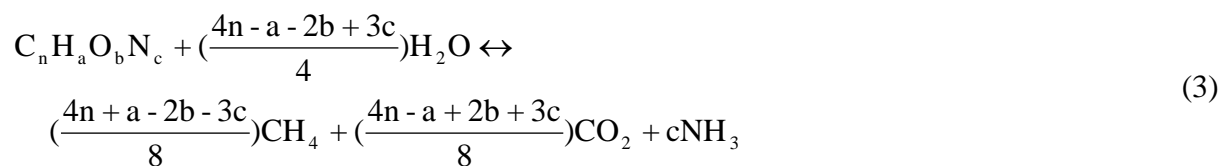
Om sammansättningen hos ett substrat är känd och detta överförs fullständigt till biogas gäller följande formel (Gujer & Zehnder, 1983; Nyns, 1986):



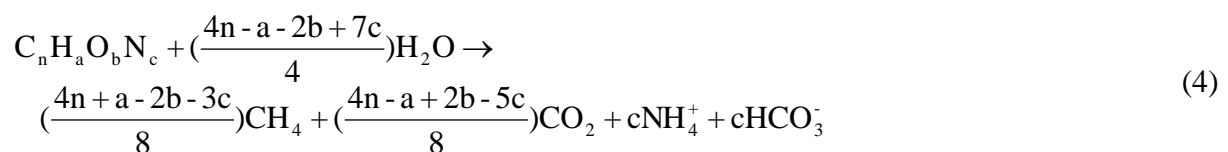
För mer generella tillämpningar gäller (Nyns, 1986):



Eller för kväverika föreningar (Nyns, 1986):



Richards m.fl. (1991) anger en ekvation som tar hänsyn till mängden bildat ammonium och vätekarbonat i vattenlösning:



Skillnaden mellan ekvation 3 och 4 är att i ekvation 4 ingår ytterligare 1 st. vattenmolekyl som reagerar med en av de bildade CO₂-molekylerna till HCO₃⁻ och med NH₃ till NH₄⁺. Ekvation 4 ingår som en delmängd i ekvation 2.

Nedbrytningsgraden varierar mycket beroende på typ av substrat. Det verkar finnas en stark koppling mellan substratets ligninhalt och graden av nedbrytning. Chandler m.fl. (1980), Jerger och Tsao (1984), Nyns (1986) och Haug (1993) presenterar följande ekvation för uppskattning av möjlig grad av nedbrytning för ett substrat:

$$B = 0,830 - 0,028 \cdot S_{\text{lignin}} \quad (5)$$

där: B = biologiskt nedbrytbar del av organiskt material (VS = volatile solids),
S_{lignin} = halt lignin, andel (%) av organiskt material (VS).

Ligninhalten är lätt och billig att mäta på laboratoriet (Haug, 1993; Bernesson m.fl., 1999). Ekvation 5 anger att ett substrat som inte innehåller något lignin ska ha en maximal biologisk nedbrytbarhet på 83 %. Orsaken till detta är att nedbrytningen av den organiska delen av substratet är kopplat till produktion av bakteriella biprodukter, av vilka alla inte är helt nedbrytbara. Produktionen av dessa bakteriella biprodukter begränsar den maximala nedbrytningen av den organiska substansen (VS) till en övre gräns vid 80-90 %.

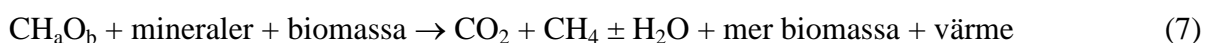
I ekvation 6 definieras nedbrytningsgraden (Haug, 1993):

$$k_m = \frac{\text{VS lost}}{\text{VS in}} \quad (6)$$

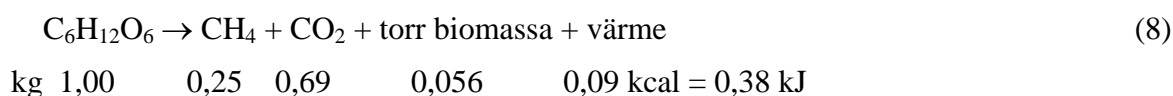
där: k_m = nedbrytningsgrad,
VS lost = nedbruten organisk substans,
VS in = ingående organisk substans.

Hur pass väl ett organiskt prov är nedbrutet kan mätas genom att ett COD-test tas på substratet såväl före som efter behandlingen (Haug, 1993). COD (Chemical Oxygen Demand) är ett mått på ekvivalent syrebehov vid fullständig nedbrytning av ett organiskt material då oxiderande kemikalier används. COD är ett mått på det slutliga syrebehovet vid nedbrytningen, då det ej är beroende av det organiska materialets biologiska nedbrytbarhet. COD-testet mäter mängden organisk substans i substratet oberoende om detta är biologiskt nedbrytbart eller ej.

Pirt (1978) har ett något förenklat framställningssätt av nedbrytningen jämfört med Gujer & Zehnder (1983) och Nyns (1986). Pirt (1978) beskriver den anaeroba jäsningen på följande sätt:



Utgår man från anaerob nedbrytning av en kolhydrat föreslår Pirt (1978) följande massflöde och energiutbyte:



Denna ekvation bygger på förenklingen att jäsnings av 1 mol glukos ger 2 mol ATP (adenosintrifosfat) och 1 mol ATP ger upphov till bildning av 5 g torr biomassa där koldioxid är den huvudsakliga kolkällan (Pirt, 1978). Vidare har man antagit att molekylärt bildas lika stora mängder av CH₄ och CO₂ samt att den torra biomassan består till 50 procent av kol. I den ovan beskrivna anaeroba processen lagras 8 % av ingående, i substratet, lagrad kemisk värme i den nybildade biomassan, 89 % lagras i metangasen och 3 % avges som värme. Ca 5 % av det ingående kolet, i substratet, blir bundet i ny biomassa. Pirts ekvationer går att använda vid sämre kunskap om ingående substrat jämfört med Gujer & Zehnder och Nyns ekvationer.

9.2.3 Metangaspotentialer och rötningshastighet

Det organiska materialets sammansättning har stor betydelse för nedbrytningshastigheten liksom för gasutbyte och gassammansättning (Mathisen, 1993; Dalemo m.fl., 1993; Bernesson m.fl., 1999). Från kolhydrat bildas metan och koldioxid i förhållandet 1:1, från fett i förhållandet 7:3 och från protein i förhållandet 4:1. Emellertid kommer metanhalten i biogasen vid t.ex. cellulosarötning i praktisk tillämpning att vara högre än 50 % eftersom en del av den bildade koldioxiden löser sig i processvattnet.

Utifrån ekvation 1 och 2 ovan har Wheatley (1979) och Hawkes (1979) beräknat metangaspotentialen från några vanliga organiska substanser. I tabell 10 nedan anges resultatet av dessa beräkningar.

Tabell 10. Teoretisk potential och sammansättning hos biogas erhållen från några huvudklasser av organiskt material (Wheatley, 1979; Hawkes, 1979; Hagelberg m.fl., 1988; Bernesson m.fl., 1999)

Organisk substans	Sammansättning på viktbas		Potential, volym per kg torrt material, m ³		Andel CH ₄ på volymbas, %
	% CO ₂	% CH ₄	Biogas	CH ₄	
Kolhydrat ^a	74	27	0,75	0,37	50
Fett ^a	52	48	1,44	1,04	72
Protein ^a	73	27	0,98	0,49	50
Kolhydrat (C ₆ H ₁₀ O ₅) _n ^b			0,886 ^c		50
Fett (C ₅₀ H ₉₀ O ₆) ^b			1,535 ^c		70
Protein 6C·2NH ₃ ·3H ₂ O ^b			0,587 ^c		84
Kolhydrat ^d				0,42	
Fett ^d				0,96	
Protein ^d				0,51	

^a Källa: Wheatley (1979) även i Hansson (1981).

^b Källa: Hawkes (1979).

^c Potential, volym per kg torrt material m³ biogas, gäller här per kg nedbruten VS.

^d Källa: Hagelberg m.fl. (1988).

Skillnaderna i tabell 10, i procent, vad gäller andel CH₄ i biogasen mellan viktbas och volymbas beror på densitetsskillnaden mellan CO₂ och CH₄. Vid 0°C och 1 bars tryck är densiteten för CO₂ 1,95 kg/m³ och för CH₄ 0,71 kg/m³ (Mörtstedt & Hellsten, 1982).

Verougstraete m.fl. (1985) anger att biogaspotentialen, vid fullständig nedbrytning av organiskt material, vid rötning är 0,40-0,63 m³ CH₄/kg VS. Nedbrytbarheten har funnits vara: 50 % för nötflytgödsel, 30-80 % för svinflytgödsel och 40 % för stallgödsel, vilket ger följande metangaspotentialer: 0,25 m³/kg VS (8,8 MJ/kg VS) för nötflytgödsel, 0,40 m³/kg VS (14 MJ/kg VS) för svinflytgödsel och 0,21 m³/kg VS (7,4 MJ/kg VS) för stallgödsel. Det effektiva värmevärdet för metan är 35,33 MJ/Nm³ (Mörtstedt & Hellsten, 1982).

Thyselius (1982), Nyns (1986) och Mathisen (1993) anger att en termofil (50-65°C) process går 1,5-2 gånger fortare än en mesofil (20-40°C) (1,5 gånger fortare än en mesofil (30-37°C) process vid anaerob nedbrytning (Nyns, 1986)). Mellan 20 och 30°C går inte bara den anaeroba processen långsammare utan även metanutbytet blir sämre. Thyselius (1982), Nyns (1986) och Pauss m.fl. (1987) anger vidare att en C/N-kvot på 16-19 är optimal vid denna typ av process. Hawkes (1979) anger att en C/N-kvot på 20-30 är optimal, och rötning är möjlig upp till en C/N-kvot på 45. Vidare anger Nyns (1986) att CH₄ i den bildade biogasen normalt innehåller över 60 % av den fria energin i det nedbrutna substratet. Med gräs har upp till 80 procents nedbrytning erhållits i en kontinuerlig totalomblandad anaerob röt-kammare (Nyns, 1986).

Utbytet av biogas, och därmed nedbrytningsgraden, blir ofta bättre då flera olika substrat rötas ihop jämfört med om de rötas var för sig (Mladenovska m.fl., 2003).

Det är rimligt att 70-80 % av energimängden i substratet kan bli till biogas (Edström, pers, 2008). Vid korta uppehållstider blir nedbrytningsgraden lägre. En rimlig uppehållstid vid mesofil rötning av gödsel är 20 dygn. Orsaker till att inte 100 % nedbrytningsgrad kan erhållas är att allt material ej bryts ner, t.ex. i en totalomblandad process matas en del material ut ej nedbrutet samma dag som det matades in, och att vissa material såsom lignin och hemicellulosa är svåra att bryta ner. Energirikt avfall som t.ex. grödor, matavfall och slaktavfall behöver ofta längre uppehållstid i röt-kammaren än gödsel. Vetedrank bör betraktas som energirikt avfall.

9.2.4 Biogasens sammansättning och energiinnehåll

Biogasens huvudbeståndsdelar är metan (CH₄) och koldioxid (CO₂), dessutom varierande mängder av bl.a. svavelväte, se tabell 11 (Wheatley, 1979; Thyselius, 1982; Nyns, 1986; Pauss m.fl., 1987; Bernesson m.fl., 1999; Edström, pers, 2008). Halterna av metan och koldioxid kan variera beroende på en rad faktorer, t.ex. sammansättningen av jäsningsmaterialet, utrotningsgraden, torrsubstanshalten och rötningstemperaturen. Lätt jäsbara ämnen, t.ex. kolhydrater, ger högre halter av koldioxid än mer komplexa föreningar, t.ex. fetter (Wheatley, 1979). Är substratets torrsubstanshalt låg ökar andelen koldioxid som löses i vätskan, vilket resulterar i högre metanhalter i biogasen och lägre koldioxidhalter än vad som beräknats teoretiskt. Metan (CH₄) har 16 gånger mindre löslighet i vatten på volymbas (43 gånger mindre på viktbas) än koldioxid (CO₂) vid 35°C och atmosfärstryck (1 bar) (Pauss m.fl., 1987). Biogasens metanhalt är i regel lägre vid rötning vid termofil temperatur (60°C) än vid rötning vid mesofil temperatur (37°C) (Thyselius, 1982).

Tabell 11. Biogasens sammansättning (Wheatley, 1979; Thyselius, 1982; Nyns, 1986; Pauss m.fl., 1987; Bernesson m.fl., 1999)

Beståndsdel		Volym- procent
CH ₄	Metan	50-80
CO ₂	Koldioxid	15-50
H ₂	Vätgas ^a	0,0-10
H ₂ O	Vattenånga ^b	ca 5
H ₂ S	Svavelväte	0,05-2

^a Källa: endast Wheatley (1979).

^b Källa: endast Pauss m.fl. (1987).

Metangasen utgör biogasens energirika och brännbara beståndsdel. Dess effektiva värmevärde är 35,3 MJ/Nm³ (9,8 kWh/Nm³, 50,0 MJ/kg) (Mörtstedt & Hellsten, 1982; Thyselius, 1982). Eftersom metanhalten varierar i biogasen kommer dess värmevärde att variera i motsvarande grad. Gasens energitäthet påverkas också av gastemperaturen enligt de fysikaliska lagarna.

Biogas producerad från de flesta grödor innehåller 50-60 % metan (Jewell m.fl., 1992; Bernesson m.fl., 1999). Ska biogasen användas som fordonsbränsle kan den uppgraderas till 97-99 % metan med flera olika tekniker, t.ex.: PSA (Pressure Swing Adsorption); absorption med vatten; absorption med Selexol; absorption med kemisk reaktion; membranseparation; kryoprocesser; eller processintern metananrikning (Persson, 2003; Nordberg m.fl., 2005).

9.3 Rötning av vetedrank

Vid rötning av kväverika substrat, såsom t.ex. vetedrank, bör man se upp så att halten ammoniumkväve ej överstiger 4 g per kg vått slam, då detta medför risker för störningar i processen (Edström, pers, 2008). Av den totala mängden kväve i röt-kammaren är det vanligt att 40-60 % utgör ammoniumkväve efter rötningen. Om halten ammoniumkväve blir för hög måste spädning ske med kvävefattigt substrat eller med vatten.

Proteinrika substrat som vetedrank tar längre tid att bryta ner i biogasprocessen än kolhydratrika substrat (Edström, pers, 2008). Det är skillnad mellan olika typer av kolhydrater hur väl och snabbt de bryts ner. Fett bryts ofta ner fullständigt. Lignin och hemicellulosa kan vara svåra att bryta ner i biogasprocessen.

Rötning av vetedrank bedöms inte i någon större utsträckning påverka växtnäringsinnehållet i denna. Emellertid så blir sannolikt växtnäringen i rötad (fermenterad) vetedrank mera växt-tillgänglig jämfört med om denna inte hade rötats.

Till biogasanläggningen i Linköping har 6 500 ton biprodukter (huvudsakligen drank) årligen levererats från Agroetanols fabrik i Norrköping (Paulsson, 2007). Från dessa har, enligt beräkningar, ca 320 000 normalkubikmeter (Nm^3) fordonsgas producerats. Detta betyder 6,4 MJ/kg ts drank om drankens ts-halt är 27 %. En ny biogasanläggning planeras vid etanolfabriken där 1 300 000 Nm^3 fordonsgas ska produceras från 19 000 ton drank, vilket betyder 9,0 MJ/kg ts drank om drankens ts-halt är 27 %. Dessa värden är lägre än de teoretiskt beräknade värdena som redovisas i tabell 12 (jämför med 9,0 MJ/kg ts mot 11,1 och 9,7 MJ/kg ts i tabell 12 vid 60 % utbyte). Elbehovet för uppgradering av biogasen till fordonbränsle är normalt 5 % av den uppgraderade biogasens energiinnehåll (Berglund & Börjesson, 2003; Paulsson, 2007).

Vid rötning av vetedrank har utbyten på 330-340 m^3 metan/ton tillförd organisk substans (VS) erhållits (Ejlertsson, pers, 2008). Sirapsfraktionen ger något större gasutbyte än vad som angivits ovan. Typen av drank har stor betydelse för gasproduktionen. Majsdrank har t.ex. givit ett gasutbyte på 410-430 m^3 metan/ton tillförd organisk substans.

Jämfört med rapsexpeller är drank inte lika lätt nedbrytbar vid rötning till biogas (Ahlbert, pers, 2008).

Sekundärdrank från processer där även cellulosa och hemicellulosa används till etanolproduktion (eDDGS/eDGS) får högre halter av kväve (råprotein) och salter än primärdrank (DDGS/DGS) (se bilaga 3, tabell B3:1 och bilaga 4, tabell B4:5-6). Detta medför att vid rötning får man se upp mer med att höga kvävehalter kan ge problem med för höga halter ammoniumkväve i rötammaren. Dessutom tar proteinrikare substrat längre tid att bryta ner i biogasprocessen, vilket kan vara en nackdel. Då lignin och hemicellulosa kan vara svåra att bryta ner i biogasprocessen, är det inte säkert att den totala gasproduktionen minskar så mycket med denna typ av drank. Som biogasaråvara kan denna sekundärdrank (eDDGS/eDGS) bli mer koncentrerad vilket kan vara en fördel.

9.3.1 Beräknade gasutbyten vid rötning av vetedrank

Beräkningar av gasutbytet utifrån vetedrankens sammansättning redovisas i tabell 12. Produktionen av biogas från vetedranken är beräknad med två olika metoder enligt två olika källor. Dessutom redovisas gasproduktionen vid två rimliga gasutbyten (80 respektive 60 %:s utbyte) förutom det teoretiskt maximala utbytet. Som en jämförelse redovisas även gasutbytet från rapsmjöl enligt en av de ovan nämnda metoderna. Det beräknade gasutbytet vid rötning av vetedrank blir som synes i samma storleksordning som det från rapsmjöl med ett lågt fettinnehåll. Det förväntade gasutbytet skiljer sig lite åt beroende på enligt vilken metod det beräknats.

Beräkningar utifrån det gasutbyte på 330-340 m^3 metan/ton tillförd organisk substans som anges av Ejlertsson, pers (2008) tyder på ett utbyte på ca 60 % vid beräkning utifrån de kemiska formlerna (vetedrank: Nyns, 1986) och på ca 70 % vid beräkning utifrån innehållet av kolhydrat, fett och protein (vetedrank: Hagelberg m.fl., 1988), se tabell 12 nedan.

Tabell 12. Potential för produktion av biogas från vetedrank, volym CH₄/kg torrt material (m³)

Beståndsdel	Vetedrank ^a		Vetedrank ^b		Rapsmjöl ^b
	Primärdrank DDGS/DGS	Primärdrank DDGS/DGS	Sekundärdrank eDDGS/eDGS	Sekundärdrank eDDGS/eDGS	
Kolhydrat		0,25		0,20	0,20
Fett		0,04		0,06	0,04
Protein		0,16		0,21	0,20
Summa		0,46		0,47	0,45
Summa (kg)	0,37	0,32	0,40	0,33	0,32
Effektivt värmevärde (MJ)	18,6	16,2	19,7	16,6	15,8
Om 80 % utbyte antas					
Summa (kg)	0,30	0,26	0,32	0,27	0,25
Effektivt värmevärde (MJ)	14,9	12,9	15,8	13,3	12,7
Om 60 % utbyte antas					
Summa (kg)	0,22	0,19	0,24	0,20	0,19
Effektivt värmevärde (MJ)	11,1	9,7	11,8	9,9	9,5

^a Källa: Beräknat med formler från Nyns (1986) (ekvation 2) och data från Belab (2002) (tabell 9).

^b Källa: Beräknat utifrån innehållet av kolhydrater, fett och protein enligt Spörndly (2003) och metangasproduktionen från dessa substrat enligt Hagelberg m.fl. (1988) (tabell 10). Se även Bernesson (2007).

Flera källor (Hartenbower m.fl., 2006; Journey to Forever, 2007; Scandinavian biogas, 2007) diskuterar möjligheten att röta vetedrank anaerobt men ger inga direkta data. Vid Svensk Biogas i Linköping AB har man rötat vetedrank med framgång (Ahlbert, pers, 2008). Vid tillförseln till röt-kammaren låter man kol/kväve-kvoten bestämma hur mycket som kan blandas in. Vetedrank i befintliga biogasanläggningar kan ses som ett merutnyttjande av dessa (Ejlertsson, pers, 2008). Detta kan innebära att detta substrat ej behöver vara med och täcka alla kostnader för biogasanläggningen och därmed får ett högre ekonomiskt värde (se ekonomiska beräkningar i kapitel 12.1.5 Resultat då dranken ersätter andra produkter i olika tillämpningar, och tabellerna 16, 17 och 18, samt 21 och 22).

10 ANDRA ANVÄNDNINGSSOMRÅDEN FÖR VETEDRANKEN

Det skulle troligen vara möjligt att använda drank som råvara i vissa livsmedel till humankonsumtion. Vilka livsmedel som skulle passa och i vilken omfattning får i så fall utredas. Detta får bli ett senare forskningsprojekt då det ligger utanför ramen för det här projektet. För användning av drank i livsmedel talar det faktum att det går bra att utfodra till enkelmagade djur.

11 FÖRUTSÄTTNINGAR GÄLLANDE BÅDE I DE EKONOMISKA BERÄKNINGARNA OCH I BERÄKNINGARNA TILL ENERGI- OCH LIVSCYKELANALYSERNA

I huvudsak har livscykelanalyserna, energianalyserna och de ekonomiska beräkningarna gjorts med samma modeller och förutsättningar som Sven Bernesson använde i beräkningarna till rapporten: *Life cycle assessment of rapeseed oil, rape methyl ester and ethanol as fuels – a comparison between large- and small-scale production*, Miljö, teknik och lantbruk, Rapport 2004:01, Inst f biometri och teknik (Bernesson, 2004). I huvudsak har ingående data i denna rapport uppdaterats till vad som gällde 2009, samt att kända fel har korrigerats. Av denna an-

ledning anges inte de mycket detaljerade förutsättningarna för beräkningarna här utan läsaren hänvisas till denna rapport. Större avvikelser, i beräkningarna till den här studien, från den rapporten anges främst i bilagorna 3-10.

12 KOSTNADSBERÄKNINGAR

Kostnadsberäkningar för dranken har gjorts enligt två olika modeller: a) där man utgått från värdet hos de produkter som dranken kan ersätta (foder till olika djurslag, bränsle, biogasråvara, gödselmedel); och b) där man utgått från den faktiska kostnaden att producera etanol och drank, utifrån en etanolanläggnings drifts- och kapitalkostnader. Man har i båda varianterna uppskattat inverkan på drankens värde om etanolproduktionen kunnat höjas med ca 13 %, då en process som även kan nyttja cellulosa och hemicellulosa i spannmålen tillkommit.

12.1 Förutsättningar då dranken ersätter andra produkter

Det ekonomiska värdet hos vetedrank vid olika användningar har beräknats utifrån:

- * marknadsvärdena för sojamjöl och kornkärna, då dessa fodermedel blandats så att de tillsammans fått ett lika stort innehåll av smältbart råprotein- och omsättbart energiinnehåll som dranken som ska ersätta dessa, vid användning som foder till nötkreatur och hästar. Utifrån denna blandning har värdet på smältbart råprotein och omsättbar energi beräknats och utifrån dessa värden drankens värde (se bilaga 4 för närmare beskrivning av hur beräkningarna gått till, samt av gjorda antaganden);

- * marknadsvärdena för sojamjöl och kornkärna, då dessa fodermedel blandats så att de tillsammans fått ett lika stort innehåll av lysin- och omsättbart energiinnehåll som dranken som ska ersätta dessa, vid användning som foder till grisar och fjäderfä. Utifrån denna blandning har värdet på lysin och omsättbar energi beräknats och utifrån dessa värden drankens värde vid användning som foder till grisar och fjäderfä (se bilaga 4 för närmare beskrivning av hur beräkningarna gått till, samt av gjorda antaganden);

- * marknadsvärdena för sojamjöl och kornkärna, då dessa fodermedel blandats så att de tillsammans fått ett lika stort innehåll av metionin- och omsättbart energiinnehåll som dranken som ska ersätta dessa, vid användning som foder till fjäderfä. Utifrån denna blandning har värdet på metionin och omsättbar energi beräknats och utifrån dessa värden drankens värde (se bilaga 4 för närmare beskrivning av hur beräkningarna gått till, samt av gjorda antaganden);

- * marknadsvärde för skogsflis, till förbränning i värmeverk, som ersätts av drank med ett lika stort innehåll av effektivt värmevärde. Utifrån denna mängd skogsflis och drankens effektiva värmevärde kan drankens värde beräknas (se bilaga 4 för närmare beskrivning av hur beräkningarna gått till, samt av gjorda antaganden);

- * och marknadsvärde hos konstgödsel, utifrån vars innehåll av kväve, fosfor och kalium, drankens värde kan beräknas då dess innehåll av kväve, fosfor och kalium kan ersätta det som finns i konstgödseln (se bilaga 4 för närmare beskrivning av hur beräkningarna gått till samt av gjorda antaganden).

- * Värdet hos dranken har även beräknats utifrån såld el och såld värme från en biogasanläggning, där även värdet hos kväve, fosfor och kalium i rötresten ingår (se bilaga 4 för närmare beskrivning av hur beräkningarna gått till samt av gjorda antaganden).

Då ett andra processteg ingått, för omvandling av även cellulosan och hemicellulosan till 13 % mer etanol, har till utfodring av grisar och i ett fall med fjäderfän 50 % av det ursprungliga lysininnehållet antagits brutits ner i processen. I ett andra fall har till utfodring av fjäderfän

antagits att 20 % av drankens ursprungliga metionininnehåll brutits ner i det ovan nämnda andra processteget. Även för den typ av sekundärdrink (eDDGS/eDGS) som erhållits efter detta andra processteg, har beräkningar av dess värde vid olika användning gjorts på samma sätt som beskrivits ovan.

För att man ska erhålla en känsla för hur stabila prisförhållandena är inbördes för de produkter som dranken, enligt ovan, kan ersätta, har priserna på dessa studerats under några år då de har varierat kraftigt. Detta för att ge en uppfattning om hur generella resultaten från studien är.

I tabell 13 anges hur priserna för korn och sojamjöl (för beräkning av priset på omsättbar energi, råprotein eller lysin eller metionin, se tabell 15), skogsbränsle, el, fjärrvärme och gödselmedel (NPK) varierat under åren 2005-2010. För korn och sojamjöl anges dessutom det maximala och det minimala genomsnittliga priset för korn och sojamjöl som uppnåddes under en månad under perioden 2005-2010. Variationerna mellan åren är stora, särskilt då för konstgödsel och foder.

Tabell 13. Priser på korn, sojamjöl, skogsflis till värmeverk, el och värme från biogas samt kväve, fosfor och kalium ingående i beräkningarna av det ekonomiska värdet hos dranken (DDGS/DGS och eDDGS/eDGS)

Årtal / Produkt:	Korn ^a (SEK/kg ts)	Sojamjöl ^b (SEK/kg ts)	Skogsbränsle ^c (SEK/MWh)	El (inkl. elcertifikat) ^d (SEK/kWh)	Fjärrvärme ^e (SEK/MWh)	Gödsel N ^f (SEK/ kg N)	Gödsel P ^f (SEK/ kg P)	Gödsel K ^f (SEK/ kg K)
2010	1,37	3,31	197	0,820	0,584	10,54	19,52	10,29
2009	1,13	3,73	181	0,685	0,580	9,06	11,96	16,95
2008	1,80	3,32	167	0,698	0,550	15,54	41,03	12,75
2007	1,72	2,62	158	0,474	0,531	9,33	18,10	3,53
2006	1,09	2,22	146	0,661	0,521	9,49	13,05	5,36
2005	0,96	2,34	137	0,509	0,512	8,46	12,29	5,04
Max ^g	2,53	4,51						
Min ^h	0,92	1,96						

^a Priset på korn är beräknat som medelvärdet av veckopriser i ATL (ATL, 2011) vilka summerats och medelpriset för ett helt år beräknats för åren 2005-2010. Priserna har sedan räknats om till torrsbstans (antagen ts-halt: 87 %).

^b Priset på sojamjöl är beräknat som medelvärdet av veckopriser på Indexmundi (Indexmundi, 2011) för Chicago omräknat till svenska kronor (Riksbanken, 2011). Veckopriserna har summerats och medelpriset för ett helt år beräknats årsvis för åren 2005-2010. Kostnad för transport till Sverige har antagits till 0,35 SEK/kg och transport till gård antagits till 0,15 SEK/kg. Priserna har slutligen räknats om till torrsbstans med en antagen ts-halt på 87 %.

^c Priset på skogsbränsle är beräknat som skogsflis fritt förbrukare som löpande priser exklusive skatt: källa: 2005 (Energimyndigheten, 2009), 2006-2009 (Energimyndigheten, 2010) och 2010 (Energimyndigheten, 2011).

^d Priset på el är beräknat som årliga genomsnittspriser på el (SEK/MWh) enligt Nordpool (Nordpool, 2011) plus svenska årliga genomsnittspriser på elcertifikat (SEK/MWh) (Svenska Kraftnät, 2011) plus en antagen nätnytta på 20 SEK/MWh.

^e Priset på fjärrvärme är beräknat som SEK/MWh, löpande priser för konsument inklusive energiskatter och moms vägt åren 2005-2010 (Energimyndigheten, 2011). Från dessa priser har en moms på 25 % räknats bort.

^f Priset på gödselmedel: N, P och K, har hämtats från Agriwises områdeskalkyler för vårkorn och havre åren 2006-2011 i Svealands slättbygder (Agriwise, 2010-2011). Dessa kalkyler utkom åren 2005-2010 och de angivna priserna gäller för dessa år.

^g Det maximala genomsnittliga priset för korn och sojamjöl som uppnåddes under en månad för perioden 2005-2010. Det maximala priset för korn och för sojamjöl behöver inte ha uppnåtts under samma månad.

^h Det minimala genomsnittliga priset för korn och sojamjöl som uppnåddes under en månad för perioden 2005-2010. Det minimala priset för korn och för sojamjöl behöver inte ha uppnåtts under samma månad.

12.1.1 Förutsättningar, användning som foder

De ekonomiska värdena hos vetedrank som foder till idisslare och hästar har beräknats utifrån korns och sojamjöls ekonomiska värde, innehåll av omsättbar energi och innehåll av råprotein (se ekvation 9 och 10). Till grisar och fjäderfä har dessa ekonomiska värden, istället för från innehållet av råprotein i sojamjölet och kornet, beräknats utifrån korns och sojamjöls innehåll av aminosyran lysin. Till fjäderfä har, på samma sätt, även det ekonomiska värdet beräknats utifrån innehållet av aminosyran metionin istället för lysin (se ekvation 9 och 10). Metionin är den aminosyra man brukar anse att är den som är begränsande vid utfodring av fjäderfän. Orsaken till att vi både studerade aminosyran lysin och aminosyran metionin vid utfodring av fjäderfä var att vi ville kunna jämföra metionin i fodret direkt mot lysin i fodret där alla andra skillnader mellan fjäderfäutfodring och grisutfodring skalats bort. Skillnader vars flesta orsaker vi inte har någon kontroll eller vetskap om.

Värdet av dranken som foder, till olika djurslag, beräknades med hjälp av ett ekvationssystem där värdet (V) hos korn (index k), sojamjöl (index s) och drank (index d) antas bero av dess innehåll av smältbart råprotein (nötkreatur och hästar) eller smältbart lysin (grisar och fjäderfän) eller smältbart metionin (fjäderfä) (N) och omsättbar energi (E) vid utfodring av studerat djurslag. Då kan värdet hos råprotein, lysinet eller metioninet (A) och den omsättbara energin (B), vid utfodring av olika djurslag, beräknas med följande ekvationssystem (9):

$$\begin{aligned} V_k \text{ (SEK/kg ts)} &= N_k \text{ (kg/kg ts)} * A \text{ (SEK/kg)} + E_k \text{ (MJ oms/kg ts)} * B \text{ (SEK/MJ oms)} \\ V_s \text{ (SEK/kg ts)} &= N_s \text{ (kg/kg ts)} * A \text{ (SEK/kg)} + E_s \text{ (MJ oms/kg ts)} * B \text{ (SEK/MJ oms)} \end{aligned} \quad (9)$$

Då A och B sätts in i följande ekvation (10) erhålls drankens värde:

$$V_d \text{ (SEK/kg ts)} = N_d \text{ (kg/kg ts)} * A \text{ (SEK/kg)} + E_d \text{ (MJ oms/kg ts)} * B \text{ (SEK/MJ oms)} \quad (10)$$

Det ekonomiska värdet hos drank med olika ursprung och sammansättning kan på så sätt beräknas. Fodermedlens innehåll av smältbart råprotein, smältbart lysin och omsättbar energi vid utfodring av olika djurslag som använts i beräkningarna anges i tabell 14.

Tabell 14. Foderdata använda i beräkningarna av värdet hos drankprodukterna vid utfodring av olika djurslag

Typ av fodermedel/ djurslag	Innehåll av smältbart råprotein (g/kg ts)	Innehåll av smältbart lysin (g/kg ts)	Innehåll av smältbart metionin (g/kg ts)	Innehåll av omsättbar energi (MJ/kg ts)	Pris fodermedel ^a (SEK/kg ts)	Källa
Sojajmjöl:						
Nötkreatur	0,469			14,6	3,73	Spörndly, 2003
Häst	0,448			13,4	3,73	Spörndly, 2003 ^e
Gris		0,0280		14,5	3,73	Simonsson, 2006 ^f
Fjäderfä		0,0280	0,0061	10,5	3,73	Livsmedelssverige, 2007 ^g
Korn (kärna):						
Nötkreatur	0,093			13,2	1,13	Spörndly, 2003
Häst	0,083			12,8	1,13	Spörndly, 2003 ^e
Gris		0,0032		14,3	1,13	Simonsson, 2006 ^f
Fjäderfä		0,0032	0,0016	13,6 ^c	1,13	Livsmedelssverige, 2007 ^g
Primärdrank (DDGS):						
Nötkreatur	0,272			13,3	2,34	Spörndly, 2003
Nötkreatur	0,352			13,9	2,91	SBI-Trading, 2008
Häst	0,269			12,9	2,45	Spörndly, 2003 ^e
Häst	0,358			13,2	3,09	SBI-Trading, 2008 ^e
Häst	0,257			10,0	2,23	Jansson m.fl., 2004
Gris		0,0067		10,8	1,30	Simonsson, 2006 ^f
Gris		0,0129		11,9	2,01	SBI-Trading, 2008
Gris		0,0080		11,7	1,49	Simonsson, 2006 ^f
Gris		0,0079		13,2	1,56	Agroetanol, 2008
Fjäderfä		0,0067	0,0041	10,9	1,37/2,55 ^d	Livsmedelssverige, 2007 ^g
Fjäderfä		0,0129	0,0064	10,9	2,06/3,95 ^d	Livsmedelssverige, 2007 ^h
Fjäderfä		0,0088	0,0048	10,9	1,60/3,00 ^d	Livsmedelssverige, 2007
Sekundärdrank (etanol +13 %) (eDDGS) ^b :						
Nötkreatur	0,355			12,6	2,88	Spörndly, 2003
Nötkreatur	0,460			13,4	3,63	SBI-Trading, 2008
Häst	0,361			12,1	3,07	Spörndly, 2003 ^e
Häst	0,477			12,5	3,90	SBI-Trading, 2008 ^e
Gris		0,0044		8,96	0,95	Simonsson, 2006 ^f
Gris		0,0084		10,3	1,45	SBI-Trading, 2008
Gris		0,0052		10,1	1,11	Simonsson, 2006 ^f
Gris		0,0052		12,1	1,21	Agroetanol, 2008
Fjäderfä		0,0044	0,0043	9,06	1,00/2,63 ^d	Livsmedelssverige, 2007 ^g
Fjäderfä		0,0084	0,0067	9,06	1,46/4,10 ^d	Livsmedelssverige, 2007 ^h
Fjäderfä		0,0057	0,0051	9,06	1,16/3,11 ^d	Livsmedelssverige, 2007

^a Priserna beräknade på följande sätt: korn: genomsnittspris avläst veckovis för hela 2009 i ATL (ATL, 2011) omräknat till torrsbstans (antagen ts-halt: 87 %); sojajmjöl: genomsnittspris avläst veckovis för hela 2009 på Indexmundi (Indexmundi, 2011) för Chicago omräknat till svenska kronor (Riksbanken, 2011). Kostnad för transport till Sverige antagen till 0,35 SEK/kg och transport till gård antagen till 0,15 SEK/kg. Omräknat till torrsbstans med en antagen ts-halt på 87 %. Priserna på dranken är beräknade med den framtagna modellen.

^b Gäller drank, då ett extra processteget införts för att även nyttja en del av spannmålets cellulosa och hemicellulosa till etanolproduktion. Etanolutbytet har antagits öka med 13 % och utifrån detta har drankens sammansättning beräknats. 50 % av det smältbara lysinet till grisar och fjäderfä (i ett fall) antas bli förstört i det här processteget. 20 % av det smältbara metioninet till fjäderfä (i ett annat fall) antas bli förstört i det här processteget. Övriga näringsämnen påverkas inte. Mängden omsättbar energi har antagits minska i den omfattning som kvarvarande cellulosa och hemicellulosa blivit till etanol: se förklaring bilaga 4.

^c Gäller korn med en rymdensitet på 600-700 g/liter.

^d Kostnadsuppgiften till vänster gäller beräkningar baserade på lysin, och den till höger gäller beräkningar baserade på metionin.

^e Foderdata för nötkreatur har räknats om med ekvationer av Jansson m.fl. (2004) till att gälla för hästar.

^f Foderdata från Simonsson (2006) där råproteinhalten justerats efter den i fodertabeller i Spörndly (2003). Lysinhalten i förhållande till råproteinhalten blir densamma som i Simonsson (2006).

^g Foderdata från Livsmedelssverige (2007), emellertid har lysin- och metioninhalten hämtats från Simonsson (2006) efter att råproteinhalten justerats, på samma sätt som för grisarna, efter fodertabeller i Spörndly (2003). Lysin- och metioninhalten i förhållande till råproteinhalten blir desamma som i Simonsson (2006).

^h Foderdata från Livsmedelssverige (2007), emellertid har lysin- och metioninhalten hämtats från SBI-Trading (2008).

Då värdet på sojamjöl och korn (kärna) har varierat en del under senare år (se tabell 13) har detta inverkat en hel del på värdet hos råprotein (nötkreatur och hästar), lysin (grisar och fjäderfä) och metionin (fjäderfä), samt omsättbar energi för de studerade djurslagen (se tabell 15).

Tabell 15. Värdet hos råprotein (nötkreatur och hästar), lysin (grisar och fjäderfä) och metionin (fjäderfä), samt omsättbar energi för samtliga studerade djurslag, beräknat utifrån priset på korn och sojamjöl och innehållet av dessa ämnen i korn och sojamjöl för djurslagen

Djurslag: Studerad substans: Årtal:	Nötkreatur		Hästar		Grisar		Fjäderfä (lysin)		Fjäderfä (metionin)	
	Råprotein (SEK/kg)	Omsättbar energi (SEK/MJ)	Råprotein (SEK/kg)	Omsättbar energi (SEK/MJ)	Lysin (SEK/kg)	Omsättbar energi (SEK/MJ)	Lysin (SEK/kg)	Omsättbar energi (SEK/MJ)	Metionin (SEK/kg)	Omsättbar energi (SEK/MJ)
2010	4,92	0,069	5,23	0,073	78	0,078	89	0,080	467	0,046
2009	6,79	0,037	7,09	0,042	105	0,055	112	0,056	592	0,013
2008	3,63	0,111	4,00	0,115	61	0,113	76	0,115	400	0,086
2007	1,96	0,116	2,28	0,119	35	0,112	51	0,115	267	0,095
2006	2,76	0,063	2,99	0,066	45	0,066	54	0,068	284	0,047
2005	3,49	0,048	3,71	0,051	55	0,055	63	0,056	331	0,032
Max ^a	4,68	0,159	5,20	0,163	79	0,159	101	0,163	530	0,124
Min ^b	2,59	0,051	2,79	0,054	42	0,055	49	0,056	259	0,037
Högt pris foder, +20 % ^c	8,15	0,045	8,51	0,050	126	0,066	135	0,068	711	0,015
Lågt pris foder, -20 % ^d	5,43	0,030	5,67	0,033	84	0,044	90	0,045	474	0,010

^a Max pris, genomsnitt under en månad (se tabell 13), på korn och soja för perioden 2005-2010, övriga priser genomsnitt för år 2009.

^b Min pris, genomsnitt under en månad (se tabell 13), på korn och soja för perioden 2005-2010, övriga priser genomsnitt för år 2009.

^c Högt pris, 20 % högre värde hos korn och sojamjöl, och 20 % lägre för skogsbränsleflis, gödselmedel och el och värme från biogas utgående från 2009 års priser.

^d Lågt pris, 20 % lägre värde hos korn och sojamjöl, och 20 % högre för skogsbränsleflis, gödselmedel och el och värme från biogas utgående från 2009 års priser.

Den stora variationen i värdet för omsättbar energi, råprotein, lysin och metionin har gjort så att drankens värde som foder varierat mycket mellan olika år under perioden 2005-2010 (se tabell 17). I känslighetsanalyser studeras dessutom vad som händer med värdet hos de båda dranktyperna då priset på ingående produktionsmedel varierar (tabellerna 24-27). Anmärkningsvärt är att metionin till fjäderfä är värt 5,2-5,3 gånger så mycket än lysin till fjäderfä under samtliga studerade år (se tabell 15). Råprotein till hästar är värt knappt 1,1 gånger så mycket som råprotein till nötkreatur de flesta åren. Det kan nog ifrågasättas om denna skillnad är verklig eller enbart beror på antaganden i den modell som valts för beräkning av fodrets näringsvärde till hästar.

12.1.2 Förutsättningar som bränsle

Vid användning av drankprodukter som bränsle har antagits att dessa bränslen eldas i pannor där den avgivna värmen har ett värde som är jämförbart med den vid eldning med andra bränslen såsom t.ex. träflis eller träpellets. I tabell 13 anges hur priset på skogsbränsle beräknat som skogsflis fritt förbrukare som löpande priser exklusive skatt varierat 2005-2010. Vid beräkningarna av drankens värde till förbränning har vi antagit att dessa priser per energienhet även gäller för drankprodukter, vilket ger de resulterande värdena på drank som anges i tabellerna 16, 17 och 18.

Det effektiva (undre) värmevärdet för primärdrank (DDGS) är uppmätt av Belab (2002) (19,8 MJ/kg ts) men kan även beräknas utifrån dess elementarsammansättning (21,7 MJ/kg ts) som även den anges av Belab (2002) (se bilaga 4, delkapitel: Skogsflis till förbränning). Emellertid så blir det en skillnad ”differens” mellan det uppmätta och det beräknade värmevärdet för drank. Elementarsammansättningen för sekundärdrank, där även en del av cellulosan och hemicellulosan nyttjas för etanolframställning för ökning av etanolutbytet med 13 % (eDDGS), kan beräknas och därmed även dess effektiva värmevärde. Subtraktion sker då med de element som ingått i den cellulosa och hemicellulosa som gått åt till att bilda etanol. På så sätt kan värmevärdet för även denna typ av drank beräknas (23,2 MJ/kg ts) utifrån dess beräknade elementarsammansättning (se bilaga 4, delkapitel: Skogsflis till förbränning). Antar vi att det rätta (uppmätta) värdet för drankens värmevärde skiljer sig på samma sätt från de beräknade för både primärdrank (DDGS) och sekundärdrank (eDDGS), erhålls det effektiva värmevärdet 21,3 MJ/kg ts för sekundärdrank efter subtraktion med differensen. De effektiva värmevärdena som används vid de ekonomiska beräkningarna är 19,8 MJ/kg ts (5,49 kWh/kg ts) för primärdrank (DDGS) (Belab, 2002) och 21,3 MJ/kg ts (5,92 kWh/kg ts) för sekundärdrank (eDDGS).

Resultaten vad gäller värdet hos dranken vid användning till eldning anges i tabellerna 16-18. I känslighetsanalyser studeras vad som händer med värdet hos de båda dranktyperna då värdet på skogsflisen varierar mellan olika år (tabellerna 17-18) och då priset på ingående produktionsmedel varierar (produktionskostnaderna: tabellerna 24-27).

12.1.3 Förutsättningar som gödselmedel

Vid beräkning av värdet hos drankprodukter vid användning som gödselmedel har gödselämnenas värde beräknats utifrån värdet hos konstgödsel (till vårstråsäd i Svealands slättbygder) (Agriwise, 2010-2011). Då konstgödselpriserna varierat en hel del de senaste åren (se tabell 13) inverkar detta en hel del på drankens värde som gödselmedel (se tabellerna 17-18).

Mängden av kväve i dranken (DDGS/DGS) har beräknats utifrån de analyser som gjorts av Belab (2002) (se tabell B4:5). Mängderna av fosfor och kalium i dranken har beräknats som ett genomsnitt utifrån analyser gjorda av: Belab (2002); SBI-Trading (2008); Agroetanol (2008) (Agrodrank 27 och Agrodrank 90); Spörndly (2003); Simonsson (2006) (Vetedrank Nöbbelev och Agrodrank 27 Norrköping); och Elwinger (2005). På så sätt erhöles det näringsinnehåll som använts i de ekonomiska beräkningarna för primärdrank (DDGS/DGS): 5,7 % kväve av ts; 1,12 % fosfor av ts; och 1,23 % kalium av ts (se tabell B4:7). För sekundärdrank (eDDGS/eDGS) där även en del av cellulosan och hemicellulosa nyttjas för etanolframställning för ökning av etanolutbytet med 13 %, erhöles efter subtraktion av de ämnen som gått åt i denna process och omräkning: 7,45 % kväve av ts; 1,47 % fosfor av ts; och 1,60 % kalium av ts (se tabell B4:8).

Resultaten vad gäller värdet hos dranken vid användning som gödselmedel anges i tabellerna 16-18. I känslighetsanalyser studeras vad som händer med värdet hos de båda dranktyperna då värdet på gödselmedlen varierar mellan olika år (tabellerna 17-18) och då priset på ingående produktionsmedel varierar (produktionskostnaderna: tabellerna 24-27).

12.1.4 Förutsättningar som råvara till biogas

Biogasmängderna vid rötningen av drankprodukterna har beräknats på några olika sätt. Dels utifrån ekvationer av Nyns (1986) (ekvation 2) som anger biogasutbytet utifrån drankens ele-

mentarsammansättning efter Belab (2002) (tabell B4:5), och dels från biogaspotential beroende på drankens innehåll av kolhydrat, fett och protein som ges av Hagelberg m.fl. (1988) (se tabellerna 10, 12 och B4:12-13). Innehåll av kolhydrat (antas bestå av växttråd och kvävefria extraktionsämnen), fett och protein ges av Spörndly (2003), Simonsson (2006) (vetedrank Nöbbelöv, Agrodrank 27 Norrköping), SBI-Trading (2008), Agroetanol (2008) (Agrodrank 27). Vid beräkning av ekonomin vid rötning av drankprodukterna har beräkningarna baserats på en större tysk gårdsanläggning där gödseln från 100 mjölkkor inklusive rekrytering, 1 000 ton höns gödsel och 20 ha silomajs rötats (Eder m.fl., 2006). Årligen antas 395 000 m³ biogas med 58,7 % metan produceras. Gasen används för produktion av el och värme. Elverkningsgraden är 35 % och värmeverkningsgraden 55 %. Hälften av värmen kan nyttjas. Då el motsvarande 8 % av den producerade elen antas gå åt som processel minskar den totala elverkningsgraden till 32,2 %. Drankprodukter antas kunna blandas in i denna biogasprocess i så små mängder att anläggningens ekonomi inte påverkas i någon större utsträckning.

Investeringskostnaderna är ca 3,5 miljoner kronor för rötammaren med kringutrustning och knappt 800 000 kronor för kraftvärmeaggregatet (1 € = 10,6 SEK (Riksbanken, 2011)). Realräntan antas vara 5 %, och avskrivningstiden för rötammaren med kringutrustning antas vara 15 år och för kraftvärmeaggregatet 7 år. Ränte- och avskrivningskostnader är beräknade med annuitetsmetoden. Den totala underhållskostnaden antas vara 3 % av den totala investeringen. För driften av anläggningen åtgår 720 mantimmar per år till en kostnad av 230 SEK/tim (maskinförare: SCB (2010)). Inklusive inkörning av majsensilage och spridning av det utrötade substratet ger detta att de totala årliga kostnaderna blir ca 1 130 000 kronor per år under svenska förhållanden. Då ungefär 830 000 kg torrsbstans (uppskattat från data i Hagelberg m.fl. (1988), EnergieAgentur NRW (2000), Eder m.fl. (2006) och Biogas-Südwest (2007)) rötas per år ger detta en rötningkostnad på ca 1,36 SEK/kg torrsbstans. I bilaga 5 redovisas mer utförligt hur rötningkostnaderna till biogasfallen har beräknats.

Den producerade elen antas kunna säljas för 0,6854 SEK/kWh (beräknat från genomsnittligt elpris 2009: 35,02 €/MWh = 0,3722 SEK/kWh (Nordpool, 2011); genomsnittligt elcertifikatpris 2009: 0,2932 SEK/kWh (Svenska Kraftnät, 2011); nätnytta 0,02 SEK/kWh (Karlsson, pers, 2007)). Värmen antas kunna säljas för 0,580 SEK/kWh (fjärrvärme exkl. moms, vägt värde år 2009 (Energimyndigheten, 2011)).

Alla växtnäringsämnen som från början fanns i drankprodukterna antas finnas kvar i rötresten efter rötningen, dvs. gödselvärdet hos dessa produkter antas inte påverkas av rötningen. Mängderna kväve, fosfor och kalium i primärdrank (DDGS/DGS) blir därför fortfarande 5,7 % av ts; 1,12 % av ts; och 1,23 % av ts enligt beräkningar från dennas sammansättning efter Belab (2002); SBI-Trading (2008); Agroetanol (2008) (Agrodrank 27 och Agrodrank 90); Spörndly (2003); Simonsson (2006) (Vetedrank Nöbbelöv och Agrodrank 27 Norrköping); och Elwinger (2005) (tabell B4:5 och B4:7). För sekundärdrank (eDDGS/eDGS) där även en del av cellulosan och hemicellulosan nyttjas för etanolframställning för ökning av etanolutbytet med 13 %, erhölls efter subtraktion av de ämnen som gått åt i denna process och omräkning: 7,45 % kväve av ts; 1,47 % fosfor av ts; och 1,60 % kalium av ts (tabell B4:6 och B4:8). Värdet av kväve, fosfor och kalium i rötresten har beräknats på samma sätt som då drankprodukterna används enbart som gödselmedel (se kapitel: 12.1.3 Förutsättningar som gödselmedel).

I tabellerna 16-18 redovisas, för biogas, värden med både ett biogasutbyte på 60 % och ett biogasutbyte på 80 %. Dessutom redovisas värden inklusive respektive exklusive rötningkostnaderna. Värden exklusive rötningkostnader kan antas gälla om man har tillgång till en befintlig biogasanläggning som ej är fullt utnyttjad (har ledig kapacitet). Motsatt gäller om

man måste bygga en biogasanläggning för att kunna röta dranken, då naturligtvis alla kostnader måste tas med.

Resultaten vad gäller värdet hos dranken vid användning som biogasråvara anges i tabellerna 16-18. I känslighetsanalyser studeras vad som händer med värdet hos de båda dranktyperna då värdet på el och fjärrvärme varierar mellan olika år (tabellerna 17-18) och då priset på ingående produktionsmedel varierar (tabellerna 24-27). En mer utförlig beskrivning hur drankens värde beräknats vid användning som biogasråvara finns i bilaga 4 i delkapitel: Biogas.

12.1.5 Resultat då dranken ersätter andra produkter i olika tillämpningar

I tabell 16 nedan anges värdet hos drankprodukterna vid olika användningar. Sekundärdrank (eDDGS/eDGS) får för samtliga tillämpningar ett högre värde än primärdrank (DDGS/DGS) beroende på att de ämnen som ingår i dranken blivit mer koncentrerade då en del av cellulosan och hemicellulosan i dranken använts i extra processen för att öka etanolutbytet med 13 %. Emellertid, om man tar hänsyn till att sannolikt så bryts 50 % av lysinet och 20 % av metioninet ner i denna process så minskar värdet hos den resulterade sekundärdranken (eDDGS/eDGS) så att dess värde vid utfodring av grisar och fjäderfä (lysin) blir betydligt lägre än det för primärdrank (DDGS/DGS). För fjäderfä (metionin) hamnar värdet hos den resulterade sekundärdranken (eDDGS/eDGS) i nivå med eller något högre än det för primärdrank (DDGS/DGS). I de fortsatta studierna redovisas endast den varianten av sekundärdrank (eDDGS/eDGS) där antagandena gjorts att 50 % av lysinet och 20 % av metioninet brutits ner i extra processen.

Tabell 16. Värde hos drank (DDGS/DGS, eDDGS/eDGS och eDDGS/eDGS då 50 % av lysinet och 20 % av metioninet brutits ner i processen) (SEK/kg ts) vid olika användning beräknat utifrån genomsnittspriserna på korn, sojamjöl, träflis till värmeverk, gödselmedel och el- och värmepriis från biogas år 2009

Typ av drank / Användningsområde	Primärdrank (DDGS/DGS)	Sekundärdrank (eDDGS/eDGS) ^c	Sekundärdrank (eDDGS/eDGS) ^d
Foder till nötkreatur	2,63	3,26	3,26
Foder till grisar	1,59	1,79	1,18
Foder till fjäderfä (lysin)	1,68	1,90	1,21
Foder till fjäderfä (metionin)	3,17	4,08	3,28
Foder till hästar	2,77	3,48	3,48
Eldning för uppvärmning	0,99	1,07	1,07
Gödselmedel	0,86	1,12	1,12
Biogas 80 % utvinning ^a	0,87	1,18	1,18
Biogas 60 % utvinning ^a	0,53	0,82	0,82
Biogas 80 % utvinning ^b	2,24	2,54	2,54
Biogas 60 % utvinning ^b	1,89	2,18	2,18

^a Räknat under antaganden som om rötningen skett i en större tysk gårdsanläggning (investeringskostnader m.m.) under svenska förhållanden (löner m.m.).

^b Exkl. röttningskostnader.

^c Värdet hos dranken är beräknat under antagande om att lysinet och metioninet inte bryts ner i processen för att utvinna 13 % mer etanol ur även cellulosan och hemicellulosan.

^d Värdet hos dranken är beräknat under antagande om att 50 % av lysinet eller 20 % av metioninet bryts ner i processen för att utvinna 13 % mer etanol ur även cellulosan och hemicellulosan.

I tabell 17 nedan redovisas värden hos primärdrank (DDGS/DGS) vid olika användning beräknat utifrån genomsnittspriserna på korn, sojamjöl, träflis till värmeverk, gödselmedel och

el- och värmepris från biogas år 2005-2010, genomsnittligt maximalt och minimalt pris på korn och sojamjöl under en månad under perioden 2005-2010, samt känslighetsanalys baserad på att 2009 års priser på korn och sojamjöl stiger 20 % då priserna på träflis till värmeverk, gödselmedel och el- och värmepris från biogas sjunker 20 %, och tvärtom då 2009 års priser på korn och sojamjöl sjunker 20 % då priserna på träflis till värmeverk, gödselmedel och el- och värmepris från biogas stiger 20 %. Värden inom parentes anger ordningsföljd vad gäller drankens värde. I de flesta fallen har utfodring av fjäderfä (metionin) givit dranken högst värde följt av utfodring av hästar och nötkreatur. Sedan följer biogas där man inte tar hänsyn till rötningskostnaderna och foder till grisar och fjäderfän (lysin). Lägst blir drankens värde vid användning enbart som gödselmedel, till eldning och som råvara till biogas där hänsyn till rötningskostnaderna måste tas. Det är viktigt att notera den stora inverkan av rötningskostnaderna här. År med låga priser på korn och sojamjöl (t.ex. år 2006, se tabell 13) kan användning av dranken som råvara till biogas med högt utbyte utan hänsyn till rötningskostnaderna ge det högsta värdet åt dranken (se tabell 17) (gäller även fallen med min. korn- och sojapriser samt där soja- och kornpriserna sjunkit 20 % och alla andra priser gått upp 20 %). Höga priser på soja och korn gynnar värdet på dranken vid användning av fodret till grisar och fjäderfä (lysin). Drankens värde som foder till fjäderfän blir betydligt högre då det baseras på metionin än då det baseras på lysin. Viktigt är att för en och samma användning kan drankens värde variera med mer än en faktor 2 mellan olika år (se tabell 17, gödselmedel och biogas). Generellt gäller att primärdrank (DDGS/DGS) vanligen har högst värde som foder, men även till rötning då denna är gratis (rötningskostnaderna ingår inte).

Tabell 17. Värde hos primärdrank (DDGS/DGS) (SEK/kg ts) vid olika användning beräknat utifrån genomsnittspriserna på korn, sojamjöl, träflis till värmeverk, gödselmedel och el- och värmepris från biogas år 2005-2010 samt känslighetsanalys baserad på 2009 års priser. Värden inom parentes anger ordningsföljd vad gäller drankens värde

Årtal / Användningsområde	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Max korn o soja ^c	Min korn o soja ^d	Korn o soja +20 % ^e	Korn o soja -20 % ^f	Snitt 2005- 2010
Foder till nötkreatur	1,75 (4)	1,72 (4)	2,19 (3)	2,65 (4)	2,63 (3)	2,47 (4)	3,62 (3)	1,51 (5)	3,15 (3)	2,10 (5)	2,24 (3)
Foder till grisar	1,14 (7)	1,19 (7)	1,65 (6)	1,88 (7)	1,59 (7)	1,62 (7)	2,59 (5)	1,02 (7)	1,90 (5)	1,27 (8)	1,51 (7)
Foder till fjäderfä (lysin)	1,20 (6)	1,25 (6)	1,73 (5)	1,97 (6)	1,68 (6)	1,71 (6)	2,72 (4)	1,08 (6)	2,01 (4)	1,34 (6)	1,59 (6)
Foder till fjäderfä (metionin)	2,04 (1)	1,97 (2)	2,40 (1)	2,98 (1)	3,17 (1)	2,88 (1)	4,06 (1)	1,73 (3)	3,80 (1)	2,54 (2)	2,57 (1)
Foder till hästar	1,83 (2)	1,80 (3)	2,27 (2)	2,75 (3)	2,77 (2)	2,59 (2)	3,76 (2)	1,57 (4)	3,32 (2)	2,21 (4)	2,33 (2)
Eldning för uppvärmning	0,75 (8)	0,80 (8)	0,87 (8)	0,92 (11)	0,99 (8)	1,08 (9)	0,99 (8)	0,99 (8)	0,79 (8)	1,19 (9)	0,90 (9)
Gödselmedel	0,68 (9)	0,75 (9)	0,78 (9)	1,50 (8)	0,86 (10)	0,95 (10)	0,86 (10)	0,86 (10)	0,69 (9)	1,03 (10)	0,92 (8)
Biogas 80 % utvinning ^a	0,43 (10)	0,69 (10)	0,50 (10)	1,49 (9)	0,87 (9)	1,12 (8)	0,87 (9)	0,87 (9)	0,43 (10)	1,32 (7)	0,85 (10)
Biogas 60 % utvinning ^a	0,15 (11)	0,36 (11)	0,23 (11)	1,15 (10)	0,53 (11)	0,74 (11)	0,53 (11)	0,53 (11)	0,15 (11)	0,90 (11)	0,52 (11)
Biogas 80 % utvinning ^b	1,79 (3)	2,05 (1)	1,86 (4)	2,85 (2)	2,24 (4)	2,49 (3)	2,24 (6)	2,24 (1)	1,79 (6)	2,68 (1)	2,21 (4)
Biogas 60 % utvinning ^b	1,51 (5)	1,72 (5)	1,59 (7)	2,51 (5)	1,89 (5)	2,10 (5)	1,89 (7)	1,89 (2)	1,51 (7)	2,27 (3)	1,89 (5)

^a Räknat under antaganden som om rötningen skett i en större tysk gårdsanläggning (investeringskostnader m.m.) under svenska förhållanden (löner m.m.).

^b Exkl. röttningskostnader.

^c Max pris, genomsnitt under en månad (se tabell 13), på korn och soja för perioden 2005-2010, övriga priser genomsnitt för år 2009.

^d Min pris, genomsnitt under en månad (se tabell 13), på korn och soja för perioden 2005-2010, övriga priser genomsnitt för år 2009.

^e Högt pris, 20 % högre värde hos korn och sojamjöl, och 20 % lägre för skogsbränsleflis, gödselmedel och el och värme från biogas utgående från 2009 års priser.

^f Lågt pris, 20 % lägre värde hos korn och sojamjöl, och 20 % högre för skogsbränsleflis, gödselmedel och el och värme från biogas utgående från 2009 års priser.

I Sverige marknadsförs drank från vete, huvudsakligen avsedd för utfodring, av Agroetanol i Norrköping och av SBI-Trading i Kristianstad. Agroetanol marknadsförs för en torkad och pelleterad drank kallad Agrodrank 90 och en ej torkad produkt kallad Agrodrank 27 (Agroetanol, 2008). I mars 2008 var priset på Agrodrank 90: 2,00 kr/kg (2,22 kr/kg ts) och på Agrodrank 27: 1,20 kr/ton ts (Beckman, pers, 2008). Före nyår 2008 var priserna på dessa produkter 85 % av nuvarande priser. Vetedrank från SBI-Trading har ett pris på 0,778 kr/kg ts vid ett transportavstånd på 0,1-2,0 mil, vid transport med ett helt ekipage som lastar mer än 42 ton (SBI-Trading, 2009). Marknadpriset på proteinfodermedel som drank styrs i huvudsak av världsmarknadpriset på sojamjöl (Emanuelson m.fl., 2006) som är det vanligaste proteinfodermedlet i våra konkurrentländer. Ovanstående priser på drank (Agrodrank 90) kan bara uppnås eller överskridas av värdet på drank då det används till fjäderfän (metionin), hästar eller nötkreatur samt till biogas med högt utbyte där ej hänsyn behöver tas till röttningskostnaderna (tabell 17, ovan). Priset på Agrodrank 27 kan även uppnås och överskridas då dranken används som foder åt grisar och fjäderfä (lysin). Priset på drank från SBI-Trading uppnås och överskrids för alla användningar av dranken utom till biogas där även röttningskostnaderna ingår, samt för vissa år även ej användning som gödselmedel och eventuellt något år ej vid användning till uppvärmning efter eldning.

I tabell 18 nedan redovisas värden hos sekundärdrank (eDDGS/eDGS) vid olika användning beräknat utifrån genomsnittspriserna på korn, sojamjöl, träflis till värmeverk, gödselmedel och el- och värmepris från biogas år 2005-2010, genomsnittligt maximalt och minimalt pris på korn och sojamjöl under en månad under perioden 2005-2010, samt känslighetsanalys baserad på att 2009 års priser på korn och sojamjöl stiger 20 % då priserna på träflis till värmeverk, gödselmedel och el- och värmepris från biogas sjunker 20 %, och tvärtom då 2009 års priser på korn och sojamjöl sjunker 20 % då priserna på träflis till värmeverk, gödselmedel och el- och värmepris från biogas stiger 20 %. Värden inom parentes anger ordningsföljd vad gäller drankens värde. I de flesta fallen har utfodring av hästar och nötkreatur givit dranken högst värde följt av utfodring av fjäderfä (metionin) (omkastat mot för primärdrank (DDGS/DGS) i tabell 17). Sedan följer biogas där man inte tar hänsyn till rötningskostnaderna och efter ett tag gödselmedel och foder till grisar och fjäderfän (lysin) (betydligt sämre än för primärdrank (DDGS) i tabell 17). Lägst blir drankens värde vid användning till eldning och som råvara till biogas där hänsyn till rötningskostnaderna måste tas. Det är viktigt att notera den stora inverkan av rötningskostnaderna här. Särskilt vid utfodring av grisar och fjäderfän (lysin) får sekundärdrank (eDDGS/eDGS) ett betydligt lägre värde än för primärdrank (DDGS/DGS) beroende på att 50 % av lysinet bryts ner i processen för att utvinna 13 % mer etanol ur spannmålen (se tabellerna 17 och 18). Sekundärdrank (eDDGS/eDGS) till fjäderfä (metionin) får ofta ungefär samma värde som primärdrank (DDGS/DGS), detta beror på att verkan av att metioninet bryts ner inte slår igenom lika mycket som verkan av att lysinet bryts ner. År med låga priser på korn och sojamjöl (t.ex. år 2006, se tabell 13) kan användning av dranken som råvara till biogas med högt utbyte utan hänsyn till rötningskostnaderna ge det högsta värdet åt dranken (se tabell 18) (gäller även fallen med min. korn- och sojapriser samt där soja- och kornpriserna sjunkit 20 % och alla andra priser gått upp 20 %). Höga priser på soja och korn gynnar värdet på sekundärdranken (eDDGS/eDGS) vid användning av fodret till grisar och fjäderfä (lysin) men ej lika mycket som för primärdrank (DDGS/DGS). Vid riktigt låga priser på sojamjöl och korn och höga priser på allt annat kan till och med drankens värde vid användning som foder till grisar och fjäderfän (lysin) få ett sämre värde än vid alla andra användningar (tabell 18). Viktigt är även att för en och samma användning kan drankens värde variera med mer än en faktor 2 mellan olika år (gödselmedel och biogas i tabell 18). Generellt gäller att sekundärdranken (eDDGS/eDGS) vanligen har högst värde som foder till hästar och nötkreatur men även har ett högt värde som foder till fjäderfä (metionin) och till rötning om denna är gratis (hänsyn behöver inte tas till rötningskostnaderna). Värdet för sekundärdrank blir högre än för primärdrank i samtliga fall utom vid utfodring av grisar och fjäderfän (lysin och metionin) (se tabellerna 17 och 18).

Tabell 18. Värde hos sekundärdrank (eDDGS/eDGS: 50 % av lysinet och 20 % av metioninet antas gå förlorat i processen) (SEK/kg ts) vid olika användning beräknat utifrån genomsnittspriserna på korn, sojamjöl, träflis till värmeverk, gödselmedel och el- och värmepris från biogas år 2005-2010 samt känslighetsanalys baserad på 2009 års priser. Värden inom parentes anger ordningsföljd vad gäller drankens värde

Årtal / Användningsområde	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Max korn o soja ^c	Min korn o soja ^d	Korn o soja +20 % ^e	Korn o soja -20 % ^f	Snitt 2005- 2010
Foder till nötkreatur	2,05 (3)	1,95 (4)	2,31 (2)	2,93 (4)	3,26 (3)	2,90 (3)	3,98 (2)	1,73 (4)	3,91 (3)	2,61 (5)	2,568 (2)
Foder till grisar	0,89 (8)	0,95 (8)	1,37 (6)	1,52 (9)	1,18 (7)	1,26 (8)	2,11 (6)	0,81 (11)	1,42 (7)	0,94 (11)	1,196 (8)
Foder till fjäderfä (lysin)	0,90 (6)	0,95 (9)	1,35 (7)	1,51 (10)	1,21 (6)	1,27 (7)	2,10 (7)	0,81 (10)	1,45 (6)	0,96 (10)	1,198 (7)
Foder till fjäderfä (metionin)	2,06 (2)	1,95 (5)	2,29 (3)	2,91 (5)	3,28 (2)	2,91 (2)	3,95 (3)	1,72 (5)	3,94 (2)	2,63 (3)	2,567 (3)
Foder till hästar	2,18 (1)	2,06 (2)	2,42 (1)	3,09 (2)	3,48 (1)	3,09 (1)	4,19 (1)	1,83 (3)	4,18 (1)	2,79 (2)	2,72 (1)
Eldning för uppvärmning	0,81 (9)	0,86 (10)	0,93 (9)	0,99 (11)	1,07 (10)	1,17 (10)	1,07 (10)	1,07 (8)	0,86 (9)	1,29 (8)	0,97 (10)
Gödselmedel	0,89 (7)	0,98 (6)	1,02 (8)	1,96 (7)	1,12 (9)	1,24 (9)	1,12 (9)	1,12 (7)	0,90 (8)	1,35 (7)	1,203 (6)
Biogas 80 % utvinning ^a	0,67 (10)	0,95 (7)	0,77 (10)	1,99 (6)	1,18 (8)	1,46 (6)	1,18 (8)	1,18 (6)	0,67 (10)	1,68 (6)	1,17 (9)
Biogas 60 % utvinning ^a	0,38 (11)	0,62 (11)	0,49 (11)	1,63 (8)	0,82 (11)	1,06 (11)	0,82 (11)	0,82 (9)	0,38 (11)	1,25 (9)	0,83 (11)
Biogas 80 % utvinning ^b	2,03 (4)	2,32 (1)	2,13 (4)	3,35 (1)	2,54 (4)	2,82 (4)	2,54 (4)	2,54 (1)	2,03 (4)	3,05 (1)	2,53 (4)
Biogas 60 % utvinning ^b	1,74 (5)	1,98 (3)	1,85 (5)	2,99 (3)	2,18 (5)	2,42 (5)	2,18 (5)	2,18 (2)	1,74 (5)	2,62 (4)	2,19 (5)

^a Räknat under antaganden som om rötningen skett i en större tysk gårdsanläggning (investeringskostnader m.m.) under svenska förhållanden (löner m.m.).

^b Exkl. röttningskostnader.

^c Max pris, genomsnitt under en månad (se tabell 13), på korn och soja för perioden 2005-2010, övriga priser genomsnitt för år 2009.

^d Min pris, genomsnitt under en månad (se tabell 13), på korn och soja för perioden 2005-2010, övriga priser genomsnitt för år 2009.

^e Högt pris, 20 % högre värde hos korn och sojamjöl, och 20 % lägre för skogsbränsleflis, gödselmedel och el och värme från biogas utgående från 2009 års priser.

^f Lågt pris, 20 % lägre värde hos korn och sojamjöl, och 20 % högre för skogsbränsleflis, gödselmedel och el och värme från biogas utgående från 2009 års priser.

12.2 Produktionskostnader etanol och drank

12.2.1 Förutsättningar för den tänkta etanolanläggningen

Den tänkta etanolanläggningen har antagits vara belägen i mellersta Sveriges slättbygder. Den har antagits producera 87 390 ton etanol per år, givet att vete med en genomsnittsavkastning på 5 900 kg/ha och ett etanolutbyte på 0,296 ton etanol/ton vete odlas på 50 000 ha.

För beräkningen av kostnaderna har data och beräkningsstruktur i huvudsak hämtats från rapporten: Life cycle assessment of rapeseed oil, rape methyl ester and ethanol as fuels, Rapport 2004:01 från Institutionen för biometri och teknik, av Sven Bernesson (Bernesson, 2004). I denna rapport finns detaljerade beskrivningar över hur beräkningarna gått till. Kostnaderna har uppdaterats till dem som gäller för fjärde kvartalet år 2009. Bland annat har kostnaderna för produktionsmedel inom jordbruket (se tabell 19), produktion av etanol (se tabell 20), arbete och transporter uppdaterats (se bilaga 6). Bl.a. för arbete har kostnaden höjts till 230 SEK/tim. Transportkostnaderna har beräknats enligt en ny modell (för beskrivning se bilaga 7).

Tabell 19. Kostnader för odling av höstvetete för produktion av etanol

Produktionsfaktorer	Liten brukningsenhet, 75 ha			Stor brukningsenhet, 300 ha		
	Kvantitet	Pris	Kostnad	Kvantitet	Pris	Kostnad
	(.../ha)	(SEK/...)	(SEK/ha)	(.../ha)	(SEK/...)	(SEK/ha)
Utsäde (kg) ^a	231	3,69	852	231	3,69	852
Gödselmedel: Hydro NPK Svavel 21-4-7 (kg)	420	3,57	1 498	420	3,57	1 498
Gödselmedel: Hydro Suprasalpeter, N28 (kg)	115	2,50	288	115	2,50	288
Bekämpningsmedel, herbicid (gångar)	1	284	284	1	284	284
Bekämpningsmedel, fungicid (Tilt Top 500 EC) (gångar)	0,6	290	174	0,6	290	174
Bekämpningsmedel, fungicid (Sportak EW) (gångar)	0,3	319	96	0,3	319	96
Bekämpningsmedel, insekticid (gångar)	0,5	78	39	0,5	78,0	39
Bränsle, dragkraft, etc. (liter) ^{ab}	66,6	7,50	500	66,6	7,50	500
Smörjolja, dragkraft, etc. ^{ac}			75			75
Bränsle, värme för spannmålstorkning (liter)	66,7	7,50	500	66,7	7,50	500
Elektricitet för torkning och rensning av spannmål (kWh)	119,2	1,042	124	119,2	1,042	124
Grödförsäkring			28			28
Analys av höstvetete (SEK/10 000 kg spannmål våt bas)	0,189	190	36	0,189	190	36
Summa särkostnader 1			4 494			4 494
Maskinunderhåll ^a			863			1 149
Ränta rörelsekapital			216			196
Summa särkostnader 2			5 573			5 839
Maskiner, avskrivning och ränta ^a			1 701			1 078
Skatt och försäkring, fältmaskiner och tork ^a			34			23
Kostnader för förvaring av fältmaskiner och tork under tak ^a			131			56
Arrende (SCB, 2009b)			1 224			1 224
Summa kostnader (exkl. arbete)			8 663			8 220
Kostnad maskinförare m.m. (timmar) ^a	7,98	230	1 835	3,92	230	902
Kostnad planering och driftsledning ^d			184			90
Summa kostnader (inkl. arbete)			10 681			9 212
Kostnad för produktion av vete (SEK/kg)			1,81			1,56

^a Inkluderar ett ökat behov av utsäde, bränsle, smörjolja, underhåll, arbete etc. beroende på utvintring.

^b Inkluderar även skördetröskning och transport av konstgödsel till gården.

^c Kostnaderna för smörjolja antogs vara 15 % av bränslekostnaderna efter uppgifter i Agriwise (2002).

^d Antogs vara 10 % av kostnaderna för maskinförare m.m.

Tabell 20. Kostnader, produktion av etanol

Produktionsfaktorer	Liten brukningsenhet (SEK/ha)			Stor brukningsenhet (SEK/ha)			Inköpt spannmål ^a (SEK/ha)		
	DDGS	eDDGS	Förändring (%)	DDGS	eDDGS	Förändring (%)	DDGS	eDDGS	Förändring (%)
Odling av höstvetete	10 681	10 681	0	9 212	9 212	0	5 841	5 841	0
El, produktion av etanol (jäsnings och destillation)	238	408	+71,5	238	408	+71,5	238	408	+71,5
Ånga från träflis till etanolproduktion exkl. torkning av drank	546	849	+55,4	546	849	+55,4	546	849	+55,4
El, torkning av drank	248	190	-23,5	248	190	-23,5	248	190	-23,5
Ånga från träflis, torkning av drank	545	417	-23,5	545	417	-23,5	545	417	-23,5
Fosforsyra (75 %)	7	8	+3,8	7	8	+3,8	7	8	+3,8
Svavelsyra (93 %)	17	18	+3,8	17	18	+3,8	17	18	+3,8
Natriumhydroxid (50 %)	4	4	+3,8	4	4	+3,8	4	4	+3,8
Kalciumklorid (30 %)	28	29	+3,8	28	29	+3,8	28	29	+3,8
Övriga kemikalier	4	4	+3,8	4	4	+3,8	4	4	+3,8
Skumdämpare	7	7	+3,8	7	7	+3,8	7	7	+3,8
Enzymer	424	505	+19,0	424	505	+19,0	424	505	+19,0
Jäst	0	0	+3,8	0	0	+3,8	0	0	+3,8
Transport, produktionskemikalier	5	5	+3,8	5	5	+3,8	5	5	+3,8
Transport, vete till etanolfabriken	525	525	0,0	525	525	0,0	525	525	0,0
Transport, drank (DDGS eller eDDGS)	118	90	-23,5	118	90	-23,5	118	90	-23,5
Transport, etanol (som etanol 100 %)	212	239	+13,0	212	239	+13,0	212	239	+13,0
Maskiner, produktion av etanol, underhåll	528	568	+7,5	528	568	+7,5	528	568	+7,5
Byggnader, produktion av etanol, underhåll	288	310	+7,5	288	310	+7,5	288	310	+7,5
Maskiner, produktion av etanol, avskrivning och ränta	807	864	+7,0	807	864	+7,0	807	864	+7,0
Byggnader, produktion av etanol, avskrivning och ränta	263	281	+7,0	263	281	+7,0	263	281	+7,0
Omhändertagande av avfallsvatten och färskvatten	77	87	+13,0	77	87	+13,0	77	87	+13,0
Övriga kostnader, t.ex. försäkringar etc. 5 % av ovan	218	244	+11,8	218	244	+11,8	218	244	+11,8
Summa kostnader (exkl. arbete)	15 791	16 333	+3,4	14 322	14 864	+3,8	10 951	11 492	+4,9
Arbete	340	364	+7,1	340	364	+7,1	340	364	+7,1
Summa kostnader (inkl. arbete)	16 131	16 696	+3,5	14 662	15 227	+3,9	11 290	11 856	+5,0
Intäkter från drankförsäljning ^b	3 062	2 343	-23,5	3 062	2 343	-23,5	3 062	2 343	-23,5
Totalt	13 069	14 354	+9,8	11 600	12 885	+11,1	8 229	9 513	+15,6
Kostnader (SEK/kg etanol 100 %)	7,48	7,27	-2,8	6,64	6,52	-1,7	4,71	4,82	+2,3
Kostnader (SEK/liter etanol 100 %)	5,87	5,71	-2,8	5,21	5,12	-1,7	3,70	3,78	+2,3
Intäkter från etanolförsäljning ^c	12 023	13 586	+13,0	12 023	13 586	+13,0	12 023	13 586	+13,0
Totalt	4 108	3 111	-24,3	2 639	1 642	-37,8	-732	-1 730	-136,2
Kostnader (SEK/kg DDGS eller eDDGS)	2,17	1,64	-24,3	1,39	0,87	-37,8	-0,39	-0,91	-136,2

^a Höstvetete inköpt för 0,99 SEK/kg (Agriwise, 2009).

^b Drankpris: 1,60 SEK/kg drank med 10 % vatten, beräknat efter Erichsen, pers (2009).

^c Etanolen har antagits kunna säljas för 5,40 SEK/liter (6,90 SEK/kg).

12.2.2 Produktionskostnader och avkastning vid olika användning av dranken

Avkastningen, om etanolen kan säljas för 5,40 SEK/liter (6,90 SEK/kg) (pris på etanol 2009) och dranken kan säljas för 1,60 SEK/kg (pris på drank 2009 efter Erichsen, pers, (2009)) enligt de förutsättningar som anges i tabellerna 19-20, presenteras i tabell 21. Beräkningarna baseras på odling av 1 hektar höstvetet till etanol. Tre olika ursprung för spannmålen presenteras: odling på en liten gård (75 ha), odling på en stor gård (300 ha) eller att den köps in för 0,99 SEK/kg (pris på höstvetet till lantbrukare 2009 (Agriwise, 2009, 2010-2011)). Inverkan av olika användningsområden för dranken studeras. Som foder är dranken torr (DDGS/eDDGS) och till förbränning, gödselmedel eller biogasråvara är dranken blöt (DGS/eDGS). Både primärdrank (DDGS/DGS) och sekundärdrank (eDDGS/eDGS) från en process där 13 % mer etanol utvunnits från även en del av spannmålets/primärdrankens cellulosa och hemicellulosa studeras.

Lönsamheten (avkastningen) blir bäst om spannmålen kan köpas in för 0,99 SEK/kg (se tabell 21), följt av odling på en större gård (300 ha) och sämst lönsamhet vid odling på en mindre gård (75 ha). Samtliga användningsområden för dranken blir lönsamma om spannmålsråvaran kan köpas in för 0,99 SEK/kg. Vid produktion av höstvetet på en liten gård (75 ha) uppnås bara lönsamhet om dranken används som foder till fjäderfän (baserat på metionin), hästar och nötkreatur. För sekundärdrank till biogas (80 % utbyte, utan rötningskostnader) kan svag lönsamhet erhållas. Alla övriga användningar av dranken ger förlust. Produceras istället vetet på en stor gård (300 ha) ger alla användningar som foder lönsamhet, utom utfodring av sekundärdrank (eDDGS) till grisar och fjäderfän baserat på lysin. Användning som biogasråvara (80 och 60 %:s utbyte, utan rötningskostnader) ger även lönsamhet. Alla andra fall ger förlust, som blir störst för primärdrank till biogas (80 och 60 %:s utbyte, med rötningskostnader), gödselmedel och förbränning. I praktiken borde produktion av höstvetet på en större gård (300 ha) vara mest rimligt, då lönsamheten blir så mycket sämre vid produktion på mindre gårdar och brukningsenheterna idag blir allt större. Att köpa in höstvetet för så lågt pris som 0,99 SEK/kg är inte rimligt i längden, då detta skulle utarma lantbrukarna ekonomiskt. Det kan därför vara rimligt att kostnaderna för höstvetet råvaran beräknas som om den producerats på en större gård.

Produktion av sekundärdrank ger bättre lönsamhet än produktion av primärdrank i alla fall utom då dranken används som foder till grisar och fjäderfän baserat på lysin eller metionin (se tabell 21). Orsaken till att sekundärdranken ger bättre lönsamhet är att vid produktionen av denna erhålls mer värdefull etanol (jämför 5,40 SEK/liter etanol (6,90 SEK/kg) mot 1,60 SEK/kg drank). Orsaken till att användning som foder till grisar och fjäderfän (baserat på lysin eller metionin) ger sämre lönsamhet, är att i processen för att utvinna 13 % mer etanol från även en del av spannmålets cellulosa och hemicellulosa, bryts ca 50 % av lysinet och ca 20 % av metioninet ner. För detta kan inte den ökade produktionen av etanol kompensera tillräckligt.

Produktionskostnaderna för etanol presenteras i tabell 22 med samma förutsättningar som anges i styckena ovan för beräkning av avkastningen (lönsamheten) vid produktion av etanol med olika förutsättningar och användningar, bortsett från priset för försäljningen av etanol. Produktionskostnaderna för etanolen blir lägst där bäst lönsamhet, i styckena ovan, kunde erhållas. Vid produktion av primärdrank (DDGS/DGS) blir produktionskostnaderna för etanolen från lägsta till högre kostnader enligt följande ordning: foder till fjäderfän (metionin), foder till hästar och nötkreatur, råvara till biogas (80 och 60 %:s utbyte, utan rötningskostnader), foder till fjäderfän och grisar (lysin), förbränning, gödselmedel och högst kostnader för råvara till biogas (80 och 60 %:s utbyte, med rötningskostnader).

Vid produktion av sekundärdrank (eDDGS/eDGS) blir produktionskostnaderna för etanolen (se tabell 22) från lägsta till högre kostnader enligt följande ordning: foder till hästar och nötkreatur, foder till fjäderfän (metionin), råvara till biogas (80 och 60 %:s utbyte, utan rötningskostnader), foder till grisar och fjäderfän (lysin), råvara till biogas (80 %:s utbyte, med rötningskostnader), gödselmedel, förbränning och högst kostnader för råvara till biogas (60 %:s utbyte, med rötningskostnader). Ordningen blir densamma som vid beräkningen av lönsamheten (avkastningen), i styckena ovan, i samtliga fall. Kostnaderna för produktion av etanol tillsammans med primärdrank blir högre än vid produktion av etanol tillsammans med sekundärdrank till samtliga användningar, utom då dranken används som foder till grisar och fjäderfän baserat på lysin eller metionin. Orsakerna till detta är de samma som anges i styckena ovan där lönsamheten studeras.

Tabell 21. Avkastning (SEK/ha) beräknat utifrån hur dranken används om etanolen kan säljas för 5,40 SEK/liter. Värden inom parentes anger ordningsföljd vad gäller lönsamhet

Spannmålens ursprung:	Litet jordbruk (75 ha)		Stort jordbruk (300 ha)		Inköpt (0,99 SEK/kg) ^e	
Typ av drank ^a / Användningsområde	DDGS	eDDGS	DDGS	eDDGS	DDGS	eDDGS
Nötkreatur (råprotein)	418 (3)	1181 (3)	1887 (3)	2650 (3)	5259 (3)	6022 (3)
Grisar (lysin)	-1376 (7)	-1555 (7)	93 (7)	-86 (7)	3465 (7)	3286 (7)
Fjäderfän (lysin)	-1221 (6)	-1522 (6)	248 (6)	-53 (6)	3620 (6)	3318 (6)
Fjäderfän (metionin)	1351 (1)	1217 (2)	2820 (1)	2686 (2)	6191 (1)	6057 (2)
Hästar (råprotein)	656 (2)	1482 (1)	2125 (2)	2951 (1)	5496 (2)	6322 (1)
Typ av drank ^a :	DGS	eDGS	DGS	eDGS	DGS	eDGS
Förbränning (trä)	-2393 (8)	-1696 (10)	-924 (8)	-227 (10)	2447 (8)	3144 (10)
Gödselmedel (NPK)	-2624 (10)	-1628 (9)	-1156 (10)	-159 (9)	2216 (10)	3212 (9)
Biogas (vall, 80 %) ^{bc}	-2598 (9)	-1558 (8)	-1129 (9)	-89 (8)	2242 (9)	3283 (8)
Biogas (vall, 60 %) ^{bc}	-3198 (11)	-2031 (11)	-1729 (11)	-562 (11)	1643 (11)	2810 (11)
Biogas (vall, 80 %) ^{bd}	-252 (4)	238 (4)	1217 (4)	1707 (4)	4589 (4)	5078 (4)
Biogas (vall, 60 %) ^{bd}	-851 (5)	-235 (5)	618 (5)	1234 (5)	3989 (5)	4605 (5)

^a Fyra olika typer av drank förekommer: torkad drank (9,1 % ts: DDGS och eDDGS) används som foder till samtliga djurslag; otorkad (blöt) drank (27 % ts: DGS och eDGS) används till förbränning, gödselmedel och som biogasråvara; och sekundärdrank (eDDGS och eDGS) som utsatts för en extra process för utvinning av 13 % mer etanol.

^b Räknat under antaganden som om rötningen skett i en större tysk gårdsanläggning (investeringskostnader m.m.) under svenska förhållanden (löner m.m.).

^c Inklusiv rötningskostnader (dvs. kostnader för att driva och underhålla en biogasanläggning).

^d Exklusiv rötningskostnader (dvs. kostnader för att driva och underhålla en biogasanläggning).

^e Källa: Agriwise (2010-2011).

Tabell 22. Produktionskostnader för etanol (SEK/liter) beräknade utifrån hur dranken används. Värden inom parentes anger ordningsföljd vad gäller produktionskostnaderna

Spannmålens ursprung: Typ av drank ^a / Användningsområde	Litet jordbruk (75 ha)		Stort jordbruk (300 ha)		Inköpt (0,99 SEK/kg) ^e	
	DDGS	eDDGS	DDGS	eDDGS	DDGS	eDDGS
Nötkreatur (råprotein)	5,21 (3)	4,93 (3)	4,55 (3)	4,35 (3)	3,04 (3)	3,01 (3)
Grisar (lysin)	6,02 (7)	6,02 (7)	5,36 (7)	5,43 (7)	3,84 (7)	4,09 (7)
Fjäderfän (lysin)	5,95 (6)	6,00 (6)	5,29 (6)	5,42 (6)	3,77 (6)	4,08 (6)
Fjäderfän (metionin)	4,79 (1)	4,92 (2)	4,13 (1)	4,33 (2)	2,62 (1)	2,99 (2)
Hästar (råprotein)	5,11 (2)	4,81 (1)	4,45 (2)	4,23 (1)	2,93 (2)	2,89 (1)
Typ av drank ^a :	DGS	eDGS	DGS	eDGS	DGS	eDGS
Förbränning (trä)	6,47 (8)	6,07 (10)	5,82 (8)	5,49 (10)	4,30 (8)	4,15 (10)
Gödselmedel (NPK)	6,58 (10)	6,05 (9)	5,92 (10)	5,46 (9)	4,40 (10)	4,12 (9)
Biogas (vall, 80 %) ^{bc}	6,57 (9)	6,02 (8)	5,91 (9)	5,44 (8)	4,39 (9)	4,10 (8)
Biogas (vall, 60 %) ^{bc}	6,84 (11)	6,21 (11)	6,18 (11)	5,62 (11)	4,66 (11)	4,28 (11)
Biogas (vall, 80 %) ^{bd}	5,51 (4)	5,31 (4)	4,85 (4)	4,72 (4)	3,34 (4)	3,38 (4)
Biogas (vall, 60 %) ^{bd}	5,78 (5)	5,49 (5)	5,12 (5)	4,91 (5)	3,61 (5)	3,57 (5)

^a Fyra olika typer av drank förekommer: torkad drank (9,1 % ts: DDGS och eDDGS) används som foder till samtliga djurslag; otorkad (blöt) drank (27 % ts: DGS och eDGS) används till förbränning, gödselmedel och som biogasråvara; och sekundärdrank (eDDGS och eDGS) som utsatts för en extra process för utvinning av 13 % mer etanol.

^b Räknat under antaganden som om rötningen skett i en större tysk gårdsanläggning (investeringskostnader m.m.) under svenska förhållanden (löner m.m.).

^c Inklusive röttningskostnader (dvs. kostnader för att driva och underhålla en biogasanläggning).

^d Exklusive röttningskostnader (dvs. kostnader för att driva och underhålla en biogasanläggning).

^e Källa: Agriwise (2010-2011).

12.2.3 Inverkan av dranktyp, primärdrank (DDGS/DGS) eller sekundärdrank (eDDGS/eDGS)

För användningen av primärdrank är utfodring av fjäderfän (metionin) lönsammast följt av utfodring av hästar och nötkreatur (råprotein), medan för sekundärdrank är utfodring av hästar och nötkreatur (råprotein) lönsammast följt fjäderfän (metionin). Orsaken till denna skillnad är att 20 % av metioninet förstörs i processen som ger sekundärdrank. Både grisar och fjäderfän (lysin) får en sämre lönsamhet beroende på att halten av lysin från början är förhållandevis låg i dranken, vilket gör att mängden, i processen, nerbrutet lysin blir lättare att kompensera för vid ett ökat etanolutbyte (+13 %) (för eDDGS). Man kan t.ex. jämföra med att vid produktion av RME så blir lönsamheten bäst då rapsmjölet används som foder till alla djurslag beroende på rapsmjölets högre innehåll av råprotein och aminosyror lysin och metionin (råprotein i rapsmjöl 389-400 g/kg ts jämfört med drankens 339-363 g/kg ts, och lysin i rapsmjöl 16,4 g/kg ts jämfört med drankens 6,6-8,5 g/kg ts; i våra beräkningar smältbart råprotein i rapsmjöl 349 g/kg ts jämfört med drankens 272 g/kg ts; lysin i rapsmjöl 16,9-17,3 g/kg ts jämfört med drankens 6,7-12,9 g/kg ts (eDDGS lysin: 4,4-8,4 g/kg ts)).

För både primärdrank (DDGS/DGS) och sekundärdrank (eDDGS/eDGS) blir lönsamheten sämst (och därmed produktionskostnaderna för etanolen högst) för biogas där även kostnaderna för rötprocessen ingår, liksom för användning som gödselmedel och till förbränning. Biogas exkl. kostnaderna för rötprocessen och foder till grisar och fjäderfän (lysin) intar ett mellanläge.

Både produktionskostnaderna blir lägst och lönsamheten blir bäst för sekundärdrank i de flesta fallen. Undantag är grisar och fjäderfä (lysin), samt fjäderfä (metionin), vilket beror på att ca 50 % av lysinet och ca 20 % av metioninet bryts ner i processen för att utvinna 13 % mer etanol från cellulosan och hemicellulosan. Detta ökade etanolutbyte räcker, i de här fallen, inte till för att kompensera drankens lägre värde som foder beroende på att lysin och/eller

metionin bryts ner i processen. I tabell 23, nedan, anges skillnaden i produktionskostnader för etanolen jämfört med om sekundärdrank (eDDGS/eDGS) produceras istället för primärdrank (DDGS/DGS).

Tabell 23. Förändring (%) av produktionskostnaderna för etanol vid övergång från primärdrank (DDGS/DGS) till sekundärdrank (eDDGS/eDGS)

Spannmålens ursprung: Användningsområde	Litet jordbruk (75 ha)	Stort jordbruk (300 ha)	Inköpt (0,99 SEK/kg) ^e
Nötkreatur (råprotein)	-5,40	-4,52	-1,04
Grisar (lysin)	+0,00078	+1,42	+6,51
Fjäderfän (lysin)	+0,95	+2,51	+8,13
Fjäderfän (metionin)	+2,56	+4,81	+14,24
Hästar (råprotein)	-5,77	-4,91	-1,51
Förbränning (trä)	-6,19	-5,59	-3,50
Gödselmedel (NPK)	-8,08	-7,70	-6,39
Biogas (vall, 80 %) ^{bc}	-8,34	-7,99	-6,78
Biogas (vall, 60 %) ^{bc}	-9,20	-8,96	-8,13
Biogas (vall, 80 %) ^{bd}	-3,77	-2,71	+1,27
Biogas (vall, 60 %) ^{bd}	-5,00	-4,16	-1,08

^a Fyra olika typer av drank förekommer: torkad drank (9,1 % ts: DDGS och eDDGS) används som foder till samtliga djurslag; otorkad (blöt) drank (27 % ts: DGS och eDGS) används till förbränning, gödselmedel och som biogasråvara; och sekundärdrank (eDDGS och eDGS) som utsatts för en extra process för utvinning av 13 % mer etanol.

^b Räknat under antaganden som om rötningen skett i en större tysk gårdsanläggning (investeringskostnader m.m.) under svenska förhållanden (löner m.m.).

^c Inklusiva röttningskostnader (dvs. kostnader för att driva och underhålla en biogasanläggning).

^d Exklusive röttningskostnader (dvs. kostnader för att driva och underhålla en biogasanläggning).

^e Källa: Agriwise (2010-2011).

12.2.4 Känslighetsanalyser

I tabellerna 24-27 anges känslighetsanalyser där vissa mer betydelsefulla produktionsfaktorer har förändrats. Förändringar av veteskörd, konstgödselbehov, markkostnader, dragkraft, el och värme, kemikaliebehov och totalt behov av transporter studeras vid utfodring av dranken till nötkreatur, grisar (lysin) och fjäderfän (metionin) samt som biogasråvara (80 % utvinningsgrad, röttningskostnader ingår). Både primärdrank (DDGS/DGS) och sekundärdrank (eDDGS/eDGS) har studerats.

Tabell 24. Förändring (%) av produktionskostnader för etanol (SEK/liter) då dranken används som foder till nötkreatur, då några viktiga produktionsfaktorer förändras i en känslighetsanalys

Spannmålens ursprung: Typ av drank/ Förändring	Litet jordbruk (75 ha)		Stort jordbruk (300 ha)		Inköpt (0,99 SEK/kg) ^a	
	DDGS	eDDGS	DDGS	eDDGS	DDGS	eDDGS
Basfall	0	0	0	0	0	0
Veteskörd +20 %	-16,42	-15,56	-16,66	-15,66	-4,88	-4,68
Veteskörd -20 %	+24,64	+23,34	+24,99	+23,49	+7,32	+7,02
Konstgödsel +20 %	+3,26	+3,05	+3,72	+3,45	0	0
Markkostnader +20 %	+2,11	+1,97	+2,42	+2,24	0	0
Dragkraft +20 %	+5,69	+5,33	+5,68	+5,27	0	0
El o värme +20 %	+2,86	+3,16	+3,27	+3,58	+4,90	+5,18
Kemikaliebehov +20 %	+0,13	+0,13	+0,15	+0,14	+0,22	+0,21
Transporter +20 %	+0,87	+0,82	+0,99	+0,92	+1,40	+1,25

^a Källa: Agriwise (2010-2011).

Tabell 25. Förändring (%) av produktionskostnader för etanol (SEK/liter) då dranken används som foder till grisar (lysin) då några viktiga produktionsfaktorer förändras i en känslighetsanalys

Spannmålens ursprung: Typ av drank/ Förändring	Litet jordbruk (75 ha)		Stort jordbruk (300 ha)		Inköpt (0,99 SEK/kg) ^a	
	DDGS	eDDGS	DDGS	eDDGS	DDGS	eDDGS
Basfall	0	0	0	0	0	0
Veteskörd +20 %	-14,22	-12,75	-14,15	-12,53	-3,86	-3,44
Veteskörd -20 %	+21,34	+19,12	+21,23	+18,79	+5,79	+5,15
Konstgödsel +20 %	+2,82	+2,50	+3,16	+2,76	0	0
Markkostnader +20 %	+1,83	+1,62	+2,05	+1,79	0	0
Dragkraft +20 %	+4,93	+4,36	+4,83	+4,21	0	0
El o värme +20 %	+2,47	+2,59	+2,78	+2,86	+3,87	+3,80
Kemikaliebehov +20 %	+0,11	+0,10	+0,13	+0,11	+0,18	+0,15
Transporter +20 %	+0,76	+0,67	+0,84	+0,74	+1,10	+0,92

^a Källa: Agriwise (2010-2011).

Tabell 26. Förändring (%) av produktionskostnader för etanol (SEK/liter) då dranken används som foder till fjäderfän (metionin) då några viktiga produktionsfaktorer förändras i en känslighetsanalys

Spannmålens ursprung: Typ av drank/ Förändring	Litet jordbruk (75 ha)		Stort jordbruk (300 ha)		Inköpt (0,99 SEK/kg) ^a	
	DDGS	eDDGS	DDGS	eDDGS	DDGS	eDDGS
Basfall	0	0	0	0	0	0
Veteskörd +20 %	-17,86	-15,60	-18,35	-15,71	-5,66	-4,70
Veteskörd -20 %	+26,79	+23,40	+27,52	+23,56	+8,49	+7,05
Konstgödsel +20 %	+3,54	+3,06	+4,10	+3,46	0	0
Markkostnader +20 %	+2,29	+1,98	+2,66	+2,25	0	0
Dragkraft +20 %	+6,19	+5,34	+6,26	+5,29	0	0
El o värme +20 %	+3,11	+3,17	+3,60	+3,59	+5,68	+5,20
Kemikaliebehov +20 %	+0,14	+0,13	+0,16	+0,14	+0,26	+0,21
Transporter +20 %	+0,95	+0,82	+1,09	+0,93	+1,62	+1,26

^a Källa: Agriwise (2010-2011).

Tabell 27. Förändring (%) av produktionskostnader för etanol (SEK/liter) då dranken används som biogasråvara (80 %) (inkl. rötningskostnader) då några viktiga produktionsfaktorer förändras i en känslighetsanalys

Spannmålens ursprung: Typ av drank/ Förändring	Litet jordbruk (75 ha)		Stort jordbruk (300 ha)		Inköpt (0,99 SEK/kg) ^a	
	DGS	eDGS	DGS	eDGS	DGS	eDGS
Basfall	0	0	0	0	0	0
Veteskörd +20 %	-13,04	-12,74	-12,84	-12,52	-3,37	-3,43
Veteskörd -20 %	+19,55	+19,11	+19,26	+18,78	+5,06	+5,15
Konstgödsel +20 %	+2,59	+2,50	+2,87	+2,76	0	0
Markkostnader +20 %	+1,67	+1,62	+1,86	+1,79	0	0
Dragkraft +20 %	+4,52	+4,36	+4,38	+4,21	0	0
El o värme +20 %	+1,18	+1,78	+1,31	+1,98	+1,77	+2,62
Kemikaliebehov +20 %	+0,10	+0,10	+0,11	+0,11	+0,15	+0,15
Transporter +20 %	+1,29	+1,11	+1,43	+1,23	+1,87	+1,57

^a Källa: Agriwise (2010-2011).

Med de olika sätten att allokera (med systemutvidgning efter drankens användning) blir resultaten olika, men förändringarna vid känslighetsanalyserna blir i samma storleksordning: tiotals procent; entals procent; tiondels procent eller hundradels procent. Små och särskilt då negativa tal ställer till det med konstiga värden då lönsamheten utvärderas i känslighetsanalyserna. Därför har vi i känslighetsanalyserna enbart valt att utvärdera produktionskostnadernas förändring procentuellt. Förändringar av veteskördens storlek har den utan jämförelse största inverkan på resultatet, följt av dragkraft, konstgödsel, el och värme och markkostnader (se tabellerna 24-27). Av dessa har konstgödsel, ganska ofta följt av markkostnader, störst inflytande för primärdrank (DDGS/DGS), medan el och värme vanligen har störst inflytande för sekundärdrank (eDDGS/eDGS) beroende på att mer el och värme går åt i den process som då tillkommer. I biogasfallet har dock för sekundärdrank (eDGS) konstgödseln större inflytande än el och värme, vilket kan förklaras av det mindre behovet av el och värme i det här fallet då dranken inte behöver torkas. Förändringar av transporter följt av kemikalier har minst inverkan på resultaten i nästan samtliga av de studerade fallen. Enda undantagen är för biogasfallet (se tabell 27) för primärdrank (DGS) där el och värme får mindre inverkan på resultaten än transporterna, beroende på att här behöver till skillnad från i övriga känslighetsanalyser inte dranken torkas (ger mindre behov av värme och el).

12.3 Slutsatser från de ekonomiska beräkningarna

Slutsatserna blir att produktionskostnaderna blir lägst och lönsamheten bäst om dranken (både DDGS och eDDGS) används som foder till nötkreatur och hästar och till fjäderfän om metionin är den dimensionerande aminosyran. Användning som foder till grisar och fjäderfän (lysin) samt som råvara till biogasprocesser där man ej behöver betala för rötningen intar ett mellanläge. Sämst blir lönsamheten för användning som biogas där man måste betala för rötningen, som gödselmedel och till förbränning. Produktion av sekundärdrank (eDDGS/eDGS) ger lägre produktionskostnader och bättre lönsamhet än primärdrank (DDGS/DGS) utom vid användning som foder till grisar och fjäderfän, beroende på att lysin och metionin bryts ner i processen för att öka etanolutbytet. Förändring av kostnaderna för olika produktionsfaktorer påverkar i de flesta fall inte vilken användning av dranken som blir lönsammast. Påverkan på ekonomin, vid förändring av el- och värmekostnader, blir större för sekundärdrank än för primärdrank, då ett el- och värmekrävande processteg tillkommer för sekundärdrank. Världsmarknadspriserna på korn och sojamjöl har en stor inverkan på drankens värde, liksom utbyte m.m. från biogasanläggningen. Priserna på skogsfليس och gödselmedel har något mindre inverkan på resultatet, då dessa produkter generellt (oftast) har ett lägre värde.

13 ENERGIBALANSER MED LCA (LIVSCYKELANALYS)

13.1 Förutsättningar energibalanser och LCA

Energiåtgången har i energibalanserna beräknats för hela kedjan från produktion av råvaran tills dess att det färdiga etanolbränslet är färdigt att tanka och dranken är transporterad till gården och då är färdig att utfodra. För beräkningarna av energibalanserna har data och beräkningsstruktur i huvudsak hämtats från rapporten: Life cycle assessment of rapeseed oil, rape methyl ester and ethanol as fuels, Rapport 2004:01 från Institutionen för biometri och teknik, av Sven Bernesson (Bernesson, 2004). Detaljerade data till beräkningarna finns i den ovan nämnda rapporten. Där de ekonomiska beräkningarna lett till att uppdateringar av indata måste göras har dessa gjorts, då ekonomi-, energibalans- och livscykelanalysberäkningarna är kopplade till varandra.

I tabell 28 anges de indata för etanolanläggningarna (normal (ger primärdrink) och vid utvinning av 13 % mer etanol även från cellulosan och hemicellulosan i höstvetet (ger sekundärdrink)) som använts vid beräkningen av kostnaderna för att producera etanolen, energibalanserna och miljöbelastningen i livscykelanalyserna. Förändringen i åtgången av varje resurs anges i procent då processen för utvinning av 13 % mer etanol tillkommer.

Tabell 28. Några indata till etanolanläggningarna, efter Bernesson (2004)

Produktionsfaktorer	Typ av anläggning		Förändring (%)
	Normal (50 000 ha) Process som ger primärdrank (DDGS/DGS)	+13 % etanol (50 000 ha) Process som ger sekundärdrank (eDDGS/eDGS)	
Etanol-utbyte (ton/ton vete)	0,296	0,335	+13,0
Drank-utbyte (torkad, DDGS) (ton/ton vete)	0,321	0,245	-23,5
Koldioxid-utbyte (ton/ton vete)	0,264	0,298	+13,0
Vattenbehov (ton/ton vete)	0,897	1,014	+13,0
Direkt behov av elektricitet:			
jäsning:			
vilket ger följande behov av el (MJ/ton etanol)	440,3	754,9	+71,5
ekvivalent med (MJ/ton vete)	130,4	223,6	+71,5
destillation:			
vilket ger följande behov av el (MJ/ton etanol)	263,2	451,3	+71,5
ekvivalent med (MJ/ton vete)	78,0	133,7	+71,5
torkning av drank:			
vilket ger följande behov av el (MJ/ton etanol)	733,8	561,5	-23,5
ekvivalent med (MJ/ton vete)	217,4	166,3	-23,5
totalt behov av elenergi (MJ/ton vete)	425,7	523,7	+23,0
Behov av ånga:			
jäsning:			
vilket ger följande behov av ånga (MJ/ton etanol)	770,4	1197,2	+55,4
ekvivalent med (MJ/ton vete)	228,2	354,6	+55,4
behov av ånga (26 bar från vatten, temp. 10°C) (ton/ton vete)	0,083	0,128	+55,4
destillation:			
vilket ger följande behov av ånga (MJ/ton etanol)	4525	7031	+55,4
ekvivalent med (MJ/ton vete)	1340	2083	+55,4
behov av ånga (26 bar från vatten, temp. 10°C) (ton/ton vete)	0,486	0,754	+55,4
torkning av drank:			
vilket ger följande behov av ånga (MJ/ton etanol)	5283	4043	-23,5
ekvivalent med (MJ/ton vete)	1565	1198	-23,5
behov av ånga (26 bar från vatten, temp. 10°C) (ton/ton vete)	0,567	0,434	-23,5
totalt behov av energi i form av värme (MJ/ton vete)	3134	3635	+16,0
verkningsgrad vid produktion av värme (%)	87,5	87,5	0,0
tillförsel av värme i form av träflis (MJ/ton vete)	3581	4154	+16,0
totalt behov av ånga (ton/ton vete)	1,135	1,317	+16,0
vatten + ånga (ton/ton vete)	2,032	2,330	+14,7

Miljöpåverkanskategorierna global uppvärmning (GWP), utsläpp av försurande ämnen (AP), utsläpp av gödande (eutrofierande) ämnen till luft och vatten (EP), utsläpp av fotokemiskt smogbildande ämnen (POCP) och insats av energi (redovisat både per MJ_{bränsle} och som insats för odling och processning av ett hektar höstvet). Som referenser redovisas i tabell 33: ingen

allokering överst, sedan allokering efter produkternas energiinnehåll (enligt effektiva värmevärdet) och efter deras ekonomiska värde (gällande år 2009). Därefter följer olika användningar av dranken för vilka allokeringarna har gjorts med systemexpansion där dranken ersätter andra produkter. Vid användning av dranken som foder ersätter denna sojamjöl och foderkorn samt eventuell transport av dessa till gården. Vid användning till förbränning ersätter dranken skogsflis till värmeverk. Vid användning av dranken som konstgödsel ersätter denna konstgödsel inkluderande produktion av konstgödselkväve, -fosfor och -kalium. Vid användning av dranken för produktion av biogas ersätter denna produktion av biogas från vallgröda. Som en jämförelse togs även ett biogasfall med där biogasen används som fordonbränsle, och i systemexpansionen ersätter dranken och den producerade biogasen då den används i fordon, produktion av och användning av bensin.

För att få en bättre känsla för hur generella resultaten är, togs för användningen av dranken som fodermedel, data för produktionen av sojamjöl från två olika författare (Flysjö m.fl., 2008 och Jungk m.fl., 2000). Till användningarna av dranken som foder, till förbränning och som gödselmedel, studerades både torr och blöt drank (till biogas studerades enbart blöt drank). Till grisar studerades för sekundärdrank (eDDGS/eDGS) både fall där lysinet ej brutits ner och där 50 % av lysinet brutits ner. Till fjäderfä studerades både fall med lysin (50 % har brutits ner i eDDGS/eDGS) och metionin (20 % har brutits ner i eDDGS/eDGS). Orsaken till detta var att vi ville kunna jämföra metionin i fodret direkt mot lysin i fodret, där alla andra skillnader mellan fjäderfäutfodring och grisutfodring skalats bort. Skillnader vars flesta orsaker vi inte har någon kontroll eller vetskap om. För biogas studerades både fall där 60 % och där 80 % av drankens råmaterial kunnat brytas ner och användas i biogasprocessen (se kapitel 9.3.1 Beräknade gasutbyten vid rötning av vetedrank, och tabell 12). På så sätt har en känslighetsanalys kunnat göras i grundanalysen, vilken ej ska förväxlas med den känslighetsanalys som gjorts på en del av de ingående parametrarna för produktionen av höstveteråvaran och produktionsprocessen för etanolen (se kapitel 13.4 Känslighetsanalyser LCA, och tabellerna 34-39).

13.2 Energiåtgång och energibalanser

Vid produktionen av etanol från höstvetete är odlingen av höstvetetet ett av de mest energikrävande processmomenten (se tabell 30). Vid odlingen är produktionen av konstgödsel det mest energikrävande momentet (se tabell 29) följt av torkningsvärme (om höstvetetet antas odlas i mellansverige) och dragkraft. Vid produktionen av etanol är värme för torkning av drank och destillation av etanol de största energiförbrukarna (se tabell 30). Även behovet av el är stort vid produktion av etanol. Då även höstvetetes cellulosa och hemicellulosa används i en extra-process för ökning av etanolproduktionen med 13 %, ökar behovet av värme för etanoldestillationen så mycket att det blir den klart största energiförbrukaren. Värmebehovet för dranktorkningen minskar då mängden sekundärdrank (eDDGS) minskar med 23,5 % (se tabell 30) jämfört med mängden primärdrank (DDGS).

Tabell 29. Energiåtgång vid odling av etanolvete, efter Bernesson (2004)

Produktionsfaktorer	Energiinsats, normal anläggning	
	(MJ/ha)	(%)
Utsäde	463	3,73
Tillverkning av gödselmedel	5 033	40,52
Tillverkning av bekämpningsmedel	180	1,45
Dragkraft	2 472	19,90
Värme för torkning av spannmål	2 487	20,03
El för torkning och rensning av spannmål	920	7,40
Energi ingående i maskiner (svensk el)	831	6,69
Transport av gödselmedel	16	0,13
Energi ingående i maskiner för transport av gödselmedel (svensk el)	18	0,15
Total energiåtgång	12 421	100

Tabell 30. Energibehov för delprocesser vid produktion av etanol

Produktionsfaktor	Energiinsats Process som ger primärdrank (DDGS)		Energiinsats, +13 % etanol ^a Process som ger sekundärdrank (eDDGS)		Förändring ^b (%)
	(MJ/ha)	(%)	(MJ/ha)	(%)	
Odling av höstvetec	12 421	30,19	12 421	27,06	0
Elbehov, etanoljäsning	1 573	3,82	2 698	5,88	+71,48
Värmebehov, ånga, etanoljäsning	1 600	3,89	2 487	5,42	+55,38
Elbehov, etanoldestillation	941	2,29	1 613	3,51	+71,48
Värmebehov, ånga, etanoldestillation	9 399	22,85	14 605	31,81	+55,38
Elbehov, torkning av drank	2 622	6,37	2 007	4,37	-23,48
Värmebehov, ånga, torkning av drank	10 975	26,67	8 398	18,29	-23,48
Produktion av maskiner, svensk el.	91	0,22	98	0,21	+7,50
Byggmaterial, svensk el.	27	0,07	29	0,06	+7,50
Behandling av avloppsvatten, svensk el.	405	0,99	458	1,00	+13,00
Produktion av kemikalier för etanolproduktion	121	0,29	131	0,29	+8,10
Transport av kemikalier för etanolproduktion	4,28	0,01	4,63	0,01	+8,10
Transport av kemikalier för etanolproduktion, maskiner, svensk el.	0,35	0,00	0,38	0,00	+8,10
Transport av vete till etanolanläggningen	558	1,36	558	1,22	0
Transport av vete till etanolanläggningen, maskiner, svensk el.	37	0,09	37	0,08	0
Transport av drank från etanolanläggningen	133	0,32	102	0,22	-23,48
Transport av drank från etanolanläggningen maskiner, svensk el.	7,13	0,02	5,45	0,01	-23,48
Transport av producerat etanolbränsle från anläggningen	209	0,51	236	0,51	+13,00
Transport av producerat etanolbränsle från anläggningen, maskiner, svensk el.	17	0,04	19	0,04	+13,00
Totalt; odling till användning	41 144	100,00	45 909	100,00	+11,58
Totalt; odling till användning (MJ/MJ _{etanol})	1,224		1,675		+36,82
Totalt; odling till användning (MJ/MJ _{DDGS} eller MJ/MJ _{eDDGS})	0,878		0,867		-1,25

^a Gäller process där även höstvetets cellulosa och hemicellulosa utnyttjas för att öka etanolproduktionen med 13 %.

^b Gäller förändring i procent av energiåtgången (som MJ), då en process där även höstvetets cellulosa och hemicellulosa utnyttjas för att öka etanolproduktionen med 13 % införs, i förhållande till basprocessen.

^c Gäller insats av energi vid odlingen av höstvetet, omhändertagande och transport av detta.

Då man känner mängden energi (här som det effektiva eller undre värmeverdet) i samtliga produkter som kommer ut från etanolproduktionen (här etanol och drank (DDGS/DGS eller eDDGS/eDGS)) och insatsen av processenergi kan energibalansen (utgående energi i produkter/processenergi) beräknas (se tabell 31). Som en jämförelse beräknas även energibalansen då dranken ej torkas, och energibalansen om energin som ingår i höstvetehalmen tas med i beräkningarna (se tabell 31). Observera att halmen och dess bärgning inte ingår i de följande livscykelanalyserna.

Vid livscykelanalyserna och dess systemexpansioner beroende på drankens användning, har inte energibalanserna beräknats, beroende på att dessa efter systemexpansionerna inte blir energibalanser enligt kvoten (summa utgående energi i produkter/summa processenergi) som vanligen är definitionen av energibalanser. Därför har istället processenergin (per hektar) efter allokering, beroende på drankens användning, angivits till höger om livscykelanalysdatat i livscykelanalystabellerna.

Energibalanserna blir 1,96 och 1,75 för produktion av etanol och primärdrank (DDGS) respektive etanol och sekundärdrank (eDDGS) (se tabell 31). Om dranken inte torkas förbättras

energibalanserna till 2,84 respektive 2,22. Om höstvetehalmen får ingå i energibalanserna förbättras dessa ytterligare. Det är naturligt att energibalansen blir lägre då sekundärdrank (eDDGS/eDGS) produceras i och med att en hel del extra energi åtgår då även en del av höstvetets cellulosa och hemicellulosa ska bli till etanol. Observera att i beräkningarna här har energiinnehållet i blöt drank satts lika med det i torr drank. Detta kan motiveras med att man vid eldning av blöt drank med hjälp av rökgaskondensering kan få ut ungefär lika mycket värme som vid eldning av torr drank. Dessutom, då dranken används som foder kan djuren utnyttja blöt drank lika bra som torr drank, detsamma gäller en biogasprocess och växternas utnyttjande av de växtnäringsämnen som ingår i dranken.

Tabell 31. Energiinsats, erhållen energi som etanol och drank (och halm), samt energibalanser vid produktion av etanol med olika processer

Process	Normal process ger primärdrank (DDGS/DGS)			Extra process +13 % etanol ger sekundärdrank (eDDGS/eDGS)		
	Mängd (kg/ha)	Värmevärde ^a (MJ/kg)	Energiinnehåll (MJ/ha)	Mängd (kg/ha)	Värmevärde ^a (MJ/kg)	Energiinnehåll (MJ/ha)
Energiinsats ^b			41 144			45 909
Etanol	1 748	26,81	46 854	1 975	26,81	52 945
Drank ^c	1 892	17,76	33 605	1 448	18,92	27 407
Summa	3 640		80 458	3 423		80 351
Energibalans ^d			1,96			1,75
Halm	3 540	14,51	51 361	3 540	14,51	51 361
Summa, inkl. halm	7 180		131 819	6 963		131 712
Energiinsats halmbärgning			714			714
Energibalans ^e			3,15			2,83
Om dranken ej torkas:						
Energiinsats som går bort ^f			-13 738			-10 513
Energi för tillkommande transport av blöt drank			968			741
Summa energiinsats, blöt drank ^g			28 374			36 137
Energibalans, blöt drank ^d			2,84			2,22
Summa energiinsats, blöt drank, inkl. halm ^h			29 088			36 851
Energibalans, blöt drank, halm ^e			4,53			3,57

^a Värmevärdet är det effektiva eller undre värmevärdet; källa: etanol, efter Aylward & Findlay (1994); primärdrank (DDGS) efter Belab (2002); sekundärdrank (eDDGS) beräknat efter Mörtstedt & Hellsten (1982) och Belab (2002); halm efter Kaltschmitt & Reinhardt (1997).

^b Gäller insats av energi vid odlingen av höstvetet, omhändertagande och transport av detta, samt energiinsats vid produktionen av etanol.

^c Gäller primärdrank typ DDGS med 9 % vatten och sekundärdrank typ eDDGS med ca 10 % vatten.

^d Energibalansen är beräknad som summa energiinnehåll i etanol och drank (DDGS eller eDDGS) / energiinsats.

^e Energibalansen är beräknad som summa energiinnehåll i etanol, drank (DDGS eller eDDGS) och halm / energiinsats vid odling av höstvetet m.m. och produktionen av etanol plus energiinsatsen vid bärgning av höstvetehalmen med småskalig teknik (Bernesson, 2004).

^f Inkluderar värme och el för torkning av drank samt transport av torr drank.

^g Summa enligt följande: energiinsats etanolproduktion – värme och el m.m. för torkning av drank – transport av torr drank + transport av blöt drank.

^h Summa enligt följande: summa energiinsats blöt drank + energiinsats vid bärgning av halm enligt tabellen.

I tabell 32 redovisas känslighetsanalyser gjorda på energibalanserna. Den produktionsfaktor som har störst inverkan på dessa är el och värme följt av skördenivån för höstvetet. Konstgödsel och dragkraft har en liten inverkan på energibalanserna medan övriga produktionsfaktorer har en försumbar inverkan. Jämför med att i känslighetsanalyserna av livscykelanalyserna (tabellerna 34-39) där, för miljöpåverkanskategorin energi, el och värme följt av skördenivån för höstvetet även där har haft störst inverkan på resultaten.

Tabell 32. Känslighetsanalyser av energibalanser av produktion av etanol med biprodukter

Typ av process etanolproduktion	Etanol, normal process, primär drank (DDGS/DGS)				Etanol (+13 %), sekundär drank (eDDGS/eDGS)			
	Torr drank		Blöt drank		Torr drank		Blöt drank	
	Exkl. halm	Inkl. halm	Exkl. halm	Inkl. halm	Exkl. halm	Inkl. halm	Exkl. halm	Inkl. halm
Exklusive eller inklusive halm/känslighetsanalyser								
Basalternativ	1,96	3,15	2,84	4,53	1,75	2,83	2,22	3,57
Skörd av höstvete +20 %	2,03	3,27	3,00	4,79	1,81	2,92	2,32	3,73
Skörd av höstvete -20 %	1,85	2,98	2,62	4,19	1,66	2,69	2,09	3,36
Konstgödselmedel, insats +20 %	1,91	3,07	2,73	4,37	1,71	2,76	2,16	3,47
Dragkraft +20 %	1,93	3,11	2,78	4,45	1,73	2,79	2,19	3,52
El och värme +20 %	1,73	2,79	2,59	4,15	1,54	2,49	1,99	3,20
Emissioner, kemikalier och enzymer +20 %	1,95	3,15	2,83	4,53	1,75	2,82	2,22	3,57
Alla transporter +20 %	1,95	3,13	2,80	4,48	1,74	2,81	2,20	3,54

13.3 Resultat LCA

I tabell 33, nedan, visas resultaten av LCA:n. Resultaten redovisas för produktion av etanol (absolut, 100 %) för flera olika användningar av primärdranken (DDGS/DGS), samt av sekundärdrank (eDDGS/eDGS) där 13 % mer etanol utvunnits ur spannmålen med en extra process där etanol även utvunnits från en del av den i spannmålen ingående cellulosa och hemicellulosa. Som referenser är ingen allokering, fysisk allokering efter produkternas energiinnehåll (effektiva värmevärde) och ekonomisk allokering efter produkternas ekonomiska värde 2009 inlagt överst i tabell 33.

Tabell 33. Livscykelanalys av produktion av etanol med systemutvidgning för olika användningar av dranken med olika antaganden. Miljöpåverkan mäts i g/MJ_{etanol} eller i MJ/MJ_{etanol}

Typ av process etanolproduktion Miljöpåverkanskategori/ allokering (användning)	Etanol/DDGS eller Etanol/DGS						Etanol (+13 %)/eDDGS eller Etanol (+13 %)/eDGS					
	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^j	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^j
Ingen allokering	45,5	0,201	0,236	0,0072	0,878	41144	40,7	0,186	0,210	0,0068	0,867	45909
Allokering enl. energi innehåll (effektiva värmevärdet)	26,2	0,112	0,136	0,0039	0,435	20373	26,7	0,121	0,138	0,0044	0,547	28942
Ekonomisk allokering	35,3	0,144	0,185	0,0050	0,512	23988	34,1	0,147	0,177	0,0052	0,616	32613
Nötkreatur (Flysjö) ^a	22,0	0,032	0,086	-	0,561	26275	21,6	0,032	0,098	-	0,580	30731
Nötkreatur (Jungk) ^b	32,1	0,079	0,042	0,0043	0,704	32968	31,7	0,079	0,055	0,0044	0,725	38386
Nötkreatur (Flysjö) blöt ^{ac}	21,8	0,015	0,083	-	0,288	13505	21,5	0,020	0,097	-	0,396	20959
Nötkreatur (Jungk) blöt ^{bc}	31,9	0,061	0,039	0,0034	0,431	20198	31,6	0,067	0,053	0,0038	0,540	28614
Gris (Flysjö) ^{ad}	32,0	0,122	0,137	-	0,727	34047	31,0	0,119	0,146	-	0,741	39225
Gris (Jungk) ^{bd}	35,6	0,138	0,122	0,0055	0,778	36436	34,9	0,136	0,130	0,0056	0,795	42107
Gris (Flysjö) lysin ^{ae}	-	-	-	-	-	-	33,9	0,149	0,158	-	0,797	42208
Gris (Jungk) lysin ^{be}	-	-	-	-	-	-	35,2	0,155	0,152	0,0059	0,816	43221
Gris (Flysjö) blöt ^{acd}	31,8	0,104	0,134	-	0,454	21277	30,9	0,107	0,144	-	0,556	29453
Gris (Jungk) blöt ^{bcd}	35,4	0,121	0,119	0,0046	0,505	23666	34,7	0,124	0,128	0,0049	0,611	32335
Gris (Flysjö) lysin blöt ^{ace}	-	-	-	-	-	-	33,8	0,137	0,156	-	0,613	32436
Gris (Jungk) lysin blöt ^{bce}	-	-	-	-	-	-	35,1	0,144	0,150	0,0053	0,632	33449
Fjäderfä (Flysjö) lysin ^{ae}	31,2	0,121	0,129	-	0,724	33918	33,5	0,149	0,153	-	0,796	42136
Fjäderfä (Jungk) lysin ^{be}	34,5	0,136	0,114	0,0054	0,772	36152	34,7	0,154	0,148	0,0058	0,813	43062
Fjäderfä (Flysjö) metionin ^{af}	20,2	0,011	0,080	-	0,521	24417	23,2	0,046	0,107	-	0,606	32100
Fjäderfä (Jungk) metionin ^{bf}	32,1	0,065	0,028	0,0041	0,690	32331	32,4	0,088	0,068	0,0046	0,737	39025
Häst (Flysjö) ^a	21,0	0,024	0,080	-	0,546	25559	20,4	0,021	0,092	-	0,561	29687
Häst (Jungk) ^b	31,6	0,073	0,034	0,0042	0,696	32622	31,3	0,072	0,045	0,0043	0,716	37925
Förbränning skogsflis	42,9	0,225	0,241	0,0055	0,844	39530	38,8	0,203	0,213	0,0055	0,842	44576
Förbränning skogsflis blöt ^c	42,7	0,206	0,237	0,0046	0,570	26699	43,7	0,214	0,239	0,0055	0,742	34755
Gödselmedel	34,2	0,161	0,233	0,0062	0,813	38069	30,7	0,150	0,208	0,0058	0,809	42834
Gödselmedel blöt ^c	34,2	0,145	0,231	0,0053	0,543	25433	34,7	0,157	0,232	0,0059	0,708	33152
Biogas (80 %) stor ^{ec}	32,8	0,118	0,210	0,0042	0,470	22043	29,7	0,120	0,191	0,0045	0,575	30433
Biogas (80 %) liten ^{hc}	33,4	0,118	0,209	0,0040	0,431	20206	30,1	0,120	0,191	0,0044	0,548	28993
Biogas (80 %) bensin ^{ic}	1,5	0,129	0,230	-0,0053	0,150	7009	7,9	0,127	0,205	-0,0021	0,352	18639
Biogas (60 %) stor ^{ec}	33,8	0,127	0,215	0,0046	0,508	23820	30,4	0,127	0,195	0,0047	0,601	31827
Biogas (60 %) liten ^{hc}	34,3	0,127	0,215	0,0044	0,479	22442	30,7	0,126	0,195	0,0046	0,581	30747
Biogas (60 %) bensin ^{ic}	10,3	0,135	0,231	-0,0026	0,268	12544	14,1	0,132	0,206	-0,0002	0,434	22982

^a Systemutvidgning sojamjöl från Flysjö m.fl. (2008), samt korn (egen beräkning).

^b Systemutvidgning sojamjöl från Jungk m.fl. (2000), samt korn (egen beräkning).

^c Blöt drank (DGS eller eDGS).

^d Vid extra process för 13 % högre etanolutbyte antas mängden lysin i sekundärdrank (eDDGS/eDGS) ej påverkat.

^e Vid extra process för 13 % högre etanolutbyte antas mängden lysin i sekundärdrank (eDDGS/eDGS) minskat med 50 %.

^f Vid extra process för 13 % högre etanolutbyte antas mängden metionin i sekundärdrank (eDDGS) minskat med 20 %.

^g Biogas som ersätter biogas producerad från vall i en stor anläggning.

^h Biogas som ersätter biogas producerad från vall i en liten anläggning.

ⁱ Biogas som ersätter bensin till fordonsbränsle.

^j Energiinsats efter allokering eller systemutvidgning mätt som MJ/ha (1 ha åkermark med etanolhöstvete).

För biogas är två alternativ där den producerade biogasen ersätter bensen i lätta fordon inlagt i tabell 33, ovan. Då bensen är ett fossilt bränsle, och i alla andra fall jordbruks- eller skogsbruksgrödor ersätts, blir den globala uppvärmningen (GWP) i dessa fall mycket lägre än i alla andra fall. Även andra miljöpåverkanskategorier påverkas, t.ex. blir energiåtgången och POCP lägre än i alla övriga alternativ. Då biogasen ersätter den fossila bensen direkt, gör detta att skillnaderna mellan biogasutvinningsgraderna på 60 och 80 % blir större än i något annat fall (se tabell 33: GWP och energi) till den högre utvinningsgradens fördel. Detta gäller båda de studerade dranktyperna (DGS och eDGS). Dessutom blir skillnaderna mellan de båda studerade dranktyperna större än i något annat fall av samma orsak till primärdrankens (DGS) fördel (här finns ju mer cellulosa och hemicellulosa kvar att röta). Detta visar även att det då ett fossilt bränsle ska ersättas direkt kan vara fördelaktigare, vad gäller växthusgaser, att ersätta detta med biogas istället för med etanol. Vissa mindre skillnader i beräkningssätt och systemgränser, då biogasen ersätter bensen, finns mot de övriga fallen. Dessutom har ej beräkningarna gjorts på detta sätt för den cellulosa och hemicellulosa som blir till etanol i fallet med extraprocess för produktion av 13 % mer etanol (sekundärdrank typ eDGS). Därför redovisas härefter och jämförs mot varandra de fall där dranken ersätter jordbruks- och skogsbruksprodukter, då syftet med den här studien i första hand är att studera miljöeffekter då dranken ersätter sådana produkter vid produktion av etanol och drank. Nedan följer en sammanfattning av resultaten i de olika miljöpåverkanskategorierna för drank som ersätter jordbruks- och skogsbruksprodukter, som rangordnats från lägre till högre påverkan för primärdrank (DDGS/DGS) och sekundärdrank (eDDGS/eDGS) (se även tabell 33) (Observera att i ordningsföljderna nedan gäller följande: då dranken används som foder, är de värden som ordningsföljderna baseras på, beräknade som genomsnittet av värdena från källorna Flysjö m.fl. (2008) och Jungk m.fl. (2000); drank som foder till samtliga djurslag har antagits vara torkad; drank till förbränning, gödselmedel och biogas har antagits vara blöt; för biogas, är de värden som ordningsföljderna baseras på, beräknade som genomsnittet av värdena från en liten och en stor anläggning.):

För primärdrank av typ (DDGS/DGS):

- * GWP: 1) fjäderfä (metionin), 2-3) hästar och nötkreatur, 4-5) fjäderfä och grisar (lysin), 6) biogas (80 % och 60 %) (ersätter vall), 7) gödselmedel, och 8) förbränning, skogsflis.
- * AP: 1) fjäderfä (metionin), 2-3) hästar och nötkreatur, 4) biogas (80 % och 60 %) (ersätter vall), 5-6) fjäderfä och grisar (lysin), 7) gödselmedel, och 8) förbränning, skogsflis.
- * EP: 1) fjäderfä (metionin), 2-3) hästar och nötkreatur, 4-5) fjäderfä och grisar (lysin), 6) biogas (80 % och 60 %) (ersätter vall), 7) gödselmedel, och 8) förbränning, skogsflis.
- * POCP: 1) fjäderfä (metionin), 2-3) hästar och nötkreatur, 4-5) fjäderfä och grisar (lysin), 6) biogas (80 % och 60 %) (ersätter vall), 7) förbränning, skogsflis, och 8) gödselmedel.
- * Energi: 1) biogas (80 % och 60 %) (ersätter vall), 2) gödselmedel, 3) förbränning, skogsflis, 4) fjäderfä (metionin), 5-6) hästar och nötkreatur, och 7-8) fjäderfä och grisar (lysin).

För sekundärdrank av typ (eDDGS/eDGS):

- * GWP: 1-2) hästar och nötkreatur, 3) fjäderfä (metionin), 4) biogas (80 % och 60 %) (ersätter vall), 5-6) grisar och fjäderfä (lysin), 7) gödselmedel, och 8) förbränning, skogsflis.
- * AP: 1-2) hästar och nötkreatur, 3) fjäderfä (metionin), 4) biogas (80 % och 60 %) (ersätter vall), 5-6) grisar och fjäderfä (lysin), 7) gödselmedel, och 8) förbränning, skogsflis.
- * EP: 1-2) hästar och nötkreatur, 3) fjäderfä (metionin), 4-5) grisar och fjäderfä (lysin), 6) biogas (80 % och 60 %) (ersätter vall), 7) gödselmedel, och 8) förbränning, skogsflis.
- * POCP: 1-2) hästar och nötkreatur, 3) fjäderfä (metionin), 4-5) grisar och fjäderfä (lysin), 6) biogas (80 % och 60 %) (ersätter vall), 7) förbränning, skogsflis, och 8) gödselmedel.

* Energi: 1) biogas (80 % och 60 %) (ersätter vall), 2-3) hästar och nötkreatur, 4) fjäderfä (metionin), 5) gödselmedel, 6) förbränning, skogsflis, och 7-8) grisar och fjäderfä (lysin).

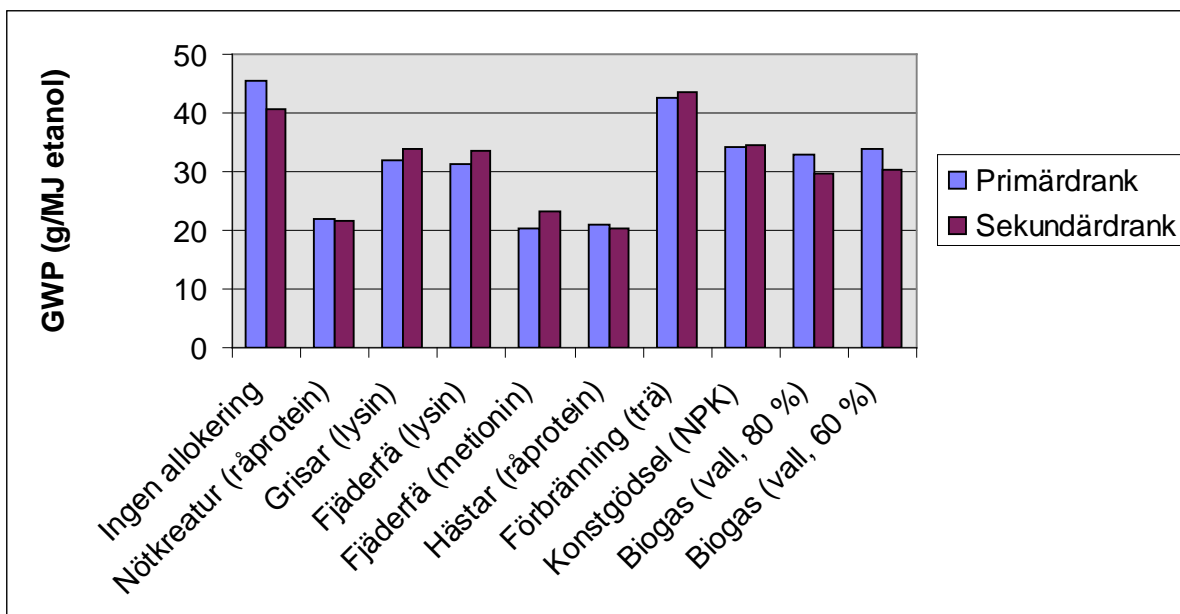
Skillnaderna är i vissa fall små mellan de olika användningsområdena för dranken och ibland sker en överlappning (värdena för två eller flera drankanvändningar ligger inom samma intervall för någon av miljöpåverkanskategorierna), t.ex. primärdrank (DDGS/DGS): GWP för biogas (intervall: värden från en liten och en stor anläggning) och fjäderfä och grisar (lysin) (intervall: värden från två olika författare) (se tabell 33). Detta är en orsak till att det kan finnas små skillnader mellan den punktvis för varje miljöpåverkanskategori uppräknade ordningen mellan olika användningar av dranken och den som redovisas i figur 10-11, där resultaten för varje stapel hänförs till endast en källa. I figur 10 redovisas utsläpp av växthusgaser och i figur 11 redovisas energibehovet vid allokering med systemexpansion för olika användning av dranken. Resultaten stämmer i stort sätt med vad som anges ovan.

Grisar och fjäderfä (lysin) är sämre för sekundärdrank (eDDGS/eDGS) än för primärdrank (DDGS/DGS) (samtliga miljöpåverkanskategorier) beroende på att 50 % av lysinet förstörs i processen för att utvinna 13 % mer etanol även ur cellulosan och hemicellulosan. Detsamma gäller även för fjäderfä (metionin) men här blir genomslaget mindre då endast 20 % av metioninet förstörs i processen (se tabell 33 och figurerna 10-11). I jämförelsen ovan märks det mest i energiåtgången, men detta visar sig inte i ordningsföljderna ovan, då grisar och fjäderfän redan ligger sist för primärdrank (DDGS/DGS) (se tabell 33 och figur 11).

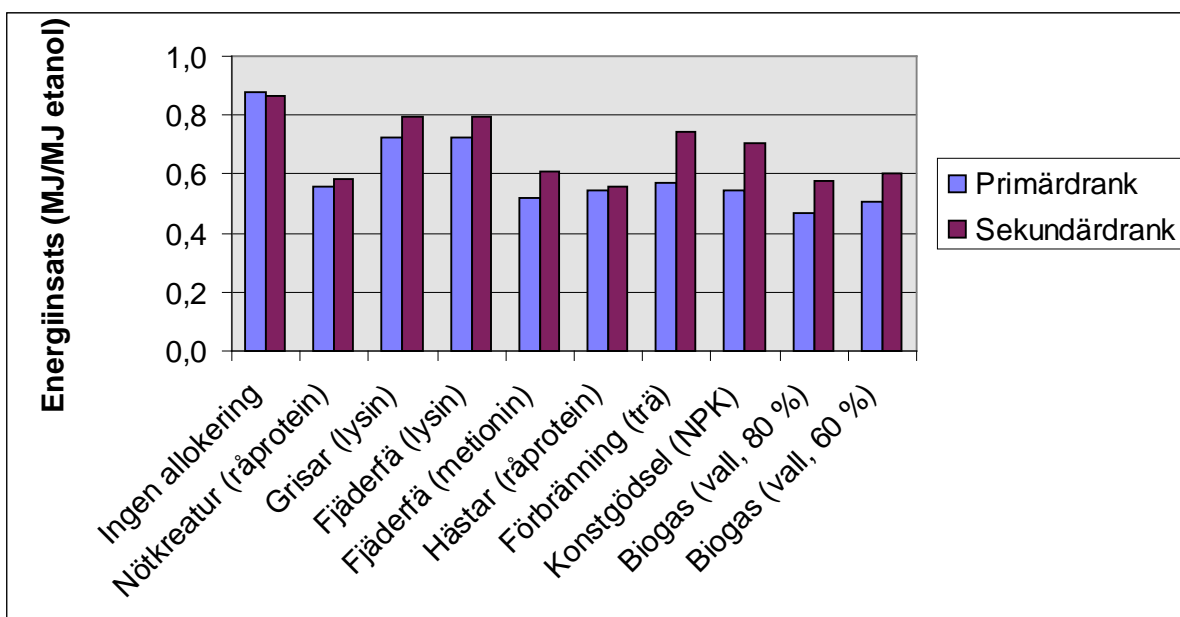
Små skillnader gör att ordningsföljden mellan fjäderfä (lysin) och grisar (lysin) kastas om vid övergång från primärdrank (DDGS) till sekundärdrank (eDDGS) (se tabell 33) (samtliga miljöpåverkanskategorier). För primärdrank (DDGS) är fjäderfä bäst medan för sekundärdrank (eDDGS) är grisar bäst. Skillnaderna är dock mycket små.

För primärdrank (DDGS) blir fjäderfä (metionin) i de flesta fall bäst och något bättre än för hästar och nötkreatur, detta gäller för GWP, AP, EP och POCP (se tabell 33). För sekundärdrank (eDDGS) blir istället hästar och nötkreatur bäst, även detta gäller för GWP, AP, EP och POCP. Gödselmedel och förbränning, skogsflis blir sämst både för primärdrank (DDGS) och sekundärdrank (eDDGS) för de fyra ovan nämnda miljöpåverkanskategorierna. För miljöpåverkanskategorin energi hamnar emellertid fjäderfän och grisar (lysin) sämst till för både primärdrank (DDGS) och sekundärdrank (eDDGS). För denna miljöpåverkanskategori hamnar biogasen bäst till för både primärdrank (DDGS) och sekundärdrank (eDDGS). För miljöpåverkanskategorin energi hamnar fallen med utfodring vanligen sämre till än i de andra miljöpåverkanskategorierna. Främst biogas, men även gödselmedel och förbränning hamnar bättre till.

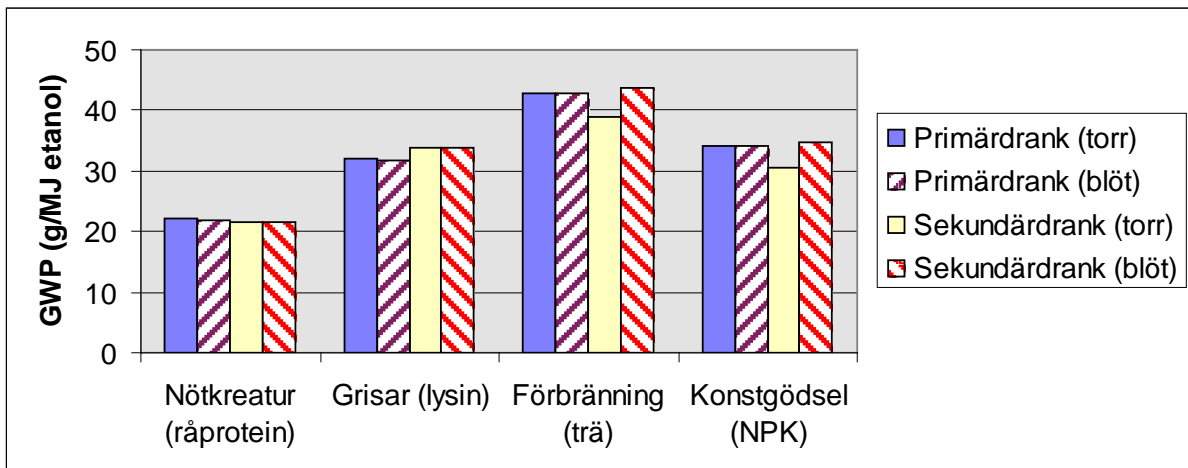
Vid en jämförelse mellan primär- (DDGS/DGS) och sekundärdrank (eDDGS/eDGS) vad gäller miljöpåverkan av växthusgaser ser man att skillnaderna är små (se tabell 33). Då dranken används som foder till nötkreatur och hästar, samt som biogasråvara blir påverkan något större för primärdrank, och i alla övriga fall störst för sekundärdrank (se figur 10). I samtliga fall blir energiåtgången störst för sekundärdranken, vilket inte är oväntat då denna kräver en extra energikrävande process vid produktionen (se figur 11). För övriga miljöpåverkanskategorier är förhållandena mer komplicerade om primärdrank (DDGS/DGS) eller sekundärdrank (eDDGS/eDGS) ska ge lägst påverkan (se tabell 33).



Figur 10. Emissioner av växthusgaser (GWP) vid LCA av etanolproduktion med olika användning av dranken (primärdrank (DDGS/DGS) och sekundärdrank (eDDGS/eDGS)) för några viktiga fall från tabell 33. Sojamjölet för beräkning av fodrets miljöpåverkan är hämtat från Flysjö m.fl. (2008). Drank som foder till samtliga djurslag är torkad. Drank till förbränning, gödselmedel och biogas är blöt. Biogasen är producerad i en stor anläggning.

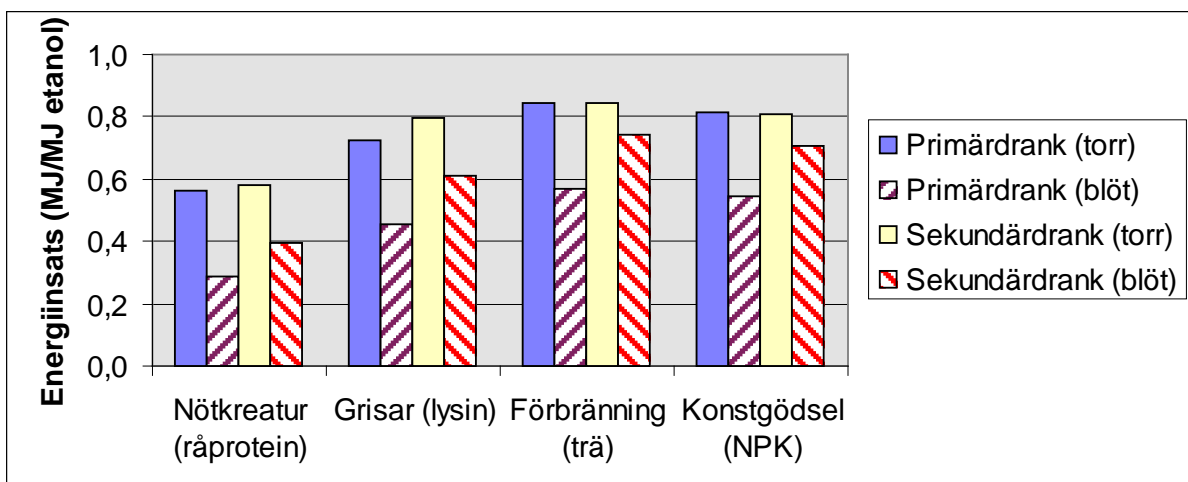


Figur 11. Energiinsats vid LCA av etanolproduktion med olika användning av dranken (primärdrank (DDGS/DGS) och sekundärdrank (eDDGS/eDGS)) för några viktiga fall från tabell 33. Sojamjölet för beräkning av fodrets miljöpåverkan är hämtat från Flysjö m.fl. (2008). Drank som foder till samtliga djurslag är torkad. Drank till förbränning, gödselmedel och biogas är blöt. Biogasen är producerad i en stor anläggning.



Figur 12. Emissioner av växthusgaser (GWP) vid LCA av etanolproduktion med olika användning av dranken (primärdrank (DDGS/DGS) och sekundärdrank (eDDGS/eDGS)) där torkad drank (DDGS/eDDGS) jämförs med blöt drank (DGS/eDGS). Sojamjöllet för beräkning av fodrets miljöpåverkan är hämtat från Flysjö m.fl. (2008).

I de flesta fallen har det nästan inte blivit någon skillnad i emissionerna av växthusgaser om dranken torkats eller inte torkats (se figur 12). Orsaken till detta är att emissionerna av växthusgaser blivit lika stora vid torkningen som vid den extra transportinsatsen för tyngre blöt drank. Torkningen antas kunna ske med förnybar energi men det gör inte transporten.



Figur 13. Energiinsats vid LCA av etanolproduktion med olika användning av dranken (primärdrank (DDGS/DGS) och sekundärdrank (eDDGS/eDGS)) där torkad drank (DDGS/eDDGS) jämförs med blöt drank (DGS/eDGS). Sojamjöllet för beräkning av fodrets miljöpåverkan är hämtat från Flysjö m.fl. (2008).

Energiinsatsen har blivit lägre för blöt drank i jämförelse med torr drank (se figur 13) beroende på att energiinsatsen för transporten av den blöta (tunga) dranken (110 km) är lägre än energiinsatsen för att torka den blöta dranken.

Emissionerna av försurande ämnen (AP) och fotokemiskt smogbildande ämnen (POCP) minskar om dranken inte torkas (se tabell 33), medan emissionerna av gödande ämnen (EP) endast påverkas i ringa grad. Orsaken till detta är att emissionerna av försurande ämnen (AP) och fotokemiskt smogbildande ämnen (POCP) är förhållandevis små vid transport av blöt drank 110 km jämfört med vid torkning av dranken.

Vid en jämförelse av författarna (Flysjö m.fl., 2008 och Jungk m.fl., 2000) ser man att GWP, AP och behovet av energi blir betydligt lägre för Flysjö m.fl. (2008), medan EP är lägre för Jungk m.fl. (2000) (se tabell 33). Skillnaderna är störst för GWP. POCP ingår ej i Flysjö m.fl.:s studie. Orsaken är att i Flysjö m.fl.:s (2008) studie har emissionerna av GWP, AP samt behovet av energi för produktionen av sojamjöl bedömts vara högre än i Jungk m.fl.:s (2000) studie, vilket medför att mer av dessa miljöpåverkanskategorier kunnat ersättas i systemexpansionen, och därmed blir påverkan från dessa miljöpåverkanskategorier vid produktionen av etanol lägre. Påpekas bör här att Flysjö m.fl.:s (2008) studie är nyare än Jungk m.fl.:s (2000) studie, vilket kan vara en indikation på att dessa värden kan vara mer korrekta. Skillnaderna är störst för GWP vid utfodring av nötkreatur och hästar, samt vid utfodring av fjäderfän (metionin), alltså de användningar som redan befunnits ge lägst miljöpåverkan för etanolen.

Vid jämförelse av användning av sekundärdranken (eDDGS/eDGS) som foder till grisar, där antingen mängden lysin i fodret ej påverkats av extra processen eller där mängden lysin i sekundärdranken (eDDGS/eDGS) minskat med 50 % i extra processen för att utvinna 13 % mer etanol, ser man att samtliga miljöpåverkanskategorier i samtliga fall (både Flysjö m.fl., 2008 och Jungk m.fl., 2000) blir högre då 50 % av lysinet brutits ner i processen (se tabell 33). Detta beroende på att det går åt mer drank för att ersätta det sojamjöl som tidigare ingått i fodret i dessa fall.

Vid jämförelse av användning av dranken (DDGS/DGS och eDDGS/eDGS) som foder till fjäderfä, där man antingen räknat på lysin eller metionin i fodret (i extra processen som ger 13 % mer etanol har 50 % av lysinet, respektive 20 % av metioninet antagits brutits ner), ser man att samtliga miljöpåverkanskategorier i samtliga fall (både Flysjö m.fl., 2008 och Jungk m.fl., 2000) blir högre då man räknar på lysin (se tabell 33 men även figur 10 och 11). Detta beroende på att det går åt mer drank för att ersätta det sojamjöl som tidigare ingått i fodret i dessa fall, beroende på att dranken innehåller mindre lysin än metionin i förhållande till sojamjöl (se tabell 3).

Vid en jämförelse mellan produktion av biogas med 60 eller 80 %:s utbyte, så blir påverkan lägst vid det högre utbytet för samtliga miljöpåverkanskategorier, då vall för produktion av biogas ska ersättas (se tabell 33). Mer gas är en fördel, men vid det lägre gasutbytet kan förhållandevis mer konstgödsel ersättas, vilket verkar i motsatt riktning och kan göra resultaten svårare att utvärdera. GWP blir något lägre och energibehovet något större, om biogasen från dranken ska ersätta en vallgröda som ger biogas i en stor biogasanläggning, jämfört med om den ersätter en vallgröda som ger biogas i en liten biogasanläggning. Orsakerna till detta är att den stora anläggningen är effektivare än den lilla men medför ett större behov av transporter.

En fråga som kan uppkomma är vad som händer om systemgränserna ändras så att användningen av etanolen och därmed etanolens ersättande av bensin skulle ingå i systemet. Det blir faktiskt inga skillnader om miljöpåverkan mäts per MJ bränsle (etanol), då både i fallet med vanlig process (ger DDGS/DGS) och i fallet med en extra process för utvinning av 13 % mer etanol från en del av spannmålets cellulosa och hemicellulosa (ger eDDGS/eDGS), ersätts 85,8 g CO₂-ekv./MJ_{etanol}. Liknande förhållanden gäller för de andra miljöpåverkanskategorierna. Mäts däremot skillnaden per hektar så ersätts 4 020 kg CO₂-ekv. med den vanliga processen och 4 542 kg CO₂-ekv. med processen som ger 13 % mer etanol.

13.4 Känslighetsanalyser LCA

I känslighetsanalyserna (tabellerna 34-39) har förändringar av en del av de ingående parametrarna för produktionen av höstveteråvaran och produktionsprocessen för etanolen gjorts. Ta-

bellerna med de fullständiga resultaten finns i bilaga 10, tabellerna B10:1-8, samt som sammanställningar i tabellerna B10:9-14. I tabellerna 34-39 redovisas förändringarna av resultaten procentuellt i förhållande till basalternativet för de studerade produktionsfaktorena.

Tabell 34. Livscykelanalys av produktion av etanol med allokering efter produkternas energiinnehåll (effektiva värmevärdet). Procentuell inverkan av känslighetsanalyser. Miljöpåverkan mäts som förändring från basalternativ i % av g/MJ_{etanol} eller MJ/MJ_{etanol}

Typ av process etanolproduktion Miljöpåverkanskategori/ känslighetsanalyser	Etanol/DDGS eller Etanol/DGS						Etanol (+13 %)/eDDGS eller Etanol (+13 %)/eDGS					
	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^a	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^a
Basalternativ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Skörd av höstvetete +20 %	-14,2	-12,2	-16,5	-8,8	-4,4	+14,7	-13,9	-11,2	-16,3	-7,9	-3,5	+15,8
Skörd av höstvetete -20 %	+21,7	+18,5	+25,2	+13,4	+6,7	-14,6	+21,3	+17,1	+24,9	+12,0	+5,4	-15,7
Konstgödselmedel, insats +20 %	+14,7	+10,6	+1,2	+6,1	+3,0	+3,0	+14,4	+9,8	+1,2	+5,5	+2,4	+2,4
Markemissioner +20 %	+5,5	+6,3	+18,5	0	0	0	+5,4	+5,8	+18,3	0	0	0
Dragkraft +20 %	+1,78	+3,52	+0,52	+4,08	+1,48	+1,48	+1,74	+3,25	+0,51	+3,65	+1,18	+1,18
El och värme +20 %	+0,93	+4,3	+0,59	+5,9	+12,0	+12,0	+1,30	+5,5	+0,81	+7,4	+13,6	+13,6
Emissioner, kemikalier och enzymer +20 %	+0,074	+0,121	+0,007	+0,018	+0,072	+0,072	+0,079	+0,121	+0,007	+0,017	+0,062	+0,062
Alla transporter +20 %	+0,649	+1,035	+0,150	+1,212	+0,585	+0,585	+0,636	+0,954	+0,149	+1,084	+0,466	+0,466

^a Energiinsats efter allokering eller systemutvidgning mätt som MJ/ha (1 ha åkermark med etanolhöstvetete).

Tabell 35. Livscykelanalys av produktion av etanol med systemutvidgning utfodring av nötkreatur där dranken (torr) ersätter sojamjöl (Flysjö m.fl., 2008) samt korn (egen beräkning). Procentuell inverkan av känslighetsanalyser. Miljöpåverkan mäts som förändring från basalternativ i % av g/MJ_{etanol} eller MJ/MJ_{etanol}

Typ av process etanolproduktion Miljöpåverkanskategori/ känslighetsanalyser	Etanol/DDGS eller Etanol/DGS						Etanol (+13 %)/eDDGS eller Etanol (+13 %)/eDGS					
	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^a	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^a
Basalternativ	0	0	0	-	0	0	0	0	0	-	0	0
Skörd av höstvetete +20 %	-29,0	-71,7	-45,2	-	-5,9	+13,0	-26,2	-64,5	-34,8	-	-5,0	+14,0
Skörd av höstvetete -20 %	+44,2	+109,4	+68,9	-	+8,9	-12,8	+40,0	+98,4	+53,0	-	+7,7	-13,9
Konstgödselmedel, insats +20 %	+26,2	+54,7	+2,9	-	+3,5	+3,5	+26,2	+54,7	+2,4	-	+3,3	+3,3
Markemissioner +20 %	+11,2	+37,4	+50,5	-	0	0	+10,1	+33,7	+38,9	-	0	0
Dragkraft +20 %	+2,96	+16,94	+1,15	-	+1,60	+1,60	+3,13	+17,84	+1,04	-	+1,61	+1,61
El och värme +20 %	+2,45	+31,4	+1,99	-	+20,6	+20,6	+2,60	+32,8	+1,78	-	+20,7	+20,7
Emissioner, kemikalier och enzymer +20 %	+0,151	+0,714	+0,018	-	+0,096	+0,096	+0,148	+0,695	+0,015	-	+0,088	+0,088
Alla transporter +20 %	+1,300	+6,015	+0,405	-	+0,763	+0,763	+1,169	+5,384	+0,310	-	+0,650	+0,650

^a Energiinsats efter allokering eller systemutvidgning mätt som MJ/ha (1 ha åkermark med etanolhöstvetete).

Tabell 36. Livscykelanalys av produktion av etanol med systemutvidgning utfodring av nötkreatur där dranken (torr) ersätter sojamjöl (Jungk m.fl., 2000) samt korn (egen beräkning). Procentuell inverkan av känslighetsanalyser. Miljöpåverkan mäts som förändring från basalternativ i % av g/MJ_{etanol} eller MJ/MJ_{etanol}

Typ av process etanolproduktion Miljöpåverkanskategori/ känslighetsanalyser	Etanol/DDGS eller Etanol/DGS						Etanol (+13 %)/eDDGS eller Etanol (+13 %)/eDGS					
	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^a	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^a
Basalternativ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Skörd av höstvetete +20 %	-19,9	-29,6	-91,5	-13,6	-4,7	+14,4	-17,8	-26,2	-62,7	-11,9	-4,0	+15,2
Skörd av höstvetete -20 %	+30,4	+45,1	+139,5	+20,8	+7,1	-14,3	+27,2	+39,9	+95,5	+18,1	+6,1	-15,1
Konstgödselmedel, insats +20 %	+18,0	+22,6	+5,8	+8,3	+2,8	+2,8	+17,8	+22,2	+4,4	+8,0	+2,7	+2,7
Markemissioner +20 %	+7,7	+15,5	+102,3	0	0	0	+6,9	+13,7	+70,1	0	0	0
Dragkraft +20 %	+2,03	+6,99	+2,33	+5,15	+1,28	+1,28	+2,12	+7,24	+1,87	+5,24	+1,29	+1,29
El och värme +20 %	+1,69	+13,0	+4,03	+11,4	+16,4	+16,4	+1,77	+13,3	+3,20	+11,6	+16,6	+16,6
Emissioner, kemikalier och enzymer +20 %	+0,104	+0,295	+0,036	+0,028	+0,076	+0,076	+0,100	+0,282	+0,027	+0,026	+0,071	+0,071
Alla transporter +20 %	+0,893	+2,483	+0,820	+1,831	+0,608	+0,608	+0,795	+2,186	+0,559	+1,587	+0,521	+0,521

^a Energiinsats efter allokering eller systemutvidgning mätt som MJ/ha (1 ha åkermark med etanolhöstvetete).

Tabell 37. Livscykelanalys av produktion av etanol med systemutvidgning utfodring av grisar där dranken (torr) ersätter sojamjöl (Flysjö m.fl., 2008) samt korn (egen beräkning). Procentuell inverkan av känslighetsanalyser. Miljöpåverkan mäts som förändring från basalternativ i % av g/MJ_{etanol} eller MJ/MJ_{etanol}

Typ av process etanolproduktion Miljöpåverkanskategori/ känslighetsanalyser	Etanol/DDGS eller Etanol/DGS						Etanol (+13 %)/eDDGS eller Etanol (+13 %)/eDGS					
	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^a	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^a
Basalternativ	0	0	0	-	0	0	0	0	0	-	0	0
Skörd av höstvetete +20 %	-20,0	-19,1	-28,2	-	-4,5	+14,6	-16,7	-13,8	-21,7	-	-3,7	+15,6
Skörd av höstvetete -20 %	+30,5	+29,1	+43,0	-	+6,9	-14,5	+25,5	+21,1	+33,1	-	+5,6	-15,5
Konstgödselmedel, insats +20 %	+17,4	+14,1	+1,7	-	+2,6	+2,6	+15,4	+10,7	+1,4	-	+2,2	+2,2
Markemissioner +20 %	+7,7	+10,0	+31,5	-	0	0	+6,5	+7,2	+24,3	-	0	0
Dragkraft +20 %	+1,93	+4,27	+0,68	-	+1,17	+1,17	+1,75	+3,36	+0,57	-	+1,03	+1,03
El och värme +20 %	+1,69	+8,4	+1,24	-	+15,9	+15,9	+1,66	+7,0	+1,11	-	+15,1	+15,1
Emissioner, kemikalier och enzymer +20 %	+0,104	+0,190	+0,011	-	+0,074	+0,074	+0,094	+0,149	+0,009	-	+0,064	+0,064
Alla transporter +20 %	+0,895	+1,601	+0,253	-	+0,589	+0,589	+0,745	+1,153	+0,194	-	+0,473	+0,473

^a Energiinsats efter allokering eller systemutvidgning mätt som MJ/ha (1 ha åkermark med etanolhöstvetete).

Tabell 38. Livscykelanalys av produktion av etanol med systemutvidgning utfodring av grisar där dranken (torr) ersätter sojamjöl (Jungk m.fl., 2000) samt korn (egen beräkning). Procentuell inverkan av känslighetsanalyser. Miljöpåverkan mäts som förändring från basalternativ i % av g/MJ_{etanol} eller MJ/MJ_{etanol}

Typ av process etanolproduktion Miljöpåverkanskategori/ känslighetsanalyser	Etanol/DDGS eller Etanol/DGS						Etanol (+13 %)/eDDGS eller Etanol (+13 %)/eDGS					
	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^a	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^a
Basalternativ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Skörd av höstvetete +20 %	-18,0	-16,8	-31,8	-10,7	-4,2	+14,9	-16,1	-13,3	-22,6	-8,9	-3,6	+15,7
Skörd av höstvetete -20 %	+27,4	+25,7	+48,4	+16,3	+6,5	-14,8	+24,5	+20,2	+34,4	+13,5	+5,4	-15,6
Konstgödselmedel, insats +20 %	+15,7	+12,4	+1,9	+6,2	+2,4	+2,4	+14,8	+10,3	+1,5	+5,5	+2,2	+2,2
Markemissioner +20 %	+7,0	+8,8	+35,5	0	0	0	+6,2	+6,9	+25,2	0	0	0
Dragkraft +20 %	+1,73	+3,76	+0,77	+3,82	+1,10	+1,10	+1,69	+3,23	+0,59	+3,46	+1,01	+1,01
El och värme +20 %	+1,52	+7,4	+1,40	+9,0	+14,9	+14,9	+1,59	+6,7	+1,15	+8,7	+14,7	+14,7
Emissioner, kemikalier och enzymer +20 %	+0,094	+0,168	+0,013	+0,022	+0,069	+0,069	+0,090	+0,143	+0,010	+0,020	+0,063	+0,063
Alla transporter +20 %	+0,805	+1,411	+0,285	+1,434	+0,550	+0,550	+0,716	+1,107	+0,201	+1,190	+0,462	+0,462

^a Energiinsats efter allokering eller systemutvidgning mätt som MJ/ha (1 ha åkermark med etanolhöstvetete).

Tabell 39. Livscykelanalys av produktion av etanol med systemutvidgning biogas (80 % utbyte) (blöt drank) som ersätter storskaligt producerad biogas från vall. Procentuell inverkan av känslighetsanalyser. Miljöpåverkan mäts som förändring från basalternativ i % av g/MJ_{etanol} eller MJ/MJ_{etanol}

Typ av process etanolproduktion Miljöpåverkanskategori/ känslighetsanalyser	Etanol/DDGS eller Etanol/DGS						Etanol (+13 %)/eDDGS eller Etanol (+13 %)/eDGS					
	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^a	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^a
Basalternativ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Skörd av höstvetete +20 %	-19,5	-19,7	-18,5	-14,1	-7,0	+11,6	-19,1	-17,1	-17,9	-11,7	-5,1	+13,9
Skörd av höstvetete -20 %	+29,7	+30,1	+28,2	+21,4	+10,7	-11,5	+29,1	+26,1	+27,3	+17,9	+7,7	-13,8
Konstgödselmedel, insats +20 %	+20,1	+17,3	+1,3	+9,8	+4,8	+4,8	+19,7	+15,0	+1,3	+8,2	+3,5	+3,5
Markemissioner +20 %	+7,54	+10,3	+20,6	0	0	0	+7,38	+8,94	+20,0	0	0	0
Dragkraft +20 %	+2,44	+5,71	+0,58	+6,51	+2,34	+2,34	+2,38	+4,97	+0,56	+5,43	+1,70	+1,70
El och värme +20 %	+0,82	+4,3	+0,41	+5,9	+12,3	+12,3	+1,27	+5,9	+0,61	+7,7	+14,1	+14,1
Emissioner, kemikalier och enzymer +20 %	+0,102	+0,196	+0,007	+0,029	+0,114	+0,114	+0,107	+0,185	+0,008	+0,026	+0,089	+0,089
Alla transporter +20 %	+1,595	+3,008	+0,301	+3,463	+1,660	+1,660	+1,391	+2,332	+0,260	+2,574	+1,073	+1,073

^a Energiinsats efter allokering eller systemutvidgning mätt som MJ/ha (1 ha åkermark med etanolhöstvetete).

Med de olika sätten att allokera blir resultaten olika men förändringarna vid känslighetsanalyserna blir oftast i samma storleksordning: tiotals procent; entals procent; tiondels procent eller hundradels procent (se tabellerna 34-39). I känslighetsanalyserna för allokering efter produkternas energiinnehåll (tabell 34) och de olika användningarna av dranken (nötkreatur, tabell 35 och 36; grisar, tabell 37 och 38; och biogas 80 % ersätter storskalig rötning av vall, tabell 39) ger motsvarande resultat. Användningen av dranken verkar därför ha endast en ringa inverkan på resultaten från känslighetsanalyserna.

Skördens storlek är den produktionsfaktor som har oftast har störst inverkan på resultaten, inverkan ofta något eller några tiotals procentenheter, följt av konstgödsel och markemission-

er (se tabellerna 34-39). Emissioner från produktionen av kemikalier och enzym har minst inverkan på resultaten, ofta tiondedelar eller hundradelar av procentenheter. Även transporterna har en liten inverkan på resultaten (tiondedelar till någon enstaka procentenhet). Dragkraften och el och värme intar ett mellanläge vad gäller förmåga att inverka på resultaten.

För miljöpåverkanskategorin energi är det emellertid produktionsfaktorerna el och värme som ger störst inverkan på resultatet följt av skördenivåerna på höstvetet. Även konstgödsel och dragkraft ger en inte försumbar inverkan på resultatet. Detta kan jämföras med känslighetsanalyserna av energibalanserna (tabell 32) där el och värme givit störst inverkan på resultaten följt av skördenivåerna för höstvetet.

Den procentuella förändringen för sekundärdrank (eDDGS/eDGS) är ofta lägre än den procentuella förändringen för primärdrank (DDGS/DGS) i känslighetsanalyserna, beroende på att för sekundärdrank har tillkommit en extra process som behöver energi och genererar emissioner (se tabellerna 34-39). Detta medför att energibehovet och emissionerna från förändringen måste slås ut på ett större energibehov och mer emissioner för sekundärdrank jämfört med primärdrank, vilket gör att procentuellt så blir påverkan lägre.

Emellertid, i de flesta fallen (utom då dranken används för utfodring av grisar) ökar emissioner och behov av energi procentuellt mer för sekundärdrank (i det fall där behovet av el och värme ökar med 20 %) än för primärdrank, vilket beror på att processen för att utvinna 13 % mer etanol ur spannmålen är energikrävande och ger upphov till en del emissioner (se tabellerna 34-39). En ökning av det totala el- och värmebehovet slår därför igenom mest för sekundärdrank.

I så gott som samtliga fall, i känslighetsanalyserna, påverkas ordningen, om vilken eller vilka användningar av dranken som ger lägst emissioner eller lägst behov av energi, inte av att förutsättningarna för produktionen av etanol/drank förändrats. Emellertid, för el och värme +20 % för POCP, kastas ordningen mellan de drankanvändningar som ger lägst emissioner om så att biogasalternativen blir de med lägst emissioner för både primärdrank och sekundärdrank.

14 MÖJLIG PRODUKTION OCH KONSUMTION AV VETEDRANK

År 2007-2009 odlades i genomsnitt spannmålsgrödor (höstvete, vårvete, råg, höstkorn, vårkorn, havre och rågvete) på ca 1,03 miljoner ha av 2,64 miljoner ha åkermark i Sverige (Jordbruksverket, 2011a). Av dessa grödor passar vete, korn och rågvete till råvara för produktion av etanol (0,79 miljoner ha). Om halva denna areal av vete, korn och rågvete skulle kunna användas till etanolproduktion betyder det 0,39 miljoner ha. Det bedöms inte troligt att råg och havre kommer att användas till etanolproduktion. Om ovanstående mängd spannmål ska kunna odlas måste spannmålsarealen ökas och eventuellt viss nyodling att ske. Detta kan jämföras med att i början av 1980-talet var den totala åkerarealen 2,95 miljoner ha (SCB, 2009a).

14.1 Möjlig produktion av vetedrank

I tabell 40 nedan, redovisas skörd av spannmål, stärkelse, etanol och drank om halva dagens areal av vete, korn och rågvete kan odlas till etanolproduktion med dagens avkastning. I de två kolumnerna längst till höger i tabellen redovisas etanol- och drankskördarna (sekundärdrank), om en extra process i etanoltillverkningen införs, så att även en del av spannmålets cellulosa och hemicellulosa kan nyttjas för produktion av etanol. Mängden etanol har då antagits kunna ökas med 13 %, mängden drank har antagits reduceras i förhållande till den cellu-

losa och hemicellulosa som då gått åt för den ökade etanolproduktionen. Näringsämnen i dranken (sekundärdranken) har antagits öka i förhållande till hur mängden cellulosa och hemicellulosa reduceras. Emellertid har 50 % av lysinet och 20 % av metioninet antagits ha brutits ner i denna process.

Tabell 40. Möjlig produktion från spannmålsväxter i Sverige till etanolproduktion

Gröda	Medelareal 2007-2009 (kha) ^a	Möjlig areal ^b (kha)	Avkast- ning ^c (kg/ha)	Skörd ^d (kton ts)	Stärk- else ^e (kton)	Skörd etanol ^f (kton)	Skörd drank ^g (kton)	Skörd etanol ^h (kton)	Skörd drank ⁱ (kton)
Höstvete	320,6	160,3	6129	982,4	540,9	295,1	319,5	333,4	252,0
Vårvete	45,5	22,8	4663	106,1	58,4	31,9	34,5	36,0	27,2
Råg	29,6	0,0	5290	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Höstkorn	12,3	6,2	5248	32,3	14,3	7,8	8,5	8,8	6,7
Vårkorn	355,2	177,6	4111	730,1	323,4	176,4	191,0	199,3	150,7
Havre	210,5	0,0	3805	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Rågvete	52,3	26,1	4916	128,4	67,9	37,0	40,1	41,8	31,6
Summa	1026,0	392,9		1979,4	1004,9	548,2	593,6	619,4	468,2
Summa åkerareal i Sverige	2640,7								

^a Källa: Jordbruksverket (2011a).

^b Antag hälften av dagens areal kan odlas till etanolproduktion vad gäller vete, korn och rågvete. Det är inte troligt att råg och havre kommer att odlas till etanol. Dagens areal lika med medelarealen 2007, 2008 och 2009.

^c Medelavkastning beräknad utifrån medelavkastning för hela Sverige åren 1998-2009 (SCB, 2011).

^d Skörd i tusental ton med areal och avkastning som angivits i tabellen.

^e Mängd stärkelse beräknad utifrån stärkelseinnehåll (vete, korn och havre, källa: Spörndly, 2003; råg och rågvete, källa: Livsmedelssverige, 2007).

^f Mängd etanol beräknad utifrån mängden stärkelse med ett antaget utbyte på 96 %.

^g Mängd drank beräknad utifrån att 0,85 kg drank (Agrodrank 90) erhålls samtidigt som en liter absolut (100 %:ig) etanol erhålls (Agroetanol, 2009).

^h Mängd etanol beräknad utifrån antagandet att 13 % mer etanol kan erhållas om ett extra processteg införs där även en del av spannmålets cellulosa och hemicellulosa kan nyttjas för etanolproduktionen.

ⁱ Mängd drank beräknad utifrån att 0,85 kg drank (Agrodrank 90) erhålls samtidigt som en liter absolut (100 %:ig) etanol erhålls (Agroetanol, 2009) med avdrag för den cellulosa och hemicellulosa som ombildats till etanol beräknat utifrån de kemiska reaktionsformlerna.

14.2 Möjlig konsumtion av vetedrank till foder

I tabell 41 redovisas antal husdjur av olika djurslag, antagen rimlig genomsnittlig konsumtion av drankprodukter per djurslag och dag (för fjäderfä total foderkonsumtion för hela riket och år), antal konsumtionsdagar per år (för fjäderfä andel drankprodukter i fodret, %), möjlig årlig konsumtion av drankprodukter och den andel (%) som den möjliga årliga konsumtionen motsvarar av den möjliga årliga skörden av drankprodukter.

Mjölkkor är det djurslag som kan konsumera störst andel av den möjliga produktionen av drankprodukter, ungefär en tredjedel av vad som kan produceras (tabell 41). Slaktsvin kan konsumera nästan en sjättedel av den möjliga produktionen av drankprodukter. En del kan även konsumeras av andra djur såsom nötkreatur, hästar, suggor och fjäderfä. Övriga djurslag kan endast konsumera mycket ringa mängder. Totalt kan djuren konsumera ungefär två tredjedelar av drankprodukterna (primärdrank).

Om även spannmålets cellulosa och hemicellulosa kan utnyttjas för etanolproduktion (+13 % etanol), kan mjölkkorna konsumera knappt två femtedelar av den erhållna dranken, slaktsvinen knappt en femtedel och andra djurslag drygt en sjättedel. Totalt kan djuren konsumera ungefär tre fjärdedelar av drankprodukterna (sekundärdrank) från sådan etanolproduktion.

Djuren kan alltså inte förväntas konsumera all drank om spannmål från motsvarande hälften av dagens odling av vete, korn och rågvete används för etanolproduktion. Om även spannmålets cellulosa och hemicellulosa kan utnyttjas för etanolproduktion (+13 % etanol), kan en

större andel av dranken (som sekundärdrink) konsumeras av främst nötkreatur, beroende på bl.a. att dess halt av råprotein blir högre då produkten blir mer koncentrerad och då blir ett mer utpräglat proteinfoder. Till grisar och fjäderfä får man se upp med att ca hälften av lysinet och ca en femtedel av metioninet kan brytas ner i processen (+13 % etanol) vilket gör att denna typ av drank (sekundärdrink) kan bli mer osäker som foder till dessa djurslag.

Slutsatsen blir att vid en fullt utbyggd etanolproduktion från spannmål kan inte de svenska djuren konsumera all drank som då produceras. Drankprodukterna får då även användas till annat än foder.

Tabell 41. Möjlig konsumtion av drank från spannmålsgrödor som foder

Djurslag	Antal djur år 2009 ^a (tusen st.)	Antal kon- sum- tions- dagar	Foder, drank (kg/dag)	Möjlig konsum- tion (tusen ton)	Andel av möj- lig pro- duktion ^b (%)	Foder, drank ^c , +13 % etanol (kg/dag)	Möjlig konsum- tion ^e (tusen ton)	Andel av möjlig produk- tion ^{bf} (%)
Kor för mjölk- produktion	357	365	1,5	195,3	32,9	1,4	182,3	38,9
Kor för uppföd- ning av kalvar	192	0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0
Kvigor, tjurar, stutar	502	365	0,4	36,6	6,2	0,267	24,4	5,2
Kalvar, under 1 år	488	0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0
Baggar och tackor	254	60	0,15	2,3	0,4	0,075	1,1	0,2
Lamm	287	0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0
Galtar för avel	2	365	0,4	0,4	0,1	0,4	0,4	0,1
Suggor för avel	158	100	1	15,8	2,7	1	15,8	3,4
Slaktsvin, >20 kg	943	365	0,25	86,0	14,5	0,25	86,0	18,4
Smågrisar, < 20 kg	426	0	0	0,0	0,0	0	0,0	0,0
Höns	5261							
Värpkycklingar	1898	7 ^d	383,3 ^c	26,8	4,5	383,3 ^c	26,8	5,7
Slaktkycklingar	5262							
Kalkoner	101 ^g							
Hästar	283 ^g	365	0,2	20,7	3,5	0,133	13,8	2,9
Totalt				383,9	64,7		350,6	74,9

^a Källa: Jordbruksverket (2011b).

^b Antag hälften av dagens areal kan odlas till etanolproduktion vad gäller vete, korn och rågvete. Det är inte troligt att råg och havre kommer att odlas till etanol.

^c Total foderkonsumtion för hela riket, kton/år, gäller för samtliga fjäderfän (höns, värpkycklingar, slaktkycklingar och kalkoner). Källa: SCB (2009c), Jordbruksstatistisk årsbok 2009.

^d Antagen möjlig andel drankprodukter i fodret, %.

^e Möjlig konsumtion av sådan drank (sekundärdrink) som erhållits då 13 % mer etanol utvunnits från spannmålen.

^f Andel av möjlig produktion av sekundärdrink som erhållits då 13 % mer etanol utvunnits från spannmålen.

^g Källa: SCB (2009c), Jordbruksstatistisk årsbok 2009.

14.3 Möjlig konsumtion av vetedrank till förbränning, biogas eller gödsel

Till förbränning kan stora mängder drankprodukter användas om de eldas tillsammans med andra biobränslen i befintliga pannor. Bland annat problemen med sintring avgör i vilken utsträckning värmeverken kan acceptera drankbränslen. Vid eldning av drankprodukter (som primärdrink) blir potentialen vid odling av möjlig areal 2,9 TWh (tabell 42). Detta kan jämföras med att dagens tillförsel av träpellets i Sverige är 10,7 TWh (2 280 000 ton år 2010 (Pelletsindustrin, 2011) med effektiva värmevärdet 16,9 MJ/kg (Strömberg, 2005)). Den i Sverige

totala tillförda energin i fjärrvärme som biobränslen, torv, avfall m.m. var år 2009 42,2 TWh (STEM, 2010). Om dranken (som sekundärdrank) antas komma från etanolproduktion där etanolutbytet antagits kunna ökas med 13 %, blir potentialen vid förbränning 2,5 TWh, vid odling av möjlig areal.

Vid rötning av drankprodukter (som primärdrank) kan 2,4 TWh (som effektivt värmevärde) biogas utvinnas vid 80 procents utröttningsgrad (tabell 42). Detta kan jämföras med den praktiska biogaspotential på 8,8 TWh som Hagelberg m.fl. (1988) redovisar. Skulle halva denna potential realiseras betyder detta att 4,4 TWh biogas skulle kunna produceras, och till detta kommer då biogasen från drankprodukterna. Detta motsvarar ca 56 % av denna potential, vilket nog är för mycket att bara stoppa in i dessa biogasanläggningar, särskilt då drankprodukterna har ett högt kväveinnehåll. Det är därför inte realistiskt att mer än en mindre del av de drankprodukter som kan produceras rötas. Om dranken (som sekundärdrank) antas komma från etanolproduktion där etanolutbytet antagits kunna ökas med 13 %, blir potentialen vid rötning 2,1 TWh, vid odling av möjlig areal (tabell 42). Detta motsvarar ca 47 % av den ovan nämnda praktiska biogaspotentialen.

Tabell 42. Energipotential vid eldning respektive produktion av biogas från drankprodukter

Produkt	Mängd (ton ts)	Biogas som effektivt värmevärde (MJ/kg ts drank vid 80 % utbyte)	Totalt som biogas (TWh)	Effektivt värmevärde (MJ/kg ts)	Totalt som effektivt värmevärde (TWh)
Drank (primärdrank)	593576	14,9	2,449	17,5	2,891
Drank (+13 % etanol) (sekundärdrank)	468166	15,8	2,053	18,9	2,461

Det finns inga begränsningar för hur mycket drankprodukter som kan användas som gödselmedel, mer än att de mineraliseras och avger sitt innehåll av näringsämnen relativt långsamt. I princip förs de näringsämnen som man bortfört tillbaka till marken vid detta förfarande. Potentialen för att motta importerade drankprodukter borde vara stor vid detta förfarande.

15 DISKUSSION

Lönsamheten, vid användning av drank, är normalt bäst vid utfodring av djur som kan framställa essentiella aminosyror själva, såsom nötkreatur (idisslare) och hästar, då halterna av t.ex. lysin är lägre än i annat proteinfoder (såsom t.ex. sojamjöl, rapsmjöl och rapsexpeller (se tabell 3)). Emellertid så har primärdrank ett förhållandevis högt innehåll av metionin i förhållande till sojamjöl, vilket gör att primärdrankens värde kan bli något högre vid utfodring av fjäderfän i jämförelse med vid utfodring av nötkreatur och hästar. Då en del av metioninet (troligen ca 20 %) förstörs i processen för utvinning av ca 13 % mer etanol från även spannmålets cellulosa och hemicellulosa så gäller detta sannolikt inte för sekundärdrank. Då ca 50 % av lysinet förstörs i ovan nämnda process minskar värdet av sekundärdranken än mer vid utfodring av grisar. Detta då spannmålets och drankens halt av lysin från början är betydligt lägre än den i sojamjöl och även den i rapsmjöl och rapsexpeller. Vid utfodring av enkelmagade djur, och då särskilt grisar, är det inte längre säkert att dranken har ett högre värde än vid användning som biogasråvara eller som gödselmedel. Användning av dranken som biogasråvara, i de fall där inte rötningkostnaderna ingår, leder oftast till att dranken får ett högre värde än vid utfodring av enkelmagade djur baserat på lysin. Minst lönsam är dranken att an-

vända som biogasråvara där röttningskostnaderna (dvs. kapitalkostnaderna och driften av biogasanläggningen) ingår, som bränsle om det är skogsflis som ersätts, följt av användning som gödselmedel.

Enligt Parsby och Rosenqvist (1999) har priserna på halm, som liksom drank är ett besvärligt bränsle att elda, tidigare legat 17 % lägre än för skogsflis i Danmark. Skulle detta även gälla drank som levereras till värmeverk för eldning, skulle alternativet med förbränning få ytterligare försämrade lönsamhet, jämfört med de ekonomiska kalkyler som gjorts i den här studien.

Resultaten från livscykelanalyserna tyder på att miljöbelastningen blir lägst om dranken (både som primärdrank och som sekundärdrank) används som foder till nötkreatur eller som foder till fjäderfän där metionin är den dimensionerande aminosyran. För primärdrank blir miljöbelastningen lägst för utfodring av fjäderfän baserat på metionin. Förbränning ger högst miljöbelastning. Biogas, utfodring av fjäderfän och grisar där lysin är den dimensionerande aminosyran, samt gödselmedel intar mellanlägen. Räknar man på energiåtgången blir biogasen bäst, för primärdrank följt av gödselmedel och förbränning, och för sekundärdrank följt av utfodring av nötkreatur och hästar, samt fjäderfän (metionin). Energiåtgången blir högst vid utfodring av grisar och fjäderfän där lysin är den dimensionerande aminosyran, för primärdrank följt av utfodring av hästar och nötkreatur samt utfodring av fjäderfän (metionin), och för sekundärdrank följt av användning till förbränning och som gödselmedel. Miljöbelastningen blir i de flesta fall lägre med den process där 13 % mer etanol utvinns ur spannmålsråvaran (ger sekundärdrank: eDDGS/eDGS). Undantag är om dranken används som foder till grisar (lysin) eller fjäderfän (lysin eller metionin) beroende på att 50 % av lysinet och 20 % av metioninet bryts ner i extra processen. Energiåtgången blir högre då mer etanol ska utvinnas beroende på att denna process kräver mer av både el och värme. Torkning av dranken påverkar ej miljöbelastningen särskilt mycket, beroende på att de ökade emissionerna vid torkningen är i samma storleksordning som de minskade emissionerna för transporter av blöt drank. Energiåtgången ökar då dranktorkning är en energikrävande process.

Tillsammans kan våra inhemska husdjur konsumera ungefär två tredjedelar av den drank (primärdrank) som kan produceras från spannmålsråvara inom landet. Mjölkkorna kan ensamt konsumera en tredjedel av vad som kan produceras och grisarna ungefär en sjättedel. Andra djurslag kan konsumera något tiotal procent. Därför måste dranken användas även till annat än foder om kapaciteten för att producera etanol från inhemska spannmål skulle byggas ut helt. Vill man öka etanolproduktionen från spannmålen med ca 13 % med en extra process så kan våra inhemska husdjur konsumera ungefär tre fjärdedelar av den drank (sekundärdrank) som kan produceras från spannmålsråvara inom landet. Mjölkkorna står för drygt hälften av detta. Grisarna kan konsumera en femtedel och övriga djurslag en dryg tiondel. Fjäderfän kan endast konsumera torkad drank på grund av att dessa näbbar ej klarar blöt drank vilket kan vara en begränsning. Till hästar är det en begränsning att dessa huvudsakligen äter grovfoder, och det i större utsträckning än nötkreaturen, vilket begränsar deras möjliga drankkonsumtion. Vidare finns det många hästar i väldigt små besättningar vilket kan göra det svårare att nå ut med mer speciella fodermedel till en större population. Dessutom äter en del hästar ej vad som helst (är kräsna). Tillsammans begränsar detta hästarnas potential som drankkonsumenter.

Drank går även att använda till eldningsändamål, men här är betalningsförmågan normalt betydligt sämre än till foderändamål. Kanske till och med så dålig att eldning av drank till värmeproduktion eller kraftvärmeproduktion bör avrådas. Andra betydelsefulla nackdelar är att kväveinnehållet i dranken är så högt att det kan ge upphov till problem med höga kväveoxidutsläpp med rökgaserna, och innehållet av klor och svavel är så högt att ökad risk för korrosion i panna och i rökgasvägar föreligger. Höga halter av alkalimetallerna kalium och natrium

ger en aska med låg smältpunkt som sintrar och bildar slagg i pannan vid eldning. Allt detta talar emot att drank eldas. Dessutom, om sekundärdrank, efter en extra process för utvinning av 13 % mer etanol, ska eldas så bör man tänka på att de ämnen som ställer till problem vid eldning, vid denna process, blivit än mer koncentrerade i dranken, vilket leder till att riskerna för ökade kväveoxidemissioner och ökad slaggbildning i pannan m.m. ökar jämfört med vid eldning av primärdrank. Det som sagts ovan om drinks eldningssegenskaper medför sammantaget att drankprodukterna passar bäst att elda i större pannor tillsammans med andra bränslen. De kan vara svåra att elda med gott resultat i mindre pellets pannor.

Ska drank användas som gödselmedel, bör man vara medveten om att den verkar på samma sätt som långtidsverkande organiska gödselmedel, som passar till grödor som tar upp kväve under en längre del av växtperioden (Fridefors, 1991). Det ekonomiska värdet hos drank (primär- eller sekundärdrank), vid användning som gödselmedel, är normalt betydligt lägre än om den används som foder eller ofta något högre än om den används som bränsle (se tabellerna 17 och 18). Det finns inga direkta begränsningar av hur mycket som kan användas. Det är svårt att se att det skulle vara några direkta skillnader mellan primärdrank och sekundärdrank vid användning som gödselmedel, mer än att i sekundärdrank är näringsämnen mer koncentrerade.

Vid användning av drank som råvara till biogasframställning kan man få intäkter både från den utvunna gasen (el och värme) och från växtnäringen i rötresten. Nackdelen är att rötningen blir förhållandevis dyr då investeringskostnaderna och därmed kapitalkostnaderna är mycket höga för en biogasanläggning (Eder m.fl., 2006). Detta kan medföra att man endast kan få betalt för råvarorna om dessa har något mervärde i biogasprocessen eller om kostnaderna för rötningen ej behöver beaktas. För drank skulle ett mervärde i processen kunna fås om man t.ex., på grund av andra ingående råvaror, behöver justera kol-kväveknoten neråt. Beroendet av andra ingående råvaror och förutsättningarna för den enskilda biogasanläggningen gör att det blir svårt att uppskatta värdet på drank om den ska rötas till biogas. Det är även svårt att uppskatta hur mycket drank (som primär- och sekundärdrank) som kan rötas i befintliga biogasanläggningar. Det är troligen inte lönsamt att bygga biogasanläggningar för att huvudsakligen röta drank. Mer forskning behövs vad gäller rötning av drank (både primär- och sekundärdrank) tillsammans med andra material.

Livscykelanalyser och energibalanser av odling av spannmål till etanol under svenska förhållanden har under senare år främst gjorts av Börjesson m.fl. (2010) och Börjesson (2006). Vad gäller växthusgaser så anger Börjesson m.fl. (2010) utsläpp på 24,4 g CO₂-ekv/MJ_{bränsle} vid systemutvidgning och 30,9 g CO₂-ekv/MJ_{bränsle} vid energiallokering. Då utsläppen av växthusgaser från fossila drivmedel antas vara 83,8 g/MJ blir reduktionen av växthusgasutsläppen 71 respektive 63 %. Markkolsförändringar motsvarande en fjärdedel av odlingsarealen (ogödslad och gräsbevuxen åkermark) ingår. Systemutvidgningen och energiallokeringen har gjorts exklusive skörderester. Utsläppen av övergödande ämnen, försurande ämnen och ämnen som bidrar till bildning av marknära ozon anger Börjesson m.fl. (2010) till 30 mg PO₄³⁻-ekv/MJ_{bränsle}, -80 mg SO₂-ekv/MJ_{bränsle} respektive 3,2 mg C₂H₂-ekv/MJ_{bränsle} vid systemutvidgning och 147 mg PO₄³⁻-ekv/MJ_{bränsle}, 66 mg SO₂-ekv/MJ_{bränsle} respektive 2,0 mg C₂H₂-ekv/MJ_{bränsle} vid energiallokering med förutsättningar enligt ovan. Energibalansen anges vid ingen allokering, energiallokering och systemexpansion till 1,29, 2,07 respektive 1,87. Börjesson (2006) anger att energibalanserna för bioetanol i svenska studier ligger på 0,68-1,97 för olika författare (då det värdet på 2,83 som uppges av Bernesson m.fl. (2006) är fel då en referens i excel-arket pekade på en tom cell utsluts detta, och rätt värde ska vara 1,96 som i den här studien beräknats med nästan samma data).

Motsvarande värden, som i Börjesson m.fl. (2010):s studie, i den här studien vid allokering efter etanolens och drankens (primärdrink) energiinnehåll är 26,2 g CO₂-ekv/MJ_{etanol(bränsle)} och vid systemutvidgningarna 1,5-42,9 g CO₂-ekv/MJ_{etanol} beroende på drankens användning (20,2-35,6 g CO₂-ekv/MJ_{etanol} då dranken används som foder). Då i den här studien produktion och användning av bensin orsakar utsläpp på 85,8 g CO₂-ekv/MJ_{bränsle}, motsvarar detta en reduktion av växthusgasutsläppen på 70 % vid energiallokering och 50-98 % vid systemutvidgningarna, beroende på drankens användning (59-76 % då dranken används som foder). Utsläppen av övergödande ämnen, försurande ämnen och ämnen som bidrar till bildning av marknära ozon blir i den här studien 11-225 mg PO₄³⁻-ekv/MJ_{bränsle}, 34-241 mg SO₂-ekv/MJ_{bränsle} respektive -5,3-6,2 mg C₂H₂-ekv/MJ_{bränsle} vid systemutvidgningarna och 112 mg PO₄³⁻-ekv/MJ_{bränsle}, 136 mg SO₂-ekv/MJ_{bränsle} respektive 3,9 mg C₂H₂-ekv/MJ_{bränsle} vid energiallokering med förutsättningar enligt ovan. Energibalansen blir 1,96 där etanolen och dranken ingår med sitt effektiva värmevärdesinnehåll.

Sammantaget visar detta på att resultaten i den här studien uppvisar en god överensstämmelse med de resultat som Börjesson m.fl. (2010) redovisar för växthusgaser och energi, men en lite sämre överensstämmelse för övergödande ämnen. För försurande ämnen och ämnen som bidrar till bildning av marknära ozon är utsläppen ungefär de dubbla i den här studien. Detta gäller vid energiallokering där förutsättningarna i de två studierna blir mest jämförbara. Energiallokering togs med i den här studien mest för att möjliggöra jämförelser med andra studier på ett enkelt sätt. Troligen ligger den största delen av de ovan redovisade skillnaderna i hur källdata vad gäller emissioner för dragkraft, mark och el m.m. beräknats i de båda studierna. I den här studien är de absoluta talen inte det viktigaste, utan istället rangordningen mellan de olika användningarna av dranken, då syftet med den här studien i första hand är att finna de bästa användningsområdena för dranken. Avvikelserna mot Börjesson m.fl. (2010) för dessa miljöpåverkanskategorier blir då av mer underordnad betydelse.

Det som närmast liknar olika användning av dranken i litteraturen är då Börjesson m.fl. (2010) i en känslighetsanalys anger reduktion av växthusgaser avseende etanol när andelen sojamjöl och foderkorn som ersätts av drank varierar vid systemutvidgning: 0,6 kg ts sojamjöl och 0,4 kg ts foderkorn; 0,4 kg ts sojamjöl och 0,6 kg ts foderkorn; eller 0,2 kg ts sojamjöl och 0,8 kg ts foderkorn ersätts av 1 kg ts drank, ger vid gräsmark som markanvändningsreferens: 58, 54 respektive 49 % reduktion av växthusgaser jämfört med för fossila drivmedel. Vid spannmålsodling som markanvändningsreferens erhålls 97, 93 respektive 89 % reduktion av växthusgaserna. Några studier där man studerar drankens användning på samma sätt som i den här studien har inte hittats.

Paulsson (2007) har gjort energianalys av Lantmännen Agroetanols produktionssystem av etanol i Norrköping och erhållit en energibalans med energiallokering på 3,7. Denna är inte direkt jämförbar med de energibalanser som erhållits i den här studien, då Paulsson (2007) inkluderat produktionen av skogsflis till värmeverket som bl.a. producerar ångan till destillationen och dranktorkningen i sitt system. Systemgränserna blir därmed annorlunda mot de i det här projektet, och följaktligen blir inte resultaten möjliga att jämföra direkt. Flysjö m.fl. (2008) anger en energiåtgång på 4,2 MJ primärenergi/kg agrodrink och 6,5 MJ sekundärenergi/kg agrodrink. Inte heller dessa siffror är direkt jämförbara med de i den här studien, då de bygger på Paulsson (2007), och därmed annorlunda systemgränser.

Sammantaget tyder det som kommit fram att man i första hand bör satsa på drank som foder till nötkreatur (både primär- och sekundärdrink). Emellertid så ligger både kostnaderna och miljövinster något bättre till för primärdrink till fjäderfä (metionin), men dessa kan bara äta mindre mängder. Lönsamheten, miljöbelastningen och avsättningsmöjligheterna talar för slutsatsen i styckets första mening. Det är både lönsamt samt positivt för miljöbelastningarna att

utvinna mer etanol ur höstveteråvaran om ej dranken ska användas som foder till grisar eller fjäderfän. Rötning av dranken är på grund av ekonomin i första hand aktuellt i rötprocesser där dranken har ett mervärde, och ej behöver bekosta själva biogasanläggningen. I annat fall kan drankrötningen bli dyr. Förbränning av dranken bör undvikas.

Drankens värde vid utfodring av fjäderfän, och då hur de olika aminosyrorna begränsar användningen som foder, kan behöva undersökas närmre i kommande forskningsprojekt. Sekundärdranks (eDDGS/eDGS) egenskaper som fodermedel till samtliga djurslag bör studeras närmare genom både teoretiska och praktiska projekt för att mer säkert fastslå betydelsen av att aminosyror, såsom främst lysin men även metionin, bryts ner i produktionsprocessen. Vidare skulle även det minskade innehållet av cellulosa och hemicellulosa i fodret kunna inverka på hur djuren kan utnyttja detta. Det är viktigt att sekundärdranks foderegenskaper utreds då drankens användning som foderråvara är den som vanligen ger det bästa ekonomiska utbytet. Dranks potential som råvara i livsmedel för humankonsumtion bör undersökas i kommande forskningsprojekt. Drankens potential tillsammans med olika substrat som biogasråvara är något annat som bör undersökas mer noggrant i kommande forskningsprojekt. Även drankens eldningsegenskaper både enskilt och tillsammans med andra bränslen bör fastläggas mer noggrant i kommande studier. De resultat som redovisas i denna studie bygger nästan enbart på antaganden utifrån hur eldningsegenskaperna borde bli utifrån analyser av drank för användning till andra ändamål. En annan sak att studera i kommande forskningsprojekt kan vara sirapsfraktionens egenskaper som bindemedel vid tillverkning av foderpellets, bränslepellets och briketter. Sirapsfraktionen används idag ofta som bindemedel vid tillverkning av drankpellets men även annat med varierande framgång. Det kan vara önskvärt att ta reda på mer ingående när och varför sirapsfraktionen fungerar bra, respektive dåligt, som bindemedel.

I de fall, i livscykelanalyserna, där biogas ersätter bensin blir särskilt växthusgaser (GWP), men även energiåtgången och fotokemiskt smogbildande ämnen (POCP) mycket lägre än i alla övriga alternativ. Att växthusgaserna blir låga beror på att ett fossilt bränsle ersätts direkt. Det kan emellertid finnas invändningar mot detta tankesätt om kapaciteten är begränsad i tillgängliga biogasanläggningar, vilket sannolikt är det som gäller i praktiken. Dranken får då istället konkurrera om biogasanläggningarna med andra biogassubstrat, t.ex. vall. En jämförelse då dranken ersätter en vallgröda som biogasråvara kan då vara på sin plats, såsom gjorts som huvudalternativen för biogassystemen med systemutvidgning i den här studien. Beräkningsgången, i det här fallet, där ett fossilt bränsle ersätts direkt av biprodukten biogas avviker något från den i övriga fall, då beräkningsgången ej gjorts på detta sätt för den cellulosa och hemicellulosa som blir till etanol i fallen med extraprocess för produktion av 13 % mer etanol och sekundärdrank. Det kan vara intressant att i kommande forskningsprojekt mer ingående studera inverkan av att biogasen ersätter bensin i lätta fordon och diesellojla i tunga fordon. Detta i kombination med liknande studier av produktion av etanol, som då kan produceras enbart från spannmålets stärkelse eller både från spannmålets stärkelse och från spannmålets cellulosa och hemicellulosa.

Det kan även vara intressant att med livscykelanalyser och ekonomiska kalkyler jämföra olika potentiella gröders ekonomi och miljöpåverkan vid antingen produktion av etanol eller produktion av biogas. Man skulle på så sätt kunna visa om dessa råvaror verkligen ska användas till produktion av etanol. Det är dessutom inte otroligt att den ekonomiska analysen och livscykelanalysen i dessa framtida studier kan komma att ge olika svar.

16 SLUTSATSER

Med tanke på vad som sagts i ovanstående kapitel kan slutsatserna från projektet sammanfattas i följande punkter:

- * Drank, som primärdrank (DDGS/DGS) eller sekundärdrank (eDDGS/eDGS), bör i första hand användas till utfodring och då företrädesvis till nötkreatur. Där så är möjligt bör primärdrank (DDGS) användas till utfodring av fjäderfän.
- * Miljöpåverkan (GWP, AP, EP och POCP) blir som regel lägst om dranken (DDGS/DGS och eDDGS/eDGS) används som foder till nötkreatur eller hästar eller fjäderfä (metionin). Användning som biogasråvara och som foder till grisar eller fjäderfä intar ett mellanläge medan användning som gödselmedel eller till förbränning är sämst (ger störst miljöpåverkan).
- * Miljöpåverkanskategorin energi blir som regel lägst då dranken används som råvara till biogas. Sämst (störst påverkan) ger användning som foder till grisar eller fjäderfän (lysin).
- * Då drank, som primärdrank (DDGS/DGS) eller sekundärdrank (eDDGS/eDGS), används som biogasråvara och man antar att denna biogas direkt ersätter bensin blir miljöpåverkan (GWP och POCP) samt energiåtgången för produktionen lägre än i alla andra fall.
- * Produktionskostnaderna för dranken blir lägst och lönsamheten bäst om dranken (både DDGS/DGS och eDDGS/eDGS) används som foder till nötkreatur och hästar och till fjäderfän om metionin är den dimensionerande aminosyran. Användning som foder till grisar och fjäderfän (lysin) samt som råvara till biogasprocesser där man ej behöver betala för rötningen intar ett mellanläge. Sämst är biogas där man måste betala för rötningen, gödselmedel och förbränning.
- * Sekundärdrank ger lägre produktionskostnader och bättre lönsamhet än primärdrank. Undantag är användning som foder till grisar och fjäderfän, beroende på att lysin och metionin bryts ner i processen för att öka etanolutbytet.
- * Förändring av kostnaderna för olika produktionsfaktorer påverkar i de flesta fall inte vilken användning av dranken som blir lönsammast.
- * Priset på drank varierar kraftigt med tiden, då detta är knutet till spannmåls- och sojajmjölspriserna som varierar kraftigt på världsmarknaden. Detta kan ha stor inverkan på lönsamheten, samt innebär att känslighetsstudier vid kalkylering blir viktiga.
- * Till förbränning har drank ett lägre värde än om det används till foder så länge som svensk råvara används.
- * Mjölkkor har en stor potential att konsumera drankprotein, men även andra djurslag kan komma ifråga.

17 REFERENSER

17.1 Tryckta referenser

- Anderson J.L., Schingoethe D.J., Kalscheur K.F., Hippen A.R. 2006. Evaluation of dried and wet distillers grains included at two concentrations in the diets of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 89, s. 3133-3142.
- Andersson M. 2008. *Drank som proteinkälla till Regnbågslax (Onchorhynchus mykiss)*. Examensarbete 259, Inst. f. husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. 25 s.

- Antonini G., Burghart P., Champolivier L., Evrard J., Gueguen J. 1999. Evaluation of non-food utilization of rapeseed meal. *10th International Rapeseed Congress*, Canberra, Australia. 4 s.
- Aylward G., Findlay T. 1994. *S I Chemical Data*. 3:rd Edition. John Wiley & Sons, Milton, Queensland, Australien. 192 s. ISBN 0 471 33554 1.
- Batal A.B., Dale N.M. 2006. True Metabolizable Energy and Amino Acid Digestibility of Distillers Dried Grains with Solubles. *Journal of Applied Poultry Science Research*, 15, s. 89-93.
- Baumann H., Tillman A.-M. 2004. *The Hitch Hiker's Guide to LCA. An orientation in life cycle assessment methodology and application*. Studentlitteratur, Lund. 543 s. ISBN 91-44-02364-2.
- Belab. 2002. *Analyscertifikat. Certificate of analysis. Analys nr. 21040*. Rapportdatum: 2002-09-02. Utfärdare: Leif Andersson. Uppdragsgivare: Agroetanol Sverige AB. Bränsle och Energilaboratoriet BELAB AB, Åby, Norrköping. 3 s.
- Berglund M., Börjesson P. 2003. *Energianalys av biogassystem*. Rapport nr. 44, Avdelningen för miljö- och energisystem, Inst f teknik och samhälle, Lunds tekniska högskola, Lunds Universitet, Lund. 84 s. ISSN 1102-3651, ISRN LUTFD2/TFEM--03/3037--SE + (1-90), ISBN 91-88360-63-6.
- Bernesson S. 2004. *Life cycle assessment of rapeseed oil, rape methyl ester and ethanol as fuels – a comparison between large- and small-scale production*. Miljö, teknik och lantbruk, Rapport 2004:01, Inst f biometri och teknik, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. 273 s. ISSN 1652 3237.
- Bernesson S. 2007. *Användningsområden för biprodukterna vid pressning och omförestring av rapsolja*. Rapport – miljö, teknik och lantbruk 2007:04, Inst f biometri och teknik, SLU, Uppsala. 101 s. ISSN 1652-3237.
- Bernesson S., Hansson K., Robertsson M., Thyselius L. 1999. *Torr biogasprocess för lantbruksgrödor – studier av aerob förbehandling, torrsustans- och ympningsföreläringar. Litteraturgenomgång och inledande försök*. JTI rapport kretslopp och avfall nr 19, Jordbrukstekniska institutet, Uppsala. ISSN 1401-4955. 138 s.
- Bertilsson J. 1990. Rapsmjölet uppvärderas. *Svensk frötidning*, 59(11), s. 208-210. ISSN 0346-2099.
- Bertilsson J. 2008. *Jämförelse av en foderstat till mjölkkor med enbart närproducerat foder och en där proteinkompletteringen skett med importerat foder*. Manuskript, Inst. f. husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. 9 s.
- Bura R., Mansfield S.D., Saddler J.N., Bothast R.J. 2002. SO₂-catalysed steam explosion of corn fiber for ethanol production. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 98-100, s. 59-72.
- Buraczewska L., Valaja J., Buraczewski S., Näsi M., Gdala J. 1996. Digestibility and availability of protein and phosphorous in pigs fed wet barley protein and wet distillers solids from integrated starch-ethanol production. *Animal Feed Science and Technology*, 58, s. 201-212.
- Börjesson P. 1994. *Energianalys av biobränsleproduktion i svenskt jord- och skogsbruk - idag och kring 2015*. Energy analyses of biomass production in Swedish agriculture and forestry – today and around 2015. IMES/EESS Report No. 17, Juli 1994, Inst. f. miljö-

- och energisystem, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund. 64 s. ISSN 1102-3651. ISBN 91-88360-20-2.
- Börjesson P. 2006. *Energibalans för bioetanol – En kunskapsöversikt*. Rapport nr 59 Mars 2006, Avdelningen för teknik och samhälle, Institutionen för miljö- och energisystem, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund. 17 s. ISSN 1102-3651. ISRN LUTFD2/TFEM--06/3050--SE + (1-17). ISBN 91-88360-82-2.
- Börjesson P., Berglund M. 2006. Environmental analysis of biogas systems – Part I: Fuel cycle emissions. *Biomass and Bioenergy*, 30, s. 469-485.
- Börjesson P., Tufvesson L., Lantz M. 2010. *Livscykelanalys av svenska biodrivmedel*. Rapport nr 70 Maj 2010, Avdelningen för teknik och samhälle, Institutionen för miljö- och energisystem, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund. 88 s. ISSN 1102-3651. ISRN LUTFD2/TFEM--10/3061--SE + (1-88). ISBN 91-88360-96-2.
- Carlsson M. 2007. *Drankgivans och vallfoderkvaliténs effekt på konsumtion och production hos mjölkkor*. Effects of dried distillers grain+solubles inclusion level and silage quality on consumption and milk production in dairy cows. Studentarbete 129, Inst. f. husdjurens miljö och hälsa, Sveriges lantbruksuniversitet, Skara. 43 s. ISSN 1652-280129.
- Chandler J.A., Jewell W.J., Gossett J.M., van Soest P.J., Robertsson J.B. 1980. Predicting methane fermentation biodegradability. *Biotechnology and Bioengineering Symposium No. 10*. John Wiley & Sons, Inc. S. 93-107.
- Chotěborská P., Palmarola-Adrados B., Galbe M., Zacchi G., Melzoch K., Rychtera M. 2004. Processing of wheat bran to sugar solution. *Journal of Food Engineering*, 61, s. 561-565.
- Cromwell G.L., Herkelmann K.L., Stahly T.S. 1993. Physical, chemical, and nutritional characteristics of distillers dried grains with solubles for chicks and pigs. *Journal of Animal Science*, 71, s. 679-686.
- Dale N., Batal A. 2005. Distiller's Grains: Focusing on quality control. *Egg Industry*, April 2005, s. 12-13.
- Dalemo M., Edström M., Thyselius L., Brolin L. 1993. *Biogas ur vallgrödor. Teknik och ekonomi vid storskalig biogasframställning*. JTI-rapport 162, Jordbrukstekniska Institutet, Uppsala. 97 s. ISSN 0346-7597.
- Dien B.S., Li X.-L., Iten L.B., Jordan D.B., Nichols N.N., O'Bryan P.J., Cotta M.A. 2006. Enzymatic saccharification of hot-water pretreated corn fiber for production of monosaccharides. *Enzyme and Microbial Technology*, 39, s. 1137-1144.
- Dien B.S., Ximenes E.A., O'Bryan P.J., Moniruzzaman M., Li X.-L., Balan V., Dale B., Cotta M.A. 2008. Enzyme characterization for hydrolysis of AFEX and liquid hot-water pretreated distillers' grains and their conversion to ethanol. *Bioresource Technology*, 99, s. 5216-5225.
- Eder B., Schulz H., Krieg A., Mitterleitner H., Graf W., Wellinger A., Stocker K.H. 2006. *Biogas – Praxis Grundlagen, Planung, Anlagenbau, Beispiele, Wirtschaftlichkeit*. 4:e upplagan. Ökobuch Verlag. Freiburg, Tyskland. 236 s. ISBN 3-936896-13-5.
- Elwinger K. 2005. *Fodermedel och foder till värphöns och kycklingar*. Rapport, Inst f husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. 25 s.
- Emanuelson M., Cederberg C., Bertilsson J., Rietz H. 2006. *Närodlat foder till mjölkkor – en kunskapsuppdatering*. Rapport nr 7059-P 2006-04-10, Svensk Mjölk, Swedish Dairy Association, Stockholm. 61 s.

- EnergieAgentur NRW. 2000. *Biogas: Strom und Wärme aus Gülle*. Broschüren der Energie-Agentur NRW 10.2000. Wuppertal, Tyskland. <http://www.ea-nrw.de>.
- Energimyndigheten. 2009. *Prisblad för biobränslen torv m.m.* Nr 2 / 2009. Eskilstuna. 2 s.
- Energimyndigheten. 2010. *Prisblad för biobränslen torv m.m.* Nr 1 / 2010. Eskilstuna. 2 s.
- Energimyndigheten. 2011. *Trädbränsle och torvpriser, korrigerad 2011-03-02*. Nr 1 / 2011. Sveriges officiella statistik, Statistiska meddelanden EN 0307 SM 1101. Eskilstuna. 2 s.
- Ericsson A. 2005. *Erfarenheter av utfodring med färsk vetedrank till grisar*. Practical experiences of using wet-wheat distillers grains in diets for pigs. Examensarbete 218, Inst. f. husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. 43 s.
- Eriksson G., Hedman H., Öhman M., Boström D., Pettersson E., Pommer L., Lindström E., Backman R., Öhman R. 2007. *Förbränningskaraktärisering av rapsmjöl och förslag till optimalt utnyttjande i olika förbränningsanläggningar*. Rapport A06-617, Värmeforsk, Stockholm.
- Fastinger N.D., Latshaw J.D., Mahan D.C. 2006. Amino Acid Availability and True Metabolizable Energy Content of Corn Distillers Dried Grains with Solubles in Adult Cecectomized Roosters. *Poultry Science*, 85, s. 1212-1216.
- Flysjö A., Cederberg C., Strid I. 2008. *LCA-databas för konventionella fodermedel - miljöpåverkan i samband med produktion*. Version 1, SIK-rapport Nr 772, SIK, Institutet för livsmedel och bioteknik, Göteborg. 125 s. ISBN 978-91-7290-265-7.
- Fridefors L. 1991. *Rapsexpeller som gödselmedel*. Examensarbete nr 76, Avdelningen för Växtnäringslära, Institutionen för Markvetenskap, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. 65 s.
- Gujer W., Zehnder A.J.B. 1983. Conversion Process in Anaerobic Digestion. *Water Science Technology*, 15, s. 127-167. Copenhagen. IAWPRC/Pergamon Press Ltd.
- Hagelberg M., Mathisen B., Thyselius L. 1988. *Biogaspotential från organiska avfall i Sverige*. JTI-rapport 90, Jordbrukstekniska institutet, Uppsala. 48 s. ISSN 0346-7597.
- Hansson G. 1981. *Methane fermentations: end product inhibition, thermophilic methane formation and production of methane from algae*. Doctoral dissertation. Dept of technical microbiology, University of Lund, Lund. 150 s.
- Hansson P.-A., Mattsson B. 1999. Influence of derived operation-specific tractor emission data on results from an LCI on wheat production. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 4, no. 4, s. 202-206.
- Hartenbower B.P., French W.T., Hernandez R., Licha M., Benson T.J. 2006. *Biogas production using glycerol, the biodiesel by-product, as the carbon source*. The 2006 Annual Meeting, San Francisco, California, 12-17 November 2006, American Institute of Chemical Engineers (AIChE), New York, New York, USA. 1 s.
- Hauschild M., Wenzel H. 1998. *Environmental Assessment of Products. Volume 2: Scientific background*. First edition. Chapman & Hall. 563 s. ISBN 0 412 80810 2.
- Haug R.T. 1993. *The Practical Handbook of Compost Engineering*. Lewis publishers. CRC Press, Inc., 2000 Corporate., Blvd., N.W., Boca Raton, Florida 33431, USA. 717 s. ISBN 0-87371-373-7.
- Hawkes D.L. 1979. Factors Affecting Net Energy Production from Mesophilic Anaerobic Digestion. I: Stafford D.A., Wheatley B.I., Hughes D.E. (editorer). *Anaerobic Digestion*.

- Proceedings of the First International Symposium on Anaerobic Digestion*, September 1979, held at University College, Cardiff, Wales. S. 131-149.
- IPCC. 2001. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton J.T., Ding Y., Griggs D.J., Noguera M., van der Linden P.J., Dai X., Maskell K., Johnson C.A. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 881 s.
- ISO. 1997. *Environmental management-Life cycle assessment-Principles and framework. International Standard ISO 14040*. First edition 1997-06-15. Reference number ISO 14040:1997(E). 16 s.
- ISO. 2006. *Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework (ISO 14040:2006)*. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- Jansson A., Rundgren M., Lindberg J.E., Ronéus M., Hedendahl A., Kjellberg L., Lundberg M., Palmgren Karlsson C., Ekström K. 2004. *Utfodringsrekommendationer för häst*. Hippologenheten, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. 43 s.
- Jensen T.K., Kongshaug G. 2003. *Energy consumption and greenhouse gas emissions in fertiliser production*. Proceedings No. 509, Paper presented to The International Fertiliser Society at a Meeting in London on 3:rd April 2003, Ifs - The International Fertiliser Society, York, United Kingdom. 29 s. ISBN 0-85310-145-0. ISSN 1466-1314.
- Jerger D.E., Tsao G.T. 1984. Feed Composition. I: Chynoweth D., Isaacson R. (editorer) *Anaerobic Digestion of Biomass*, chapter 5. Elsevier Applied Science, New York. S. 65-89.
- Jewell W.J., Cummings R.J., Richards B.K. 1992. Energy Production from Biomass and Wastes: Present limitations and potential improvements. I Baade W. (editor). *Biotechnologies for Pollution Control and Energy. Proceedings of the Third Workshop of the Working Group on Biogas Production Technologies*. CNREE Network on Biomass Production and Conversion for Energy, Braunschweig, Germany, 5-7 May 1992. Reur Technical Series 21, FAO Regional Office for Europe, Institut für Technologie, Bundesanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig, Germany. S. 7-36.
- Johnsson H., Mårtensson K. 2002. *Kväveläckage från svensk åkermark, Beräkningar av normalutlakning för 1995 och 1999*. Rapport 5248, Naturvårdsverket, Stockholm. 91 s. ISBN 91-620-5248-9. ISSN 0282-7298.
- Jordbruksverket. 2005. *Riktlinjer för gödsling och kalkning 2006*. Rapport 2005:21, Jordbruksverket, Jönköping. 71 s. ISSN 1102-3007. ISRN SJV-R-05/21-SE.
- Jungk N.C., Patyk A., Reinhardt G.A. 2000. *Bioenergy for Europe: Which ones fit best? – A comparative Analysis for the Community*-. Contract CT 98 3832. Final Report. November 2000. 184 s. + external annex 82 s. + spread-sheet annex: www.ifeu.de/nr_fair.htm.
- Kaltschmitt M., Reinhardt G.A. 1997. *Nachwachsende Energieträger. Grundlagen, Verfahren, Ökologische Bilanzierung*. Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft. Braunschweig/Wiesbaden, Tyskland. 548 s. ISBN 3-528-06778-0.
- Kim Y., Hendrickson R., Mosier N.S., Ladisch M.R., Bals B., Balan V., Dale B.E. 2008a. Enzyme hydrolysis and ethanol fermentation of liquid hot water and AFEX pretreated distillers' grains at high-solids loadings. *Bioresource Technology*, 99, s. 5206-5215.
- Kim Y., Mosier N., Ladisch M.R. 2008b. Process simulation of modified dry grind ethanol plant with recycle of pretreated and enzymatically hydrolyzed distillers' grains. *Bioresource Technology*, 99, s. 5177-5192.

- Klopfenstein T. 1996. Distillers grains as an energy source and effect of drying on protein availability. *Animal Feed Science Technology*, 60, s. 201-207.
- Koeln L.L., Hunt C.W., Bowman D.K., Paterson J.A. 1984. Maize whole stillages as a supplemental protein source for growing lambs and finishing steers. *Animal Feed Science and Technology*, 11, s. 181-187.
- Kücke M. 1993. The efficiency of rapeseed oil cake as fertilizer. *Agribiological Research*, 46(3), s. 269-276.
- Ladisch M., Dale B., Tyner W., Mosier N., Kim Y., Cotta M., Dien B., Blaschek H., Laurenas E., Shanks B., Verkade J., Schell C., Petersen G. 2008. Cellulose conversion in dry grind ethanol plants. *Bioresource Technology*, 99, s. 5157-5159.
- Lindh M., Rydh C.J., Tingström J. 2001. *En liten lärobok om Livscykelanalys*. Upplaga 3. Institutionen för Teknik, Högskolan i Kalmar, Kalmar. 174 s. ISBN 91-973906-1-5.
- Lindberg J.E. 2008a. *Näringsvärde hos färsk vetedrank vid utfodring till grisar*. Rapport 270, Inst. f. husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. 13 s. ISSN 0347-9838. ISRN SLU-HUV-R-270-SE.
- Lindberg J.E. 2008b. *Utfodring av unghästar med torkad vetedrank. Tillväxt, kroppsmått och blodparametrar*. Rapport 269, Inst. f. husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. 16 s. ISSN 0347-9838. ISRN SLU-HUV-R-269-SE.
- Lindberg J.E., Andersson C. 1993. *Smältbarhet och energiinnehåll i animalt fett och i en blandning av vegetabiliskt och animalt fett till grisar*. Rapport 220, Inst. f. husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. 10 s. ISSN 0347-9838. ISRN SLU-HUV-R--220-SE.
- Linde M., Galbe M., Zacchi G. 2008. Bioethanol production from non-starch carbohydrate residues in process streams from a dry-mill ethanol plant. *Bioresource Technology*, 99, s. 6505-6511.
- Lindfors L.-G., Christiansen K., Hoffman L., Virtanen Y., Juntilla V., Hanssen O.-J., Rønning A., Ekvall T., Finnveden G. 1995. *Nordic Guidelines on Life-Cycle Assessment*. Nordic Council of Ministers, Nord 1995:20, Copenhagen, Denmark. 230 s. ISSN 0903-7004, ISBN 92 9120 692 X.
- Lindfors L.-G., Svensson G. 1996. *Livscykelanalyser. LCA*. Swedish Environmental Protection Agency. Stockholm. 20 s.
- Ljung B., Högberg O. 1988. *Investeringsbedömning En introduktion*. Upplaga 1:1. Liber, Malmö. 132 s. ISBN 91-38-61816-8.
- Lumpkins B.S., Batal A.B., Dale N.M. 2004. Evaluation of Distillers Dried Grains with Solubles as a Feed Ingredient for Broilers. *Poultry Science*, 83, s. 1891-1896.
- Lärn-Nilsson J., Christensen S., Danielsson D.-A., Eriksson J.-Å., Ewing K., Furugren B., Larsson N.-E., Olsson S.-O., Rydhmer L., Widebeck L. 1998. *Naturbrukets husdjur. Del 2*. Natur och Kultur/LTs förlag. Stockholm. 296 s. ISBN 91-27-35085-1.
- Lärn-Nilsson J., Jansson D.S., Strandberg L. 1997. *Naturbrukets husdjur. Del 1*. LTs förlag. Stockholm. 304 s. ISBN 91-36-03375-8.
- Maskinkalkylgruppen. 2009. *Maskinkostnader 2009. Underlag och kalkylexempel på timkostnader för lantbruksmaskiner*. Maskinkalkylgruppen, Hushållningssällskapet, HIR Malmöhus, LRF konsult AB, Maskinkonsulenterna, Borgeby, Bjärred. 32 s.

- Mathisen B. 1993. Mikrobiologiska förutsättningar för biogasproduktion från olika avfall och biomassor. *Biogas i kretsloppet*. Konferens 9-10 mars 1993, NUTEK, Stockholm. 4 s.
- Mladenovska Z., Dabrowski S., Ahring B.K. 2003. Anaerobic digestion of manure and mixture of manure with lipids: biogas reactor performance and microbial community analysis. *Water Science and Technology*, 48(6), s. 271-278.
- Mosier N.S., Hendrickson R., Brewer M., Ho N., Sedlak M., Dreshel R., Welch G., Dien B.S., Aden A., Ladisch M.R. 2005. Industrial scale-up of pH-controlled liquid hot water pretreatment of corn fiber for fuel ethanol production. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 125, s. 77-97.
- Mustafa A.F., McKinnon J.J., Christensen D.A. 2000. Chemical characterization and in situ nutrient degradability of wet distillers' grains derived from barley-based ethanol production. *Animal Feed Science and Technology*, 83, s. 301-311.
- Mäntysaari P., Khalili H., Sariola J., Rantanen A. 2007. Use of barley fibre and wet distillers' solubles as feedstuffs for Ayrshire dairy cows. *Animal feed science and technology*, 135(1-2), s. 52-65.
- Mörtstedt S-E., Hellsten G. 1982. *Data och diagram. Energi- och kemitekniska tabeller*. Femte upplagan, första tryckningen, Esselte Studium AB, Nordstedts Tryckeri, Stockholm. 96 s. ISBN 91-24-31145-6.
- Nilsson D., Bernesson S. 2008. *Pelletering och brikettering av jordbruksråvaror - En systemstudie*. Processing biofuels from farm raw materials - A systems study. Rapport 001, Inst. f. energi och teknik, SLU, Uppsala. 164 s. ISSN 1654-9406.
- Noblet J., Fortune H., Dupire C., Dubois S. 1993. Digestible, metabolizable and net energy values of 13 feedstuffs for growing pigs: effect on energy system. *Animal Feed Science and Technology*, 42, s. 131-149.
- Nordberg Å., Edström M., Uusi-Pentillä M., Rasmuson Å. 2005. *Processintern metananrikning*. JTI-rapport Kretslopp & Avfall 33, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala. 39 s. ISSN 1401-4955.
- Norén O., Bohm M., Johansson S., Hansson P.-A. 1999. *Dieselavgaser vid olika system för jordbearbetning*. Teknik för Lantbruket, Nr. 74, JTI – Jordbrukstekniska institutet, Uppsala. ISSN 0282-6674. 8 s.
- Norén O., Danfors B. 1981. *Etanol som motorbränsle. Egenskaper – framställning – ekonomi*. Ethanol as fuel. Properties – production – costs. Meddelande nr 387, JTI, Jordbrukstekniska institutet, Uppsala. 52 s. ISSN 0368-3419. ISBN 91-7072-048-7.
- Nyachoti C.M., House J.D., Slominski B.A., Seddon I.R. 2005. Energy and nutrient digestibilities in wheat dried distillers' grains with solubles fed to growing pigs. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, s. 2581-2586.
- Nyns E-J. 1986. Biomethanation Processes. In: Rehm H.-J., Reed G. (editorer), Schönborn W. (vol. editor). *Biotechnology, A Comprehensive Treatise in 8 Volumes*, volume 8 (Microbial Degradations), chapter 5, VCH Verlagsgesellschaft mbH, D-6940 Weinheim, Federal Republic of Germany. S. 207-267. ISBN 3-527-25770-5 (Weinheim), ISBN 0-89573-048-0 (New York).
- Palmarola-Adrados B., Chotěborská P., Galbe M., Zacchi G. 2005. Ethanol production from non-starch carbohydrates of wheat bran. *Bioresource Technology*, 96, s. 843-850.

- Palmarola-Adrados B., Galbe M., Zacchi G. 2004. Combined steam pretreatment and enzymatic hydrolysis of starch-free wheat fibers. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 115, s. 989-1002.
- Parsby M., Rosenqvist H. 1999. *Energiafgrödernes produktionsökonomi – med särskild fokus på pil*. SJFI – Working Paper no. 3/1999. Statens Jordbrugs- og Fiskeriökonomiske Institut, Copenhagen, Denmark.
- Paulsson P. 2007. *Energianalys av etanolproduktion; En fallstudie av Lantmännen Agroetanol's produktionssystem i Norrköping*. Energy analysis of ethanol production; A case study of Lantmännen Agroetanol's production system in Norrköping. Examensarbete 2007:03, Inst. f. biometri och teknik, SLU, Uppsala. 101 s. ISSN 1652-3245.
- Pauss A., Naveau H., Nyns E.-J. 1987. Biogas production. I: Hall D.O., Overend R.P. (editorer). *Biomass: Regenerable energy*, John Wiley & Sons Ltd, New York, USA. S. 273-291. ISBN 047190919X.
- Pedersen C., Roos S., Jonsson H., Lindberg J.E. 2005. Performance, feeding behavior and microbial diversity in weaned piglets fed liquid diets based on water or wet wheat-distillers grain. *Archives of Animal Nutrition*, 59, s. 165-179.
- Perkis D., Tyner W., Dale R. 2008. Economic analysis of a modified dry grind ethanol process with recycle of pretreated and enzymatically hydrolysed distillers' grains. *Biore-source Technology*, 99, s. 5243-5249.
- Persson M. 2003. *Utvärdering av uppgraderingstekniker för biogas*. Rapport SGC 142. Svenskt Gastekniskt Center AB, Malmö. 83 s. ISSN 1102-7371. ISRN SGC-R--142-SE.
- Pettersson D. 1985. *Drank från spannmål: Kemisk sammansättning och fodervärde till slaktkyckling*. Fakta husdjur, Nr 12, 1985. 4 s. ISSN 0280-7130.
- Pettersson D., Hesselman K., Åman P. 1987. Nutritional Value for Chickens of Dried Distillers-Spent-Grain from barley and Dehulled Barley. *Animal Feed Science and Technology*, 17, s. 145-156.
- Pimentel D. (ed.). 1980. *Handbook of energy utilization in agriculture*. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, USA. 486 s. ISBN 0-8493-2661-3.
- Pirt S.J. 1978. Aerobic and anaerobic microbial digestion in waste reclamation. *Journal of applied chemistry and biotechnology*, 28, s. 232-236.
- Planck C., Lindberg J.E., Rundgren M., Roneus M., Lundström B., Åhäll P.G., Larsson L.H., Leander B. 1998. *Hästen - Näringsbehov och fodermedel (2:a upplagan)*. Rapport 1, Hippologenheten, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. 35 s. ISSN 1403-1019.
- Planck C., Rundgren M. 2005. *Hästens näringsbehov och utfodring*. Natur och Kultur / Fakta etc. Stockholm. 255 s. ISBN 91-27-35601-9.
- Praks O. 1993. *Eldningsförsök med rapsexpeller*. Sammanställt nr 17, Inst. f. lantbrukets byggnadsteknik, Sveriges lantbruksuniversitet, Lund. 15 s. ISSN 1101-5845.
- Punter G., Rickeard D., Larivé J-F., Edwards R., Mortimer N., Horne R., Bauen A., Woods J. 2004. *Wells-to-wheel evaluation for production of ethanol from wheat*. A report by the LowCVP fuels working group, wtw sub-group. Report FWG-P-04-024, LowCVP low carbon vehicle partnership, London, United Kingdom. 40 s.
- Richards B.K., Cummings R.J., White T.E., Jewell W.J. 1991. Methods for Kinetic Analysis of Methane Fermentation in High Solids Biomass Digesters. *Biomass and Energy*, 1(2), s. 65-73. Printed in Great Britain. Pergamon Press plc.

- Roberson K.D., Kalbfleisch J.L., Pan W., Charbeneau R.A. 2005. Effect of Corn Distiller's Dried Grains with Solubles at Various Levels on Performance of Laying Hens and Egg Yol Color. *International Journal of Poultry Science*, 4, s. 44-51.
- Rudling L. 1991. *Spannmålsförbränning i en cirkulerande fluidiserad bädd*. Rapport 415, Värmeforsk, Stiftelsen för värmeteknisk forskning, Stockholm. 37 s. ISSN 0282 3772.
- Rundgren M., Askbrant S., Thomke S. 1985. Nutritional evaluation of low- and high-glucosinolate rapeseed meals with pigs, laying hens and rats. *Swedish Journal of Agricultural Research*, 15(2), s. 61-69. ISSN 0049-2701.
- Rydh C.-J., Lindahl M., Tingström J. 2002. *Livscykelanalys – en metod för miljöbedömning av produkter och tjänster*. Studentlitteratur, Lund. 227 s. ISBN 91-44-02447-9.
- Santos F.A.P., Santos J.E.P., Theurer C.B., Huber J.T. 1998. Effects of Rumen-Undegradable Protein on Dairy Cow Performance: A 12 year Literature Review. *Journal of Dairy Science*, 81, s. 3182-3213.
- Sasikala-Appukuttan A.K., Schingoethe D.J., Hippen A.R., Kalscheur K.F., Karges K., Gibson M.L. 2008. The Feeding value of Corn Distillers Solubles for Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 91, s. 279-287.
- SCB. 2009b. *Arrendepriiser på jordbruksmark 2008. Agricultural rents 2008. (Genomsnittligt arrendepriis för jordbruksmark 2002, 2004, 2006 och 2008, kr/ha, endast arrenden med avgift. Östra Mellansverige 2008)*. Statistiska Meddelanden JO 39 SM 0901, Sveriges Officiella Statistik, Statistiska centralbyrån, Stockholm och Örebro. 14 s. ISSN 1404-5834.
- SCB. 2009c. *Jordbruksstatistisk årsbok 2009 med data om livsmedel*. Sveriges officiella statistik, Jordbruksverket och Statistiska centralbyrån. Jönköping och Örebro. 391 s. ISSN 1654-4382 (online), ISSN 0082-0199 (print), ISBN 978-91-618-1493-0 (print).
- Schell D.J., Riley C.J., Dowe N., Farmer J., Ibsen K.N., Ruth M.F., Toon S.T., Lumpkin R.E. 2004. A bioethanol process development unit: initial operating experiences and results with a corn fiber feedstock. *Bioresource Technology*, 91, s. 179-188.
- Schingoethe D.J., Brouk M.J., Birkelo C.P. 1999. Milk Production and Composition from Cows Fed Wet Corn Distillers Grains. *Journal of Dairy Science*, 82, s. 574-580.
- Schmitz N. (ed.). 2003. *Bioethanol in Deutschland*. Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“. Band 21, Meó Consulting Team, Köln. Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster, Germany. 355 s.
- Simonsson A. 2006. *Fodermedel och näringsrekommendationer för gris*. Rapport 266, Inst. f. husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. 26 s. ISSN 0347-9838. ISRN SLU-HUV-R--266-SE.
- SIS. 1998. *Biobränslen och torv – Bränslepellets. Biofuels and peat - Fuel pellets*. Energiteknik - fasta biobränslen och torv. SS 187120, SIS – Swedish Standards Institute, Stockholm.
- SJV. 2006. *Statens jordbruksverks föreskrifter och allmänna råd om foder; beslutade den 7 december 2006*. SJVFS 2006:81, Saknr. M 39, Statens jordbruksverks författningssamling, Statens Jordbruksverk, Jönköping. 152 s. ISSN 1102-0970.
- Slätt S. 2008. *Hur kan blöt spannmålsdrank lagras, hanteras och utfodras till mjölkkor?* Examensarbeten inom Agronomprogrammet, Alnarp, 2008:1. Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap, SLU, Alnarp. 67 s.

- Snedigar D. 2008. *What's for breakfast? Your favorite breakfast foods – steak and eggs, bacon, sausage and even cheese – all result from a co-product of ethanol called Distillers Dried Grains with solubles*. Vital 3, 2008, Poet, Sioux Falls, South Dakota, USA. 2 s.
- Solbräcke B. 1976. *Bränslen och förbränningslära*. Inst. f. energiteknik, Chalmers tekniska högskola, Göteborg. 55 s.
- Sonesson U. 1993. *Energianalyser av biobränslen från höstvetete, raps och salix*. Energy analysis of biofuels from winter wheat, rape seed and salix. Rapport 174, Inst. f. lantbruksteknik, SLU, Uppsala. 64 s. ISSN 00283-0086. ISRN SLU-LT-R--174-SE.
- Spörndly R. (red.). 2003. *Fodertabeller för idisslare 2003*. Rapport 257, Inst. f. husdjurens utfodring och vård, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. 96 s. ISSN 0347-9838. ISRN SLU-HUV-R--257-SE.
- Statistiska centralbyrån. 2010. *Trädbränsle- och torvpriser*. Nr 2 / 2010. Sveriges officiella statistik, Statistiska meddelanden EN 0307 SM 1002, Statistiska centralbyrån, Örebro och Energimyndigheten, Eskilstuna. 2 s.
- STEM. 2010. *Energiläget i siffror 2010*. Energy in Sweden – facts and figures 2010. Rapport ET 2010:46, Statens energimyndighet, Eskilstuna. 56 s.
- STEM. 2011. *Transportsektorns energianvändning 2011*. Rapport ES 2011:05, Statens energimyndighet, Eskilstuna. 26 s. ISSN 1654-7543.
- Stjernman Forsberg L., Kynkäänniemi P., Kyllmar K. 2009. *Växtnäringsförluster i små jordbruksdominerade avrinningsområden 2007/2008. Årsredovisning för miljöövervakningsprogrammet typområden på jordbruksmark*. Technical Report Ekohydrologi 112, Institutionen för mark och miljö, Fakulteten för naturresurser och lantbruksvetenskap, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. 41 s. ISRN SLU-VV-EKOHYD-112-SE. ISSN 0347-9307.
- Strömberg B. 2005. *Bränslehandboken. Handbook of fuels*. Miljö- och förbränningsteknik, Rapport nr 911, Värmeforsk Service AB, Stockholm. 312 s. + elektroniska bilagor. ISSN 0282-3772.
- Thyselius L. 1982. *Biogas från gödsel och avfall*. JTI-meddelande nr 391, Jordbrukstekniska institutet, Uppsala. 74 s. ISBN 91-7072-052-5. ISSN 0368-3419.
- Tucker M.P., Nagle N.J., Jennings E.W., Ibsen K.N., Aden A., Nguyen Q.A., Kim K.H., Noll S.L. 2004. Conversion of distiller's grain into fuel alcohol and a higher-value animal feed by dilute-acid pretreatment. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 115, s. 1139-1159.
- Uppenberg S., Almemark M., Brandel M., Lindfors L.-G., Marcus H.-O., Strippl H., Wachtmeister A., Zetterberg L. 2001. *Miljöfaktabok för bränslen. Resursförbrukning och emissioner från hela livscykeln*. Environmental factual study book. Resource consumption and emissions from the whole life cycle. Del 1. Huvudrapport + Del 2. Bakgrundsinformation och Teknisk bilaga. Report B1334A-2 + B1334B-2, IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Stockholm. 207 s.
- Valaja J., Alaviuhkola T., Siljander-Rasi H. 1995. Wet barley distillers solids as a protein source for growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 51, s. 193-202.
- Valaja J., Näsi M. 1996. Digestibility and utilisation of diets composed of wet distillers' solids or soyabean meal and supplemented with liquid lysine product for growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 57, s. 267-279.
- Vallander L., Östman A., Wimmerstedt R. 2006. *Programmet etanol från skogsråvara – Slutrapport*. ER 2006:23, Statens energimyndighet, Eskilstuna. 60 s. ISSN 1403-1892.

- Verougstraete A., Nyns E.-J., Naveau H.P. 1985. Heat recovery from composting and comparison with energy from anaerobic digestion. I: Gasser J.K.R. (editor). *Composting of agricultural and other wastes*. Elsevier Applied Science Publishers, London, United Kingdom. S. 135-146. ISBN 0-85334-357-8.
- Waldroup P.W. 2007. Biofuels and broilers --- competitors or cooperators? I: *2007 Proceedings of the 5th Mid-Atlantic Nutrition Conference*, March 28-29, 2007, Timonium, Maryland, USA. S. 25-33.
- Waldroup P.W., Wang Z., Coto C., Cerrate S., Yan F. 2007. Development of a Standardized Nutrient Matrix for Corn Distillers Dried Grains with Solubles. *International Journal of Poultry Science*, 6, s. 478-483.
- Wang Z., Cerrate S., Coto C., Yan F., Waldroup P.W. 2007a. Use of Constant or Increasing Levels of Distillers Dried Grains with Solubles (DDGS) in Broiler Diets. *International Journal of Poultry Science*, 6, s. 501-507.
- Wang Z., Cerrate S., Coto C., Yan F., Waldroup P.W. 2007b. Utilization of Distillers Dried Grains with Solubles (DDGS) in Broiler Diets using a Standardized Nutrient Matrix. *International Journal of Poultry Science*, 6, s. 470-477.
- Wang Z., Cerrate S., Coto C., Yan F., Waldroup P.W. 2007c. Effect of Rapid and Multiple Changes in Level of Distillers Dried Grains with Solubles (DDGS) in Broiler Diets on Performance and Carcass Characteristics. *International Journal of Poultry Science*, 6, s. 725-731.
- Weil J.R., Sarikaya A., Rau S.-L., Goetz J., Ladisch C.M., Brewer M., Hendrickson R., Ladisch M. 1998. Pretreatment of corn fiber by pressure cooking in water. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 73, s. 1-17.
- Wenzel H., Hauschild M., Alting L. 1997. *Environmental Assessment of Products. Volume 1: Methodology, tools and case studies in product development*. First edition. Chapman & Hall, London, UK. 555 s. ISBN 0-412-80800-5.
- Wheatley B.I. 1979. The Gaseous Products of Anaerobic Digestion - Biogas. I: Stafford D.A., Wheatley B.I., Hughes D.E. (editorer). *Anaerobic Digestion. Proceedings of the First International Symposium on Anaerobic Digestion*, September 1979, held at University College, Cardiff, Wales. S. 415-426.
- Wilkie A.C., Riedesel K.J., Owens J.M. 2000. Stillage characterization and anaerobic treatment of ethanol stillage from conventional and cellulosic feedstocks. *Biomass and Bioenergy*, 19, s. 63-102.

17.2 Internetreferenser

- Agriwise. 2002. www.agriwise.org (2002-02-14). *Databok för driftsplanering 2002, Områdeskalkyler för 2002*. Agriwise, Inst. för ekonomi, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Agriwise. 2009. www.agriwise.org/databoken/index.html (flera datum: 2009-09-01 – 2011-05-31). *Databoken 2010, Områdeskalkyler 2010, Tidigare Databöcker & områdeskalkyler*. Agriwise, Inst. för ekonomi, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.
- Agriwise. 2010-2011. www.agriwise.org/databoken/index.html (flera datum: 2010-09-01 – 2011-05-31). *Databoken 2005-2010, Områdeskalkyler 2006-2011. Tidigare Databöcker & områdeskalkyler*. Agriwise, Inst. för ekonomi, Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala.

- Agroetanol. 2008. www.agroetanol.se (2008-03-05; 2008-06-25). Agroetanol AB, Norrköping.
- Agroetanol. 2009. www.agroetanol.se (2009-07-12). Lantmännen Agroetanol AB, Norrköping.
- Agroetanol. 2011. www.agroetanol.se (2011-09-14). Lantmännen Agroetanol AB, Norrköping.
- ATL. 2011. atl.nu/marknad/ (2011-03-30). Foderkorn lantmännen: ATL Lantbrukets affärstidning, LRF Media AB, Stockholm.
- Biogas-Südwest. 2007. www.biogas-suedwest.de/technik.htm (2007-07-30). *Kennzahlen zur Biogasnutzung; Gasausbeuten in l / kg org. Trockenmasse*. Biogas Südwest Innoplan GmbH, Trier, Tyskland.
- Distillers Grains Technology Council. 2008. www.distillersgrains.org (2008-09-03). Distillers Grains Technology Council, University of Louisville, Louisville, Kentucky, USA.
- Indexmundi. 2011. www.indexmundi.com/commodities/?commodity=soybeans&months=60. Description: Soybeans, U.S. soybeans, Chicago Soybean futures contract (first contract forward) No. 2 yellow and par, US\$ per metric tonne.
- Jordbruksverket. 2011a. statistik.sjv.se/Database/Jordbruksverket/Markanvandning/Markanvandning.asp (2011-03-31). *Åkerarealens användning efter län/riket och gröda. År 1981-2009*. Jordbruksverket, Jönköping.
- Jordbruksverket. 2011b. statistik.sjv.se/Database/Jordbruksverket/Husdjur/Husdjur.asp (2011-03-31). *Husdjur efter län/riket och djurslag. År 1981-2009*. Jordbruksverket, Jönköping.
- Journey to Forever. 2007. journeytoforever.org (2007-06-13). Journey to forever. Tamba-cho, Funai-gun, Kyoto, Japan.
- Livsmedelssverige. 2007. www.livsmedelssverige.org (2007-05-11). *Livsmedelssverige: Produktion: Djurhållning: Hönhållning och äggproduktion; Kyckling och kycklingproduktion*. Livsmedelssverige, SLU – Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Livsmedelssverige. 2008. www.livsmedelssverige.org/hona/fodermedel.htm (2008-06-30). *Fodermedel och foder till värphöns och slaktkycklingar*. Livsmedelssverige, SLU – Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Nordpool. 2011. www.nordpoolspot.com/reports/systemprice/Post.aspx (2011-03-31). *Årliga genomsnittspriser på Nordpool*. Nord Pool Spot AS, Lysaker, Norge.
- Pelletsindustrin. 2011. www.pelletsindustrin.org (2011-03-31). *Leveransstatistik Sverigemarknaden 1997-2010 / Leveransstatistik / Statistik*. Pelletsindustrins Riksförbund, Stockholm.
- Riksbanken. 2009. www.riksbank.se (2009-02-18). *Valutor mot svenska kronor, medel, min och max, åren 1995-2008*. Riksbanken, Stockholm.
- Riksbanken. 2011. www.riksbank.se/templates/stat.aspx?id=16747 (2011-03-30). *Sveriges Riksbank, Månadsgenomsnitt på valutakurser: Januari 2005 - December 2010*. Riksbanken, Stockholm.
- SBI-Trading. 2008. www.sbi-trading.se (2008-03-05). SBI Trading AB, Sveriges Brännreintressenter, Kristianstad.
- SBI-Trading. 2009. www.sbi-trading.se (2009-08-04). SBI Trading AB, Sveriges Brännreintressenter, Kristianstad.

- Scandinavian biogas. 2007. www.scandinavianbiogas.se (2007-07-18). Scandinavian Biogas Fuels AB, Uppsala.
- SCB. 2009a. www.scb.se (2009-07-12). *Åkerarealens användning i riket efter gröda. År 1981-2007 / Åkerarealens användning efter län/riket och gröda. År 1981-2007 / Gör egna uttag ur statistikdatabasen / Tabeller & Diagram / Jordbruksmarkens användning / Jord- och skogsbruk, fiske / Statistik efter ämne / Hitta statistik*. Statistiska centralbyrån, Stockholm och Örebro.
- SCB. 2010. www.scb.se/Pages/SalariesSearch.aspx?id=259066 (2010-10-14). *Maskinförare Jordbruk, genomsnittslön år 2009*. Lönedatabasen, sökord lantarbetare. Statistiska centralbyrån, Stockholm och Örebro.
- SCB. 2011. www.scb.se (2011-03-31). *Skördar efter gröda. År 1965-2009 / Skördar efter region och gröda. År 1965-2009 / Gör egna uttag ur statistikdatabasen / Tabeller & Diagram / Skörd av spannmål, trindsäd och oljeväxter / Jord- och skogsbruk, fiske / Statistik efter ämne / Hitta statistik*. Statistiska centralbyrån, Stockholm och Örebro.
- Svenska Kraftnät. 2011. elcertifikat.svk.se/cmcall.asp (2011-03-29). Cesar Elcertifikat, Svenska Kraftnät, Sundbyberg.
- Vattenfall. 2009. www.vattenfall.se (2009-11-26). Vattenfall AB, Stockholm.

17.3 Personliga meddelanden

- Ahlbert Jonas. Swedish Biogas International, Linköping. 0708-23 31 62 / jonas.ahlbert@svenskiogas.se. 2008-06-25.
- Bertilsson Jan. Forskningsledare, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, SLU. 018-67 16 45 / Jan.Bertilsson@huv.slu.se. 2008-06-30.
- Björck Anne. Univar AB. Anne.Bjorck@univareurope.com. 2010-01-18 och 2009-12-18.
- Edström Mats. Forskare, JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik. 018-30 33 86 / Mats.Edstrom@jti.se. 2008-06-30.
- Ejlertsson Jörgen. Docent, Scandinavian Biogas Fuels AB. 0739-93 95 73 / Jorgen.Ejlertsson@scandinavianbiogas.com. 2008-07-01 och 2008-07-03.
- Ekström Tor. Försäljare, Lantmännen Direkt, Malmö. 0771-111222. 2010-10-13.
- Elvstrand Bengt. SBI-Trading, Nöbbelöv, Kristianstad. 044-23 60 60 / bengt.e@sbi-trading.se. 2008-06-26.
- Elwinger Klas. Forskare, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, SLU. 0702-35 51 27 / Klas.Elwinger@huv.slu.se. 2008-06-30.
- Erichsen Elisabeth. Lantmännen Agroetanol AB, Norrköping. 011-15 52 14 / elisabeth.erichsen@lantmannen.se 2009-08-03, 2009-08-05 och 2009-12-15.
- Espeving Andreas. Vattenfall, Uppsala. 070-395 30 63. 2009-11-27.
- Gundberg Andreas. Lantmännen Agroetanol AB, Norrköping. 011-15 52 07 / andreas.gundberg@lantmannen.com. 2008-06-30.
- Jansson Anna. Forskarassistent, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, SLU. 018-67 21 06 / Anna.Jansson@huv.slu.se. 2007-05-10.
- Johansson Bengt Olof. Vd, Lantmännen Agroetanol, Norrköping. 011-15 52 01 / bengt.olof.johansson@lantmannen.com. 2010-10-20 och 2010-10-29.

Karlsson Olof. SERO - Sveriges Energiföreningars RiksOrganisation, Köping. 0221-197 65 /
karlsson.sero@koping.net. 2007-07-25.

Lindberg Jan-Erik. Professor, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, SLU. 018-67
21 02, 018-67 45 02 / Jan.Erik.Lindberg@huv.slu.se. 2008-06-30.

Waldenstedt Lotta. Forskare, Institutionen för husdjurens utfodring och vård, SLU. 018-67 45
31 / Lotta.Waldenstedt@huv.slu.se. 2007-05-11.

Werling Kenneth. Agroetanol AB. 2003-10-28.

BILAGA 1. DRANKBEGREPP

CDS	Condensed Distiller's Solubles (CDS) är den produkt som erhålles vid indunstningen av drankvattnet. Den har vanligen en torrs substans på 10-33 %. Kallas ofta även sirap.
DDG	Dried Distiller's Grain (DDG) är torkad drank.
DDGS	Dried Distiller's Grain with Solubles (DDGS) är torkad drank som pelleterats med sirap (se nedan). Den har en torrs substanshalt på ca 90 %.
DG	Distiller's Grain (DG) är blöt (våt) drank som inte behandlats på något sätt efter destillationen. Den har en torrs substanshalt på 8-10 %.
DGS	Distiller's Grain with Solubles (DGS) är blöt (våt) drank som även innehåller sirap (se nedan). Den har en torrs substanshalt på 8-30 %.
Dekantrar	En typ av centrifuger som används för att separera den fasta delen av mäsken från den flytande delen. Från dekantrar erhålls våtkaka och drankvatten.
Drank	Den del av mäsken som inte har destilleras bort som alkohol i mäskekolonnerna.
Drankvatten	Den vätska som erhålles vid centrifugeringen av dranken. Den består främst av lösta partiklar från denna, samt har en torrs substanshalt på ca 10 %.
eDDGS	enhanced Dried Distiller's Grain with Solubles (eDDGS) är torkad sekundärdrank som pelleterats med sirap (se nedan). Den har en torrs substanshalt på ca 90 %.
eDG	enhanced Distiller's Grain (eDG) är blöt (våt) sekundärdrank som inte behandlats på något sätt efter destillationen. Den har en torrs substanshalt på 8-10 %.
eDGS	enhanced Distiller's Grain with Solubles (eDGS) är blöt (våt) sekundärdrank som även innehåller sirap (se nedan). Den har en torrs substanshalt på 8-30 %.
Enzym	Biologisk katalysator som underlättar nedbrytningen av t.ex. stärkelse till glukos. Är ofta en komplicerad proteinmolekyl.
Fermentering	Jäsning av socker till etanol med hjälp av jästceller.
Finkel	Består av högre alkoholer som t.ex. isoamylalkohol. Är en biprodukt som separeras ut vid destillationen. Högre alkohol innebär alkoholer med fler kolatomer per molekyl.
Heads	Består av etylacetat och acetaldehyd. Är en biprodukt som separeras ut i en aldehydstripper.
Hydrolys	Nedbrytning av spannmålets stärkelse till glukos (enkla sockerarter). Sker med hjälp av enzym och värme.
Likvifiering	Upphettnings av en blandning av mjöl, vatten och enzymer. Värmen gör att stärkelsen konverteras från olöst till löst form under inverkan från enzymer. Detta gör att stärkelsen blir tillgänglig för nedbrytning till socker.

Mäsk	Den vätskeblandning av mald hydrolyserad spannmål, jäst och vatten där fermenteringen (jäsningen) sker. Under fermenteringen ökar etanolhalten i mäskan till ca 10 % då jästen metaboliserar glukosen (sockret).
Primärdrink	Primärdrink är den drink som erhålles efter jäsning av en mäsk som hydrolyserats en gång. T.ex. mäsk efter hydrolys av stärkelse i spannmål.
Sekundärdrink	Sekundärdrink är den drink som erhålles efter jäsning av en mäsk som hydrolyserats två gånger. T.ex. mäsk efter hydrolys av cellulosa och hemicellulosa i spannmål. Mäsk som först har genomgått en primär hydrolys av spannmålets stärkelse.
Sirap	Den produkt som erhålles vid indunstningen av drinkvattnet. Den har vanligen en torrsubstans på 10-33 %. Kallas även Condensed Distiller's Solubles (CDS).
Våtkaka	Namnet på den kaka som erhålles efter centrifugeringen av dranken, den del som består av de fasta partiklarna, och har en torrsubstanshalt på ca 33 %.
WDG	Wet Distiller's Grain (WDG) är den fasta blöta produkt som erhålles då dranken centrifugerats. Innehåller ca 30 % torrsubstans.
WDGS	Wet Distiller's Grain with Solubles (WDGS) är den fasta blöta produkt som erhålles då dranken centrifugerats där även sirap tillsatts. Innehåller ca 30 % torrsubstans.

BILAGA 2. KOSTNADER FÖR ETANOLANLÄGGNINGAR MED KONVENTIONELL PRODUKTION JÄMFÖRT MED SÅDANA DÄR ÄVEN CELLULOSA OCH HEMICELLULOSA KAN NYTTJAS

Nedanstående tabeller över kostnader för produktion av etanol från majs i en konventionell etanolanläggning och i en etanolanläggning där även cellulosa och hemicellulosa kan nyttjas kommer från en amerikansk studie (Perkis m.fl., 2008). Kostnaderna är angivna i US dollar. En sådan är värd ca 8 SEK, men detta varierar med tiden (5,84-11,00 SEK under perioden 1995-2008 med medel 7,90 SEK: Riksbanken, 2009). Den konventionella anläggningen kallas i tabellerna för basprocess och den som kan nyttja cellulosa och hemicellulosa för alternativ process med förbehandling.

Tabell B2:1. Kapital och finansiell analys av bas- och alternativ process (Perkis m.fl., 2008)

	Basprocess (\$)	Med förbehandling (\$)	Förändring (%)
Total kapitalinvestering	148 260 425	158 454 889	+ 6,9
varav 40 % som stamaktier	59 304 170	63 381 955	+ 6,9
Initial avbetalning av lån	10 901 732	11 651 340	+ 6,9
Internränta (IRR)	33,1 %	38,5 %	
Avkastningsvärde (NPV)	161 957 921	214 581 147	+ 32,5
Skillnad i avkastningsvärde (NPV)		52 623 226	

Tabell B2:2. Råvarupriser samt ekonomiska antaganden (efter: Perkis m.fl., 2008)

	Pris US-enheter	Omvandling, enheter	Pris SEK/enhet
Majspris	\$3,82/bushel	25,4012 kg/bushel ger	1,20 SEK/kg
Sojamjölpris	\$217/ton	907,18474 kg/ton ger	1,91 SEK/kg
Etanolpris	\$2,23/gallon	3,7854 liter/gallon ger	4,71 SEK/liter
Bensinpris	\$2,27/gallon	3,7854 liter/gallon ger	4,80 SEK/liter
DDGS-pris	\$105/ton	907,18474 kg/ton ger	0,93 SEK/kg
CO ₂ -pris	\$6,26/ton	907,18474 kg/ton ger	0,055 SEK/kg
Alfa-amylas	\$5,50/lb	0,45359 kg/lb ger	97,00 SEK/kg
Gluko-amylas	\$3,15/lb	0,45359 kg/lb ger	55,56 SEK/kg
Räntenivå	8,7 %		
Skuld/Stamaktie-förhållande	60 / 40		

Tabell B2:3. Material in och ut ur processen (efter: Perkis m.fl., 2008)

	Basprocess	Med förbehandling	Förändring (%)
Majs (Yellow dent) (ton/år)	905 500	905 500	0
Etanol (m ³ /år)	378 540	426 500	+ 12,7
DDGS eller eDDGS (ton/år)	325 680	252 150	- 22,6

Tabell B2:4. Årliga intäkter och driftkostnader för bas- och alternativ process (Perkis m.fl., 2008)

	Basprocess (\$)	Med förbehandling (\$)	Förändring (%)
Intäkter:			
Etanol	223 000 000	251 254 754	+ 12,7
DDGS eller eDDGS	37 694 685	28 735 669	- 23,8
CO ₂	2 004 506	2 271 200	+ 13,3
Summa intäkter	262 699 191	282 261 623	+ 7,4
Kostnader:			
Spannmål	136 176 590	136 176 590	0
Enzymer	13 532 318	16 066 376	+ 18,7
Jäst	1 018 105	1 056 774	+ 3,8
SO ₂	4 766 430	4 947 464	+ 3,8
Denatureringsmedel	11 350 000	12 788 078	+ 12,7
Summa förnödenheter	166 843 443	171 035 283	+ 2,5
Värme	25 576 643	29 602 759	+ 15,7
Elektricitet	7 673 417	9 434 927	+ 23,0
Vatten	457 184	515 110	+ 12,7
Summa energi och vatten	33 707 243	39 552 795	+ 17,3
Arbetskraft	6 553 650	7 017 489	+ 7,1
Skatter	8 234 656	9 698 408	+ 17,8
Licensavgifter	5 253 984	5 645 232	+ 7,4
Underhåll	5 253 984	5 645 232	+ 7,4
Övrigt	2 621 460	2 806 996	+ 7,1
Summa indirekta kostnader	27 917 734	30 813 358	+ 10,4
Summa driftskostnader	229 165 569	241 401 436	+ 5,3
Netto intäkter (exkl. lån)	33 533 622	40 860 187	+ 21,8

Tabell B2:5. Kapital och finansiell analys av bas- och alternativ process (Perkis m.fl., 2008)

	Basprocess (\$)	Med förbehandling (\$)	Förändring (%)
Total kapitalinvestering	148 260 425	158 454 889	+ 6,9
varav 40 % som stamaktier	59 304 170	63 381 955	+ 6,9
Initial avbetalning av lån	10 901 732	11 651 340	+ 6,9
Internränta (IRR)	33,1 %	38,5 %	
Avkastningsvärde (NPV)	161 957 921	214 581 147	+ 32,5
Skillnad i avkastningsvärde (NPV)		52 623 226	

Tabell B2:6. Kapitalkostnader för bas- och alternativ process (efter: Perkis m.fl., 2008)

	Basprocess (\$)	Med förbehandling (\$)	Förändring (%)
Total kapitalinvestering	148 260 425	158 454 889	+ 6,9
Tot kapitalinvestering/m ³ etanol	392	372	- 5,1
som SEK/m ³ etanol	3 130	2 970	- 5,1
Kostnader för producerad etanol (SEK/liter)	4,20	4,12	- 2,0

Investeringskostnaderna och priserna i ovanstående tabeller gäller för amerikanska förhållanden, men ger trots detta en indikation om vad kostnaderna kan bli för en svensk etanolanläggning, där även cellulosa och hemicellulosa kan nyttjas för etanolproduktion. I den anläggning som behandlas ovan jäses pentoser från hemicellulosa tillsammans med hexoser från cellulosa hexoser från stärkelse. För att kunna göra detta med gott utbyte måste enzymen vidareutvecklas. Det kan vara så att jäsningsen av stärkelsesocker och sockret från cellulosan och hemicellulosan måste ske i separata kärl. Detta skulle medföra att etanolanläggningen blir dyrare än den ovan beskrivna (extra kärl krävs då för denna jäsnings).

BILAGA 3. ANALYSVÄRDEN PÅ DRANK MED KONVENTIONELL PRODUKTION JÄMFÖRT MED ANALYSVÄRDEN PÅ DRANK DÄR ÄVEN CELLULOSA OCH HEMICELLULOSA NYTTJATS

I tabell B3:1-2 ges exempel på sammansättningen hos majsdrank av både konventionell typ (primärdrank: DDGS) och sådan som behandlats för utvinning av även cellulosa och hemicellulosa till etanol (sekundärdrank: eDDGS). Ursprunget verkar vara detsamma i tabell B3:1. Så är inte fallet i tabell B3:2, men här ges istället några andra typer av data. Vid avläsning av tabell B3:2 bör man ha i åtanke att sammansättningen hos drank från olika leverantörer uppvisar stora skillnader i sammansättning.

Tabell B3:1. Analysvärden på primärdrank (DDGS) från konventionell etanolproduktion och på sekundärdrank (eDDGS) från etanolproduktion där även cellulosa och hemicellulosa bidragit till etanolproduktionen (efter: Perkis m.fl., 2008)

	DDGS (%)	eDDGS (%)	Förändring (%)
Råprotein	23,3	41,2	+ 76,8
Smältbart metionin + cystin	1,08	1,14	+ 5,6
Smältbart treonin	1,08	1,33	+ 23,1
Smältbart tryptofan	0,19	0,21	+ 10,5
Smältbart lysin	0,97	0,58	- 40,2
Isoleucin	1,13	1,53	+ 35,4
Valin	1,48	1,94	+ 31,1
Kalcium	0,031	0,035	+ 12,9
Fosfor	1,07	1,20	+ 12,1
Tillgängligt fosfor	0,92	1,02	+ 10,9
Råfett	14,5	14,7	+ 1,4
Råfiber	6,52	2,88	- 55,8

Tabell B3:2. Analysvärden på primärdrank (DDG och DDGS) från konventionell etanolproduktion och på sekundärdrank (eDDG) från etanolproduktion där även cellulosa och hemicellulosa bidragit till etanolproduktionen (efter: Tucker m.fl., 2004)

	Majs	DDG	DDGS	eDDG
Torrsubstans (%)	89,0	97,0	93,0	95,86
Omsättbar energi ^a (MJ/kg)	14,0	8,25	10,4	8,40
Smältbar energi ^a (MJ/kg)	14,5	-	13,0	10,7
Protein (%)	8,5	27,8	27,4	57,8
Eterextrakt (%)	3,8	9,2	9,0	14,6
Råfiber (%)	2,2	12,0	9,1	3,9

^a Gäller vid utfodring av kalkoner.

BILAGA 4. KEMIN BAKOM OMVANDLINGEN AV DRANKENS CELLULOSA TILL ETANOL I EN PROCESS MED ETT EXTRA STEG FÖR DETTA SAMT ANVÄNDNING AV DRANKEN SOM FODER TILL OLIKA DJURSLAG, BRÄNSLE, GÖDSELMEDEL OCH BIOGAS

Nedan beskrivs förloppet, då cellulosa (antas även gälla hemicellulosa) i primärdrank (DGS) omvandlas till etanol, med kemiska reaktionsformler:

	Cellulosa		Etanol	
	$n*(C_6H_{10}O_5) + n*H_2O \implies 2n*C_2H_5OH + 2n*CO_2$			
a (g)	1	0,111114	0,568250	0,542864
M (g/mol)	162,14	18,016	46,068	44,01
n (mol)	0,006168	0,006168	0,012335	0,012335

Massa $C_2H_5OH/CO_2 = 1,047$ teoretiskt enligt former ovan, praktiskt enligt nedan: 1,121, då en del koldioxid löser sig i bl.a. mäsken.

2,65 kg vete ger 1 liter etanol (Agroetanol, 2009) (0,785 kg) + 0,7 kg koldioxid + 0,85 kg drank. Om denna drank innehöll 90 % ts motsvarar detta 0,765 kg ts drank.

Om etanolutbytet ökar med 13 % erhålls istället ett etanolutbyte på 0,88705 kg etanol från vetet enligt ovan, vilket motsvarar en ökning av etanolproduktionen med 0,10205 kg.

Insättning i den kemiska reaktionsformeln ovan ger att detta motsvarar: 0,17959 kg cellulosa, vilket ger 0,23475 kg cellulosa/kg ts drank.

Detta betyder att efter extra processen erhålles 0,58541 kg ts sekundärdrank (eDDGS) från det ovan nämnda vetet, vilket motsvarar 0,76525 kg sekundärdrank ts (eDDGS)/kg primärdrank ts (DDGS).

Beräkning av den mängd kol (C), väte (H) och syre (O) som går bort med cellulosan $n*(C_6H_{10}O_5)$ som går åt till etanolbildning i extra processen:

	C	H	O	
a (g: andel)	0,4444	0,06217	0,4934	
M (g/mol)	12,01	1,008	16	
n (mol)	0,03701	0,06168	0,03084	
motsvaras av:	$6*0,006168$	$10*0,006168$	$5*0,006168$:	(mol cellulosa, se reaktion cellulosa till etanol ovan).
Andel av cellulosa:	0,10433	0,01459	0,11582	$\Sigma=0,23475$ OK!

Nötkreatur

Till nötkreatur har näringsinnehåll/-värde (ts) för sekundärdrank (eDDGS/eDGS) erhållits genom att näringsinnehållet/-värdet (ts) för primärdrank (DDGS/DGS) dividerats med den mängd sekundärdrank (eDDGS/eDGS) (ts) som erhålls efter extraprocessen där svavelsyra och värme används för att utöka etanolutbytet med 13 % (0,76525 kg sekundärdrank ts (eDDGS)/kg primärdrank ts (DDGS)). För beskrivning av beräkningsgång, se ovan. För värden se tabell B4:1 nedan.

För omsättbar energi har först den omsättbara energin i den mängd cellulosa och hemicellulosa som gått åt till etanolproduktionen, i extra processen, subtraherats (3,64 MJ/kg ts), se tabell B4:1 samt förklaring under tabellen hur beräkningen gått till. För smältbar energi har

beräkningen gått till på samma sätt, men med den skillnaden att 4,06 MJ/kg ts istället har subtraherats.

För kvävefria extraktionsämnen (NFE) och NDF fiber har den mängd cellulosa och hemicellulosa som gått åt för produktionen av det 13 % högre utbytet av etanol först subtraherats, dvs. 234,75 g cellulosa/kg drank (ts) (se ovan och tabell B4:1).

Tabell B4:1. Näringsvärde i drank vid utfodring av nötkreatur

Drankens ursprung	Vetedrank Spörndly (2003)			Drank SBI-Trading medel sen 8 2007-11-23 (SBI-Trading, 2008)		
	Primär-drunk (DDGS/DGS) (per kg ts)	Efter extra process-steg (per kg ts primär-drunk)	Sekundär drunk (eDDGS/eDGS) (per kg ts)	Primär-drunk (DDGS/DGS) (per kg ts)	Efter extra process-steg (per kg ts primär-drunk)	Sekundär drunk (eDDGS/eDGS) (per kg ts)
Ts, %	90			8,49		
Oms energi ^a , MJ	13,3	9,66	12,6	13,9	10,29	13,4
AAT, g	116		152	90		117
PBV, g	142		186	276		361
Smb råprot ^a , g	272		355	352		460
Smb energi, MJ	15,7	11,6	15,2			
Råprot, g	320		418	414		541
Råfett, g	45		59	70		91
Växttråd, g	106		139 ^b	86		113 ^b
Aska, g	37		48	53		69
Kolhydrater, g						
NFE, g	492	257	336	377	142	186
Pektin, g	19		25			
NDF, g	270	35	46	338	103	135
Ca, g	2,6		3,4	2,7		3,6
P, g	10,3		13,5	10,8		14,1
Mg, g	3,0		3,9	3,3		4,3
K, g	13,7		17,9	11,7		15,3
Na, g	1,6		2,1	1,6		2,0
Ökning av råproteinhalt:			30,7 %			30,7 %

^a Används i beräkningsmodellerna.

^b Gäller under förutsättning att växttråden ej tillhör de kolhydrater som blir till etanol i extra processen.

Mängd kvarvarande NDF fiber: 35,25 g /kg ts drank (NDF i original drank (270 g/kg ts) – mängd nedbruten cellulosa (234,75 g/kg ts) (se tabell B4:1 ovan)).

Mängd kvarvarande NFE: 257,25 g /kg ts drank (NFE i original drank (492 g/kg ts) – mängd nedbruten cellulosa (234,75 g/kg ts) (se tabell B4:1 ovan)).

Omsättbar energi minskar med: $0,23475 * 15,5 \text{ MJ/kg (Spörndly, 2003)} = 3,64 \text{ MJ/kg}$ (se tabell B4:1 ovan).

Smältbar energi minskar med: $0,23475 * 17,3 \text{ MJ/kg (Spörndly, 2003)} = 4,06 \text{ MJ/kg}$ (se tabell B4:1 ovan).

Grisar

Till grisar har mängden omsättbar energi i sekundärdrink (eDGS/eDDGS) beräknats utifrån förlusten av cellulosa och hemicellulosa på samma sätt som till nötkreaturen. Mängden lysin har i beräkningarna i vissa av modellerna justerats efter råproteininnehållet i Spörndlys (2003) analyser för att resultaten mellan de olika djurslagen ska bli mer jämförbara (se tabell B4:2).

Tabell B4:2. Näringsvärde i drink vid utfodring av grisar

Drankens ursprung	Agrodrank 27, Simonsson (2006)			Drank SBI-Trading medel sen 8 2007-11-23 (SBI-Trading, 2008)			Vetedrank, Nöbbelöv, Simonsson (2006)	Agrodrank 27, Agrodrank (2008)
	Primär-drink (DDGS/DGS) (per kg ts)	Efter extra process-steg (per kg ts primär-drink)	Sekundär drink (eDDGS/eDGS) (per kg ts)	Primär-drink (DDGS/DGS) (per kg ts)	Efter extra process-steg (per kg ts primär-drink)	Sekundär drink (eDDGS/eDGS) (per kg ts)		
Plats i processen/ Ingående substans							Primär-/ sekundär-drink (eDDGS/eDGS) (per kg ts)	Primär-/ sekundär-drink (eDDGS/eDGS) (per kg ts)
Ts, %	30			8,49			10	28
Råprotein ^a , g	333		435	414		541	385/503	339/443
Råfett, g	46		60	70		91	59/77	50/65
NFE, kvävefria extraktionsämnen, g	523	288	377	377	142	186	421/243	503/351
Växttråd, g	17		22 ^c	86		113 ^c	81/106 ^c	16,4/21,4 ^c
Aska, g	81		106	53		69	52/68	75/98
Omsättbar energi ^a , MJ	10,8	6,86	8,96	11,9	7,92	10,3	11,7/10,1	13,2/12,1
Antag att 50 % av lysinet, 20 % av metioninet och cystinet samt 5 % av treoninet bryts ner vid förbehandlingen.								
Sis Standardiserat ilealt smältbarhet, g/kg ts								
Råprotein	253		331	298		389	292/382	257/336
Lysin (-50 %)	6,6		4,31	12,88		8,42	8,5/5,55	7,9/5,16
Metionin (-20 %)	4		4,18	6,44		6,73	3,8/3,97	3,2/3,35
Cystin (-20 %)	3,3		3,45	9,03		9,44	4,4/4,60	4,6/4,81
Treonin (-5 %)	10		12,41	12,53		15,56	7,1/8,81	7,1/8,81
Råprotein ^{ab}	339		337	414		541	363/474	339/443
Lysin ^{ab} (-50 %)	6,72		4,39	12,88		8,42	8,01/5,24	7,90/5,16

^a Används i beräkningsmodellerna.

^b Råproteinhalt och därmed halt av lysin och metionin har justerats efter den råproteinhalt som Spörndly (2003) redovisar. Detta har gjorts i flera av beräkningsmodellerna för ekonomin och LCA:n för att få mer jämförbara resultat mellan djurslagen. Gäller ej Drank SBI 2007-11-23 och Agrodrank (2008).

^c Gäller under förutsättning att växttråden ej tillhör de kolhydrater som blir till etanol i extra processen.

Omsättbar energi och smältbar energi minskar med: $0,23475 * 16,8 \text{ MJ/kg}$ (Simonsson, 2006) = 3,94 MJ/kg (se tabell B4:2 ovan).

Fjäderfän

Till fjäderfän har mängden omsättbar energi i sekundärdrink (eDGS/eDDGS) beräknats utifrån förlusten av cellulosa och hemicellulosa på samma sätt som till nötkreaturen. Mängden lysin och metionin har i beräkningarna i vissa av modellerna justerats efter råproteininnehållet i Spörndlys (2003) och Simonssons (2006) analyser för att resultaten mellan de olika djurslagen ska bli mer jämförbara (se tabell B4:3).

Tabell B4:3. Näringsvärde i drank vid utfodring av fjäderfän

Drankens ursprung	Agrodrank 27, Simonsson (2006)			Drank SBI-Trading medel sen 8 2007-11-23 (SBI-Trading, 2008)			Vetedrank, Livsmedels Sverige (2007)
Plats i processen/ Ingående substans	Primär-drank (DDGS/DGS) (per kg ts)	Efter extra process-steg (per kg ts primär-drank)	Sekundär drank (eDDGS/eDGS) (per kg ts)	Primär-drank (DDGS/DGS) (per kg ts)	Efter extra process-steg (per kg ts primär-drank)	Sekundär drank (eDDGS/eDGS) (per kg ts)	Primär-/sekundär-drank (eDDGS/eDGS) (per kg ts)
Ts, %	30			8,49			91
Råprotein ^a , g	333		435	414		541	363/474
Råfett, g	46		60	70		91	55/72
NFE, kvävefria extraktionsämnen, g	523	288	377	377	142	186	- / -
Växtråd, g	17		22 ^d	86		113 ^d	16,5/21,5 ^d
Aska, g	81		106	53		69	- / -
Omsättbar energi ^{ac} , MJ	10,9	6,94	9,06	10,9	6,94	9,06	10,9/9,06
Antag att 50 % av lysinet, 20 % av metioninet och cystinet samt 5 % av treoninet bryts ner vid förbehandlingen.							
Sis Standardiserat ilealt smältbarhet, g/kg ts							
Råprotein	253		331	298		389	- / -
Lysin (-50 %)	6,6		4,31	12,88		8,42	8,79/5,74
Metionin (-20 %)	4		4,18	6,44		6,73	4,84/5,05
Cystin (-20 %)	3,3		3,45	9,03		9,44	- / -
Treonin (-5 %)	10		12,41	12,53		15,56	- / -
Råprotein ^{ab}	339		337	414		541	- / -
Lysin ^{ab} (-50 %)	6,72		4,39	12,88		8,42	8,79/5,74
Metionin ^{ab} (-20 %)	4,07		4,26	6,44		6,73	4,84/5,05

^a Används i beräkningsmodellerna.

^b Råproteinhalt och därmed halt av lysin och metionin har justerats efter den råproteinhalt som Spörndly (2003) redovisar. Detta har gjorts i flera av beräkningsmodellerna för ekonomin och LCA:n för att få mer jämförbara resultat mellan djurslagen. Gäller ej Drank SBI 2007-11-23 och Livsmedelssverige (2007).

^c Antagen lika som för Livsmedelssverige för samtliga dranksorter.

^d Gäller under förutsättning att växtråden ej tillhör de kolhydrater som blir till etanol i extra processen.

Omsättbar energi och smältbar energi minskar med: $0,23475 * 16,8 \text{ MJ/kg}$ (antag samma som för grisar: Simonsson, 2006) = 3,94 MJ/kg (se tabell B4:3 ovan).

Hästar

För hästar har värdena för omsättbar energi och smältbart råprotein för nötkreatur i Spörndly (2003) räknats om till för hästar med ekvationer från Jansson m.fl. (2004), se ekvationer nedan och tabell B4:4.

Omräkning av fodrets näringsinnehåll (Jansson m.fl., 2004) för häst:

Vallfoder:

Omsättbar energi för häst (ME_h ; MJ/kg torrsustans) är beräknat enligt följande formel:

$ME_h = 1,1 * x - 1,1$; där:

ME_h = omsättbar energi MJ per kg torrsustans (ts) för häst;

x = omsättbar energi MJ per kg torrsustans för idisslare.

Smältbart råprotein (Smp.rp; g/kg ts) är beräknat med följande formel:

Smb.rp. = $dCP * CP / 100$; där:

dCP = smältbarhetskoefficient för CP = $93,9 - 313/y$; där:

CP = innehåll av råprotein i g/kg torrsubstans;
y = torrsubstansens råproteinhalt i procent.

Kraftfoder (råvaror, ej helfoder eller koncentrat):

Omsättbar energi för häst (ME_h ; MJ/kg ts) är beräknat med följande formel:

$$ME_h = (GE * dE * ME_{DE}) + F; \text{ där}$$

GE, = bruttoenergi i MJ/kg ts = $(24,1 CP + 36,6 EE + 20,9 CF + 17,0 NFE - 0,63 Su)/1000$;
där:

CP = råprotein; EE = råfett; CF = växttråd; NFE = kvävefria extraktionsämnen; och
Su = socker, samtliga anges i g/kg ts.

Korrektionen för ett innehåll av Su > 80 g/kg ts:

dE, = smältbarhetskoefficient (d; uttryckt som andel; ex. 86 % = 0,86) för energi (E); där:

$$dE_{\text{kraftfoder}} = (0,95 dOM_h + 1,1) / 100; \text{ där:}$$

dOM_h smältbarhetskoefficient häst för organisk substans = $1,144 dOM_{\text{idisslare}} - 16,7$.

$dOM_{\text{idisslare}}$, smältbarhetskoefficienten (%) för organisk substans, se Spörndly (2003),
Fodermedelstabeller för idisslare.

ME_{DE} , andel omsättbar energi av smältbar energi = $(93,96 - 0,02356 CF - 0,0217CP)/100$.

$$F = EE * 0,0366 * (0,9 - dE) * (0,95 - ME_{DE}).$$

Smältbart råprotein (Smp.rp; g/kg ts) är beräknat enligt följande formel:

$$Smb.rp. = dCP * CP; \text{ där:}$$

CP = innehåll av råprotein i g/kg torrsubstans

dCP, hänvisas till Spörndly (2003): Fodermedelstabeller för idisslare för resp. fodermedel.

Fett (samtliga fettkällor), beräkning av omsättbar energi för häst:

Omsättbar energi för häst (ME_h ; MJ/kg ts) i fett är beräknat enligt följande formel:

$$ME_h = 0,0313 * EE; \text{ där:}$$

EE = råfett g/kg ts; faktorn 0,0313 har beräknats under antagande att råfettets smältbarhet är 90 % och att ME_{DE} för fett är 0,95.

Tabell B4:4. Näringsvärde i drank vid utfodring av hästar

Drankens ursprung	Vetedrank Spörndly (2003)		Drank SBI-Trading medel sen 8 2007-11-23 (SBI-Trading, 2008)	
	Primär-drunk (DDGS/DGS) (per kg ts)	Sekundär-drunk (eDDGS/eDGS) (per kg ts)	Primär-drunk (DDGS/DGS) (per kg ts)	Sekundär-drunk (eDDGS/eDGS) (per kg ts)
Ts, %	90		8,49	
Oms energi ^a , MJ	12,9	12,1	13,2	12,5
Smb råprot ^a , g	269	361	358	477
Råprotein, g	320	418	414	541
Ökning av råproteinhalt:		30,7 %		30,7 %

^a Används i beräkningsmodellerna.

Skogsflis till förbränning

Vid eldningen av dranken har det antagits att denna ersätter skogsflis till värmeverk. Priset på denna skogsflis gäller fritt förbrukare och exklusive skatter såsom t.ex. moms. Priserna gäller för hela landet och som medelpriser för hela de studerade åren. Det effektiva värmevärdet för primärdrank (DDGS) är ett uppmätt värde, medan det effektiva värmevärdet för sekundärdrank (eDDGS) är ett beräknat värde.

Effektivt värmevärde för fasta bränslen enligt Dubbel: Data och diagram s. 21 (Mörtstedt & Hellsten, 1982):

$$H_i = 34,1 C + 102 H + 6,3 N + 19,1 S + -9,85 O + -2,5 H_2O; \text{ MJ/kg.}$$

Insättning av värden från tabell B4:9 ger:

primärdrank (DDGS) från vete (MJ/kg ts): 21,678 MJ/kg ts (Dubbel) mot uppmätt: 19,755 MJ/kg ts (Belab, 2002);

Differens (Dubbel – Belab (2002) uppmätt): 1,923 MJ/kg ts.

Insättning av beräknade värden från tabell B4:10 för

sekundärdrank (eDDGS) från vete (MJ/kg ts): 23,224 MJ/kg ts (Dubbel), vilket är högre än för primärdrank (DDGS), en trolig orsak till detta är att syrehalten i bränslet sjunkit.

Antar man att Dubbel ger lika mycket för höga värden för sekundärdrank (eDDGS) som för primärdrank (DDGS), och att differensen till uppmätta värden blir densamma och att därför samma differens kvarstår blir det effektiva värmevärdet för sekundärdrank (eDDGS): 21,302 MJ/kg ts.

Insättning av värden från tabell B4:9 ger för drank som innehåller 10 % vatten:

primärdrank (DDGS) från vete (MJ/kg): 19,260 MJ/kg (Dubbel) mot uppmätt: 17,533 MJ/kg (Belab, 2002);

Differens (Dubbel – Belab (2002) uppmätt): 1,727 MJ/kg.

Insättning av beräknade värden från tabell B4:10 för

sekundärdrank (eDDGS) från vete (MJ/kg): 20,652 MJ/kg (Dubbel), vilket är högre än för primärdrank (DDGS), en trolig orsak till detta är att syrehalten i bränslet sjunkit.

Antar man att Dubbel ger lika mycket för höga värden för sekundärdrank (eDDGS) som för primärdrank (DDGS), och att differensen till uppmätta värden blir densamma och att därför samma differens kvarstår blir det effektiva värmevärdet för sekundärdrank (eDDGS): 18,925 MJ/kg.

Effektivt värmevärde för fasta bränslen enligt Solbräcke s. 46 (Solbräcke, 1976):

$$H_i = 34,83 C + 93,87 H + 6,28 N + 10,47 S + -10,8 O + -2,5 H_2O; \text{ MJ/kg.}$$

Insättning av värden från tabell B4:9 ger:

primärdrank (DDGS) från vete (MJ/kg ts): 21,159 MJ/kg ts (Solbräcke) mot uppmätt: 19,755 MJ/kg ts (Belab, 2002);

Differens (Solbräcke – Belab (2002) uppmätt): 1,404 MJ/kg ts.

Insättning av beräknade värden från tabell B4:10 för

sekundärdrank (eDDGS) från vete (MJ/kg ts): 22,745 MJ/kg ts (Solbräcke), vilket är högre än för primärdrank (DDGS), en trolig orsak till detta är att syrehalten i bränslet sjunkit.

Antar man att Solbräcke ger lika mycket för höga värden för sekundärdrank (eDDGS) som för primärdrank (DDGS), och att differensen till uppmätta värden blir densamma och att därför samma differens kvarstår blir det effektiva värmevärdet för sekundärdrank (eDDGS): 21,342 MJ/kg ts.

Insättning av värden från tabell B4:9 ger för drank som innehåller 10 % vatten:
primärdrank (DDGS) från vete (MJ/kg): 18,793 MJ/kg (Solbräcke) mot
uppmätt: 17,533 MJ/kg (Belab, 2002);
Differens (Solbräcke – Belab (2002) uppmätt): 1,260 MJ/kg.

Insättning av beräknade värden från tabell B4:10 för
sekundärdrank (eDDGS) från vete (MJ/kg): 20,221 MJ/kg (Solbräcke), vilket är högre än för
primärdrank (DDGS), en trolig orsak till detta är att syrehalten i bränslet sjunkit.
Antar man att Solbräcke ger lika mycket för höga värden för sekundärdrank (eDDGS) som för
primärdrank (DDGS), och att differensen till uppmätta värden blir densamma och att därför
samma differens kvarstår blir det effektiva värmevärdet för sekundärdrank (eDDGS): 18,961
MJ/kg.

Effektivt värmevärde för fasta bränslen enligt en excel-modell utvecklad av Strömberg
(Strömberg, 2005).

Insättning av värden från tabell B4:9 ger:
primärdrank (DDGS) från vete (MJ/kg ts): 20,39 MJ/kg ts (Strömberg, 2005) mot
uppmätt: 19,755 MJ/kg ts (Belab, 2002);
Differens (Strömberg – Belab (2002) uppmätt): 0,635 MJ/kg ts.

Insättning av beräknade värden från tabell B4:10 för
sekundärdrank (eDDGS) från vete (MJ/kg ts): 21,71 MJ/kg ts (Strömberg, 2005), vilket är
högre än för primärdrank (DDGS), en trolig orsak till detta är att syrehalten i bränslet sjunkit.
Antar man att Strömberg (2005) ger lika mycket för höga värden för sekundärdrank (eDDGS)
som för primärdrank (DDGS), och att differensen till uppmätta värden blir densamma och att
därför samma differens kvarstår blir det effektiva värmevärdet för sekundärdrank (eDDGS):
21,075 MJ/kg ts.

Insättning av värden från tabell B4:9 ger för drank som innehåller 10 % vatten:
primärdrank (DDGS) från vete (MJ/kg): 18,11 MJ/kg (Strömberg, 2005) mot
uppmätt: 17,533 MJ/kg (Belab, 2002);
Differens (Strömberg – Belab (2002) uppmätt): 0,577 MJ/kg.

Insättning av beräknade värden från tabell B4:10 för
sekundärdrank (eDDGS) från vete (MJ/kg): 19,29 MJ/kg (Strömberg, 2005), vilket är högre
än för primärdrank (DDGS), en trolig orsak till detta är att syrehalten i bränslet sjunkit.
Antar man att Strömberg ger lika mycket för höga värden för sekundärdrank (eDDGS) som
för primärdrank (DDGS), och att differensen till uppmätta värden blir densamma och att där-
för samma differens kvarstår blir det effektiva värmevärdet för sekundärdrank (eDDGS):
18,713 MJ/kg.

Med antagande om att differensen mellan uppmätta och beräknade värden för primärdrank
(DDGS) och sekundärdrank (eDDGS) är de samma blir det effektiva värmevärdet för sekun-
därdrank (eDDGS): 21,302; 21,342; 21,075 MJ/kg ts och: 18,925; 18,961; 18,713 MJ/kg
(med 10 % vatten). Värdena ligger mycket nära varandra och därför kan det kvitta vilket som
väljs. För primärdrank (DDGS) väljs de uppmätta värdena och för sekundärdrank (eDDGS)
väljs de från Dubbel då detta är en mycket etablerad källa.

Därför gäller följande:

Effektivt värmevärde för primärdrank (DDGS) (Belab, 2002): 17,533 MJ/kg = 4,8703 kWh/kg; och för torr primärdrank 19,755 MJ/kg ts = 5,4875 kWh/kg; enligt tabell 17, rad: Eldning för uppvärmning (SEK/MWh) för år 2009, ovan ger detta ett primärdrank(DDGS)värde på: 0,882 SEK/kg drank och 0,993 SEK/kg ts drank.

Effektivt värmevärde för sekundärdrank (eDDGS) (Mörtstedt & Hellsten, 1982): 18,925 MJ/kg = 5,2569 kWh/kg; och för torr sekundärdrank 21,302 MJ/kg ts = 5,9171 kWh/kg; enligt tabell 18, rad: Eldning för uppvärmning (SEK/MWh) för år 2009, ovan ger detta ett sekundärdrank(eDDGS)värde på: 0,952 SEK/kg drank och 1,071 SEK/kg ts drank.

Gödselmedel

Som gödselmedel är i första hand innehållet av kväve, fosfor och kalium intressant, och därför har dessa tre ämnen fått ligga till grund vid beräkning av drankens värde i den här studien. Även andra växtnäringsämnen (se tabell B4:5) kan emellertid vara av intresse, men från dessa har vi bortsett vid beräkningarna i den här studien. Innehållet av kväve baseras enbart på en källa då endast Belab (2002) angav detta innehåll. Innehållet av fosfor och kalium baseras på ett medelvärde från 8 respektive 9 källor (se tabell B4:5 och B4:6). Värdet på kväve, fosfor och kalium har hämtats från Agriwise:s kalkyler och då för vårkorn och havre i Svealands Slättbygder (SS). Priserna har antagits gälla det år kalkylen är gjord, även om det står att kalkylen gäller för nästkommande år, då stora prissvängningar på gödselmedel visat sig svåra att förutse. De priser på gödselmedel som anges i tabell B4:7 och B4:8 gäller för år 2009. I tabell B4:7 redovisas beräkning av primärdranks (DDGS) värde och i tabell B4:8 beräkning av sekundärdranks (eDDGS) värde. Drankens innehåll av växtnäringsämnen (N, P o K) har vi antagit ej påverkas om dranken först rötas för utvinning av biogas. Värdena för drank (DDGS, DGS, eDDGS och eDGS) som gödselmedel har även använts i biogaskalkylerna.

Tabell B4:5. Sammansättning hos primärdrank (DDGS) från olika källor där de viktigaste växtnäringsämnena ingår

Källa:	Belab (2002) Drankpellets	SBI-Trading (2008), drank		Agroetanol (2008)		Spörndly (2003) Vetedrank	Simonsson (2006)		Elwinger (2005) Drank
		Medel 8 senaste proven	Medel före 8 senaste proven	Agrodrank 27	Agrodrank 90		Agrodrank 27	Vetedrank Nöbbelöv	
Innehåll, ämne									
Vattenhalt, %	10	91,5	91,6	72	10	13	70	90	9
Askhalt, % av ts	5,1	5,3	5,3	7,5	4,6	3,7	8,1	5,2	
S, % av ts	0,62								
Cl, % av ts	0,13								0,44
C, % av ts	51,0								
H, % av ts	6,7								
N, % av ts	5,7								
O, % av ts	30,7								
Na, mg/kg ts	4637	1563	1514	3214		1600	3300	1700	3077
K, mg/kg ts	9250	11725	11829		11300	13700	10000	11700	18681
Si, mg/kg ts	1126								
Ca, mg/kg ts	1329	2725	2729	1786	1100	2600	1300	2400	1209
Mg, mg/kg ts	2952	3288	3329		2700	3000			
P, mg/kg ts	7991	10763	10900	13571	8800	10300	15300	10300	13187

Tabell B4:6. Beräknad sammansättning hos sekundärdrank (eDDGS) från olika källor där de viktigaste växtnäringsämnen ingår

Källa:	Belab	SBI-Trading		Agroetanol (2008)		Spörndly	Simonsson (2006)		Elwinger
	(2002)	(2008), drank				(2003)			(2005)
	Drankpellets	Medel 8 senaste proven	Medel före 8 senaste proven	Agrodrank 27	Agrodrank 90	Vetedrank	Agrodrank 27	Vetedrank Nöbbelöv	Drank
Innehåll, ämne									
Vattenhalt, %	10	91,5	91,6	72	10	13	70	90	9
Askhalt, % av ts	6,7	6,9	7,0	9,8	6,0	4,8	10,6	6,8	
S, % av ts	0,81								
Cl, % av ts	0,17								0,57
C, % av ts	53,0								
H, % av ts	25,0								
N, % av ts	7,4								
O, % av ts	25,0								
Na, mg/kg ts	6059	2042	1979	4200		2091	4312	2222	4021
K, mg/kg ts	12088	15322	15457		14766	17903	13068	15289	24412
Si, mg/kg ts	1471								
Ca, mg/kg ts	1737	3561	3566	2334	1437	3398	1699	3136	1580
Mg, mg/kg ts	3858	4296	4350		3528	3920			
P, mg/kg ts	10442	14064	14244	17735	11500	13460	19994	13460	17232

Tabell B4:7. Primärdrankens (DDGS) innehåll av växtnäringsämnen, dessas pris och det beräknade resulterande värdet på dranken

Växtnärings- ämne:	Innehåll (%)	Pris växtnäringsämne (SEK/kg) (Agriwise, 2010-2011)	Värde drank (SEK/kg ts)
N ^a	5,7	9,06	0,516
P ^b	1,12	11,96	0,134
K ^b	1,23	16,95	0,208
Summa:			0,859 ^c

^a Innehållet av kväve (N) baseras på endast en källa, se tabell B4:5.

^b Innehållet av fosfor (P) och kalium (K) baseras på ett medelvärde av uppgifter från flera olika källor, se tabell B4:5.

^c Om primärdranken (DDGS) innehåller 10 % vatten blir dess värde 0,773 SEK/kg.

Tabell B4:8. Sekundärdrankens (eDDGS) beräknade innehåll av växtnäringsämnen, dessas pris och det beräknade resulterande värdet på dranken

Växtnärings- ämne:	Innehåll (%)	Pris växtnäringsämne (SEK/kg) (Agriwise, 2010-2011)	Värde drank (SEK/kg ts)
N ^a	7,45	9,06	0,675
P ^b	1,47	11,96	0,176
K ^b	1,60	16,95	0,272
Summa:			1,122 ^c

^a Innehållet av kväve (N) baseras på endast en källa, se tabell B4:6.

^b Innehållet av fosfor (P) och kalium (K) baseras på ett medelvärde av uppgifter från flera olika källor, se tabell B4:6.

^c Om sekundärdranken (eDDGS) innehåller 10 % vatten blir dess värde 1,010 SEK/kg.

Biogas

Beroende på om drankens sammansättning var angiven som elementaranalys (innehåll av olika grundämnen) eller om den var angiven som sammansatt av fodernäringsämnen (kolhyd-

rat, fett och protein), har biogasutbytet från dranken (DDGS, DGS, eDDGS och eDGS) beräknats antingen med ekvationer (Nyns, 1986) utifrån elementarsammansättningen eller utifrån biogasutbyte från dess innehåll av kolhydrater, fett och protein (Hagelberg m.fl., 1988). I det sistnämnda fallet har drankens sammansättning hämtats från fodermedelstabeller (Spörndly, 2003; Simonsson, 2006; SBI-Trading, 2008; Agroetanol, 2008).

I tabell B4:9 anges elementarsammansättningen för primärdrank (DDGS) (Belab, 2002) efter kemisk analys, och i tabell B4:10 anges den beräknade sammansättningen för sekundärdrank (eDDGS). Värdena från dessa tabeller ligger till grund för de beräkningar av biogasutbyte som gjorts med Nyns (1986) ekvation.

Tabell B4:9. Sammansättning hos primärdrank (DDGS), analysdata från Belab (2002)

Innehåll/ ämne:	Halt (%)	(g per mol)	(antal mol/100g)
Vatten, %	10		
Aska, % av ts	5,1		
C, % av ts	51,0	12,01	4,246
H, % av ts	6,7	1,008	6,647
O, % av ts	30,7	16,00	1,919
N, % av ts	5,7	14,01	0,407
S, % av ts	0,62	32,07	0,019
Cl, % av ts	0,13	35,45	0,0037
P, % av ts	0,7991	30,97	0,0258
K, % av ts	0,925	39,10	0,0237
Ca, % av ts	0,1329	40,08	0,0033
Mg, % av ts	0,2952	24,31	0,0121
Na, % av ts	0,4637	22,99	0,0202
Si, % av ts	0,1126	28,09	0,0040
Summa:	97,6		
Antag saknat, % av ts	2,4		

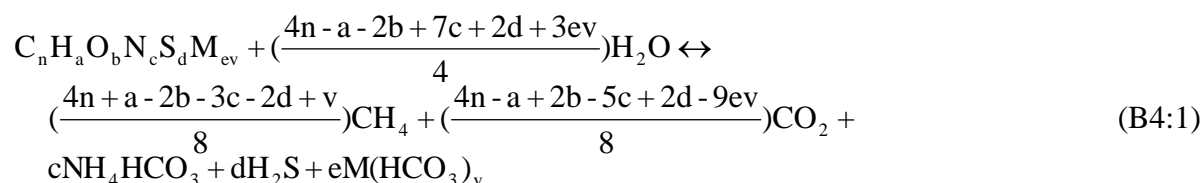
Tabell B4:10. Beräknad sammansättning hos sekundärdrank (eDDGS) om även 13 % mer etanol utvinns från cellulosan och hemicellulosan

Innehåll/ ämne:	Kvar av urspr ts, halt (%) ^a	Halt (%)	(g per mol)	(antal mol/100 g)
Aska, % av ts	5,1	6,66		
C, % av ts	40,57 ^a	53,01	12,01	4,414
H, % av ts	5,24 ^a	6,85	1,008	6,794
O, % av ts	19,13 ^a	24,99	16,00	1,562
N, % av ts	5,7	7,45	14,01	0,532
S, % av ts	0,62	0,81	32,07	0,025
Cl, % av ts	0,13	0,17	35,45	0,0048
P, % av ts	0,7991	1,0442	30,97	0,0337
K, % av ts	0,925	1,2088	39,10	0,0309
Ca, % av ts	0,1329	0,1737	40,08	0,0043
Mg, % av ts	0,2952	0,3858	24,31	0,0159
Na, % av ts	0,4637	0,6059	22,99	0,0264
Si, % av ts	0,1126	0,1471	28,09	0,0052
Antag saknat, % av ts	2,4	3,1362		
Summa:	76,5	100,0		

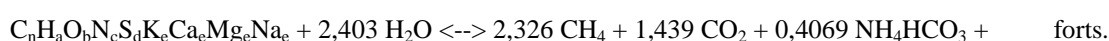
^a Mängd kvar då en del av cellulosan och hemicellulosan har förbrukats till produktion av etanol.

I beräkningarna av biogasutbyte från dranken (DDGS, DGS, eDDGS och eDGS) har Nyns (1986) ekvationer använts med indata från Belab (2002). I tabellerna (tabell 12 (fotnot a), tabell B4:19, tabell B4:20 och tabell B4:21) där biogasutbyte eller drankvärde anges, anges re-

sultaten från dessa beräkningar under Belab (2002) i tabellhuvudet. Nedan anges Nyns (1986) ekvation för biogasutbyte:



För primärdrank (DDGS/DGS) gäller: n = 4,246; a = 6,647; b = 1,919; c = 0,407; d = 0,019; eK = 0,0237; eCa = 0,0033; eMg = 0,0121; eNa = 0,0202; v = laddning metalljon. M är en metalljon.



0,9655 g (ing. ämnen, se tabell)	0,4329 g	0,3732 g	0,6332 g	0,3217 g
96,55 g/mol	18,016 g/mol	16,042 g/mol	44,01 g/mol	79,06 g/mol
0,01 mol	0,02403 mol	0,02326 mol	0,01439 mol	0,004069 mol



0,006590 g	0,02369 g	0,005376 g	0,01777 g	0,01694 g
34,086 g/mol	100,118 g/mol	162,116 g/mol	146,346 g/mol	84,008 g/mol
0,0001933 mol	0,0002366 mol	0,00003316 mol	0,0001214 mol	0,000201696 mol

Teoretisk metanmängd: 0,3732 g CH₄/g ts vetedrank, motsvarar 0,3932 g CH₄/g vs vetedrank.

Metan med densiteten: 0,71 kg/m³ (Mörtstedt & Hellsten, 1982), ger 0,5538 liter CH₄/g vs vetedrank.

Om man erhåller: 335 m³ CH₄/ton tillförd vs motsvarar detta ett utbyte på: 60,49 %.

Teoretisk metanmängd: 0,3732 g CH₄/g ts vetedrank, vilket motsvarar som blöt drank: 0,3358 g CH₄/g vetedrank;

motsvarande 18,57 MJ/kg ts vetedrank (effektivt värmevärde: 49,76 MJ/kg CH₄ (Mörtstedt & Hellsten, 1982)).

Om ett utbyte på: 80 % antas så kan: 0,2985 g CH₄/g ts vetedrank erhållas,

vilket motsvarar: 14,86 MJ/kg ts vetedrank,

vilket motsvarar: 4,126 kWh/kg ts vetedrank.

Om ett utbyte på: 60 % antas så kan: 0,2239 g CH₄/g ts vetedrank erhållas.

vilket motsvarar: 11,14 MJ/kg ts vetedrank,

vilket motsvarar: 3,095 kWh/kg ts vetedrank.

Om 35 % av biogasen antas kunna omvandlas till el och 55 % av biogasen antas kunna omvandlas till värme varav 50 % antas kunna nyttjas. Av den el som produceras går 8 % åt som processenergi, vilket betyder att den totala elverkningsgraden är 32,2 %. Detta ger:

80 % biogasutbyte ger: 1,329 kWh el/kg ts vetedrank som kan säljas för: 0,6854 SEK/kWh vilket ger:

0,9107 SEK/kg ts vetedrank och 0,8196 SEK/kg vetedrank och:

1,1348 kWh värme/kg ts vetedrank som kan säljas för: 0,58 SEK/kWh vilket ger:

0,6582 SEK/kg ts vetedrank och 0,5923 SEK/kg vetedrank.

Vetedrankens totala värde blir därmed: 1,5689 SEK/kg ts vetedrank och 1,4120 SEK/kg

vetedrank. Inkl. ingående gödsel blir drankens värde 2,3376^a SEK/kg ts vetedrank och

2,1039 SEK/kg vetedrank. Ingår även rötningskostnaden (för beräkning se bilaga 5) blir

drankens värde 0,9751^a SEK/kg ts vetedrank och 0,8776 SEK/kg vetedrank.

60 % biogasutbyte ger: 0,9965 kWh el/kg ts vetedrank som kan säljas för: 0,6854 SEK/kWh vilket ger:

0,6830 SEK/kg ts vetedrank och 0,6147 SEK/kg vetedrank och:

0,8511 kWh värme/kg ts vetedrank som kan säljas för: 0,58 SEK/kWh vilket ger:

0,4936 SEK/kg ts vetedrank och 0,4443 SEK/kg vetedrank.

Vetedrankens totala värde blir därmed: 1,1766 SEK/kg ts vetedrank och 1,0590 SEK/kg

vetedrank. Inkl. ingående gödsel blir drankens värde 1,9454^a SEK/kg ts vetedrank och

1,7509 SEK/kg vetedrank. Ingår även rötningskostnaden (för beräkning se bilaga 5) blir

drankens värde 0,5829^a SEK/kg ts vetedrank och 0,5246 SEK/kg vetedrank.

^a Dessa värden har använts i beräkningarna i den ekonomiska modellen.

För sekundärdrank (eDDGS/eDGS) gäller: n = 4,414; a = 6,794; b = 1,562; c = 0,532; d = 0,025; eK = 0,0309; eCa = 0,0043; eMg = 0,0159; eNa = 0,0264; v = laddning metalljon.

$C_nH_aO_bN_cS_dK_eCa_eMg_eNa_e + 2,951 H_2O \leftrightarrow 2,472 CH_4 + 1,312 CO_2 + 0,5317 NH_4HCO_3 +$ forts.

0,9549 g (ing. ämnen, se tabell)	0,5316 g	0,3966 g	0,5776 g	0,4203 g
95,49 g/mol	18,016 g/mol	16,042 g/mol	44,01 g/mol	79,06 g/mol
0,01 mol	0,02951 mol	0,02472 mol	0,01312 mol	0,005317 mol

$0,02526 H_2S + 0,03091 KHCO_3 + 0,004333 Ca(HCO_3)_2 + 0,01587 Mg(HCO_3)_2 + 0,02636 Na(HCO_3)$

0,008611 g	0,03095 g	0,007025 g	0,02322 g	0,02214 g
34,086 g/mol	100,118 g/mol	162,116 g/mol	146,346 g/mol	84,008 g/mol
0,0002526 mol	0,0003091 mol	0,00004333 mol	0,0001587 mol	0,0002636 mol

Teoretisk metanmängd: 0,3966 g CH₄/g ts vetedrank, motsvarar 0,4249 g CH₄/g vs vetedrank.

Metan med densiteten: 0,71 kg/m³ (Mörtstedt & Hellsten, 1982), ger 0,5985 liter CH₄/g vs vetedrank.

Om man erhåller: 335 m³ CH₄/ton tillförd vs motsvarar detta ett utbyte på: 55,98 %.

Teoretisk metanmängd: 0,3966 g CH₄/g ts vetedrank, vilket motsvarar som blöt drank: 0,3569 g CH₄/g vetedrank;

motsvarande 19,73 MJ/kg ts vetedrank (effektivt värmevärde: 49,76 MJ/kg CH₄ (Mörtstedt & Hellsten, 1982)).

Om ett utbyte på: 80 % antas så kan: 0,3173 g CH₄/g ts vetedrank erhållas,

vilket motsvarar: 15,79 MJ/kg ts vetedrank,

vilket motsvarar: 4,385 kWh/kg ts vetedrank.

Om ett utbyte på: 60 % antas så kan: 0,2380 g CH₄/g ts vetedrank erhållas.

vilket motsvarar: 11,84 MJ/kg ts vetedrank,

vilket motsvarar: 3,289 kWh/kg ts vetedrank.

Om 35 % av biogasen antas kunna omvandlas till el och 55 % av biogasen antas kunna omvandlas till värme varav 50 % antas kunna nyttjas. Av den el som produceras går 8 % åt som processenergi, vilket betyder att den totala elverkningsgraden är 32,2 %. Detta ger:

80 % biogasutbyte ger: 1,412 kWh el/kg ts vetedrank som kan säljas för: 0,6854 SEK/kWh vilket ger:

0,9679 SEK/kg ts vetedrank och 0,8711 SEK/kg vetedrank och:

1,2060 kWh värme/kg ts vetedrank som kan säljas för: 0,58 SEK/kWh vilket ger:

0,6995 SEK/kg ts vetedrank och 0,6295 SEK/kg vetedrank.

Vetedrankens totala värde blir därmed: 1,6673 SEK/kg ts vetedrank och 1,5006 SEK/kg

vetedrank. Inkl. ingående gödsel blir drankens värde 2,6719^a SEK/kg ts vetedrank och

2,4048 SEK/kg vetedrank. Ingår även rötningskostnaden (för beräkning se bilaga 5) blir

drankens värde 1,3094^a SEK/kg ts vetedrank och 1,1785 SEK/kg vetedrank.

60 % biogasutbyte ger: 1,0591 kWh el/kg ts vetedrank som kan säljas för: 0,6854 SEK/kWh vilket ger:

0,7259 SEK/kg ts vetedrank och 0,6533 SEK/kg vetedrank och:

0,9045 kWh värme/kg ts vetedrank som kan säljas för: 0,58 SEK/kWh vilket ger:

0,5246 SEK/kg ts vetedrank och 0,4721 SEK/kg vetedrank.

Vetedrankens totala värde blir därmed: 1,2505 SEK/kg ts vetedrank och 1,125 SEK/kg

vetedrank. Inkl. ingående gödsel blir drankens värde 2,2551^a SEK/kg ts vetedrank och

2,0296 SEK/kg vetedrank. Ingår även rötningskostnaden (för beräkning se bilaga 5) blir

drankens värde 0,8926^a SEK/kg ts vetedrank och 0,8033 SEK/kg vetedrank.

^a Dessa värden har använts i beräkningarna i den ekonomiska modellen.

I tabell B4:11 anges utbytet av metan från några komponenter (kolhydrat, fett och protein) som använts i beräkningar av biogasutbyte från drank vars analysdata angivits i fodermedelstabeller.

Tabell B4:11. Teoretisk potential och sammansättning hos biogas erhållen från några huvudklasser av organiskt material (Hagelberg m.fl., 1988). Värden som används i modellerna för biogasutbyte

Organisk substans	Potential, volym per kg torrt material, m ³
	CH ₄
Kolhydrat	0,42
Fett	0,96
Protein	0,51

I tabell B4:12 anges sammansättningen hos primärdrank (DDGS/DGS) från olika fodermedelstabeller och i tabell B4:13 den resulterande metangasproduktionspotentialen utifrån denna uppskattad med data från Hagelberg m.fl. (1988). I tabell B4:14 anges det resulterande värdet hos den studerade dranken då el och värme från en biogasmotor som driver en generator säljs. 35 % av biogasen antas kunna omvandlas till el och 55 % av biogasen antas kunna omvandlas till värme varav 50 % antas kunna nyttjas. Av den el som produceras går 8 % åt som processenergi, vilket betyder att den totala elverkningsgraden blir 32,2 %. Hänsyn tas till att rötresten kan användas som gödselmedel (NPK) (se delkapitel om gödselmedel för beskrivning). Även rötningkostnaden (för beskrivning se bilaga 5) ingår i beräkningarna. I tabellerna B4:15-17 finns motsvarande data för sekundärdrank (eDDGS/eDGS) som beskrivs ovan och som i tabellerna B4:12-14 redovisas för primärdrank (DDGS/DGS).

Tabell B4:12. Sammansättning hos primärdrank (DDGS/DGS) enligt olika fodermedelstabeller

Författare/ Substans	Spörndly (2003)	Simonsson (2006), Agrodrank 27	Simonsson (2006), vetedrank Nöbbelöv	SBI- Trading (2008)	Agroetanol (2008), Agrodrank 27
Råfett	4,5	4,6	5,9	6,98	5
Råprotein	32	33,3	38,5	41,4	33,9
Växtråd	10,6	1,7	8,1	8,64	1,64
Kvävefria extraktionsämnen	49,2	52,3	42,1	37,7	50,3
Aska	3,7	8,1	5,2	5,29	7,5
Summa	100	100	99,8	100,0	98,4

Tabell B4:13. Potential för biogasproduktion, volym CH₄/kg torrt material, m³, källa Hagelberg m.fl. (1988) från primärdrank (DDGS/DGS), beräknat utifrån sammansättning av kolhydrat, fett och protein givet i fodermedelstabeller från olika källor

Författare/ Substans	Spörndly (2003)	Simonsson (2006), Agrodrank 27	Simonsson (2006), vetedrank Nöbbelöv	SBI-Trading (2008)	Agroetanol (2008), Agrodrank 27
Kolhydrat ^a	0,251	0,227	0,211	0,195	0,218
Fett	0,043	0,044	0,057	0,067	0,048
Protein	0,163	0,170	0,196	0,211	0,173
Summa	0,458	0,441	0,464	0,473	0,439
Summa (kg)	0,325	0,313	0,329	0,336	0,312
Effektivt värmevärde (MJ)	16,166	15,573	16,387	16,702	15,517
Effektivt värmevärde (kWh)	4,490	4,326	4,552	4,639	4,310

^a Växtråd + kvävefria extraktionsämnen.

Tabell B4:14. Biogasproduktion från primärdrank (DDGS/DGS) och drankens värde som substrat till biogasråvara, beräknat utifrån sammansättning av kolhydrat, fett och protein givet i fodermedelstabeller från olika källor

Författare/ Substans	Spömdly (2003)	Simonsson (2006), Agrodrank 27	Simonsson (2006), vetedrank Nöbbelöv	SBI-Trading (2008)	Agroetanol (2008), Agrodrank 27
Teoretisk produktion (kg CH ₄ /kg ts drank)	0,325	0,313	0,329	0,336	0,312
Effektivt värmevärde (MJ/kg ts drank)	16,166	15,573	16,387	16,702	15,517
Effektivt värmevärde (kWh/kg ts drank)	4,490	4,326	4,552	4,639	4,310
Om 80 % utbyte antas:					
Produktion (kg CH ₄ /kg ts drank)	0,260	0,250	0,263	0,269	0,249
Effektivt värmevärde (MJ/kg ts drank)	12,932	12,458	13,110	13,361	12,413
Effektivt värmevärde (kWh/kg ts drank)	3,592	3,461	3,642	3,711	3,448
Biogasel (kWh el/kg ts drank)	1,157	1,114	1,173	1,195	1,110
Värde (SEK/kg ts drank)	0,793	0,764	0,804	0,819	0,761
Värme (kWh värme/kg ts drank)	0,988	0,952	1,001	1,021	0,948
Värde (SEK/kg ts drank)	0,573	0,552	0,581	0,592	0,550
Tot värde (SEK/kg ts drank)	1,366	1,316	1,385	1,411	1,311
inkl. växtnäring (SEK/kg ts drank) ^{ac}	2,225	2,175	2,243	2,270	2,170
inkl. rötn.kostn. (SEK/kg ts drank) ^{bc}	0,862	0,812	0,881	0,907	0,807
Om 60 % utbyte antas:					
Produktion (kg CH ₄ /kg ts drank)	0,195	0,188	0,198	0,201	0,187
Effektivt värmevärde (MJ/kg ts drank)	9,699	9,344	9,832	10,021	9,310
Effektivt värmevärde (kWh/kg ts drank)	2,694	2,596	2,731	2,784	2,586
Biogasel (kWh el/kg ts drank)	0,868	0,836	0,879	0,896	0,833
Värde (SEK/kg ts drank)	0,595	0,573	0,603	0,614	0,571
Värme (kWh värme/kg ts drank)	0,741	0,714	0,751	0,765	0,711
Värde (SEK/kg ts drank)	0,430	0,414	0,436	0,444	0,412
Tot värde (SEK/kg ts drank)	1,024	0,987	1,038	1,058	0,983
inkl. växtnäring (SEK/kg ts drank) ^{ac}	1,883	1,846	1,897	1,917	1,842
inkl. rötn.kostn. (SEK/kg ts drank) ^{bc}	0,521	0,483	0,535	0,555	0,480

^a Växtnäring beräknas på samma sätt som då dranken används som gödselmedel: se delkapitel Gödselmedel.

^b För beskrivning hur rötningskostnaderna beräknats, se bilaga 5. Rötningen antas ha skett i en mindre tysk anläggning, stor gårdsanläggning, med en hel del av kostnaderna svenska.

^c Används i beräkningsmodellerna.

Tabell B4:15. Beräknad sammansättning hos sekundärdrank (eDDGS/eDGS) där cellulosan och hemicellulosan i dranken antagits brutits ner enligt kemiska formler i början av bilaga 4 för utvinning av 13 % mer etanol. Värdena för drankens sammansättning i de olika fodermedelstabellerna har räknats om i enlighet med detta

Författare/ Substans	Spörndly (2003)	Simonsson (2006), Agrodrank 27	Simonsson (2006), vetedrank Nöbbelöv	SBI- Trading (2008)	Agroetanol (2008), Agrodrank 27
Råfett	5,88	6,01	7,71	9,11	6,53
Råprotein	41,82	43,52	50,31	54,12	44,30
Växttråd	13,85	2,22	10,58	11,29	2,14
Kvävefria extraktionsämnen	33,62	37,67	24,34	18,57	35,05
Aska	4,84	10,58	6,80	6,91	9,80
Summa	100,00	100,00	99,74	100,00	97,83

Tabell B4:16. Potential för biogasproduktion, volym CH₄/kg torrt material, m³, källa Hagelberg m.fl. (1988) från sekundärdrank (eDDGS/eDGS), beräknat utifrån sammansättning av kolhydrat, fett och protein givet i fodermedelstabeller från olika källor

Författare/ Substans	Spörndly (2003)	Simonsson (2006), Agrodrank 27	Simonsson (2006), vetedrank Nöbbelöv	SBI-Trading (2008)	Agroetanol (2008), Agrodrank 27
Kolhydrat ^a	0,199	0,168	0,147	0,125	0,156
Fett	0,056	0,058	0,074	0,088	0,063
Protein	0,213	0,222	0,257	0,276	0,226
Summa	0,469	0,447	0,477	0,489	0,445
Summa (kg)	0,333	0,317	0,339	0,347	0,316
Effektivt värmevärde (MJ)	16,573	15,798	16,862	17,273	15,718
Effektivt värmevärde (kWh)	4,604	4,388	4,684	4,798	4,366

^a Växttråd + kvävefria extraktionsämnen.

Tabell B4:17. Biogasproduktion från sekundärdrank (eDDGS/eDGS) och drankens värde som substrat till biogasråvara, beräknat utifrån sammansättning av kolhydrat, fett och protein givet i fodermedelstabeller från olika källor

Författare/ Substans	Spömdly (2003)	Simonsson (2006), Agrodrank 27	Simonsson (2006), vetedrank Nöbblöv	SBI-Trading (2008)	Agroetanol (2008), Agrodrank 27
Teoretisk produktion (kg CH ₄ /kg ts drank)	0,333	0,317	0,339	0,347	0,316
Effektivt värmevärde (MJ/kg ts drank)	16,573	15,798	16,862	17,273	15,718
Effektivt värmevärde (kWh/kg ts drank)	4,604	4,388	4,684	4,798	4,366
Om 80 % utbyte antas:					
Produktion (kg CH ₄ /kg ts drank)	0,266	0,254	0,271	0,278	0,253
Effektivt värmevärde (MJ/kg ts drank)	13,258	12,639	13,490	13,819	12,574
Effektivt värmevärde (kWh/kg ts drank)	3,683	3,511	3,747	3,839	3,493
Biogasel (kWh el/kg ts drank)	1,186	1,130	1,207	1,236	1,125
Värde (SEK/kg ts drank)	0,813	0,775	0,827	0,847	0,771
Värme (kWh värme/kg ts drank)	1,013	0,965	1,030	1,056	0,961
Värde (SEK/kg ts drank)	0,587	0,560	0,598	0,612	0,557
Tot värde (SEK/kg ts drank)	1,400	1,335	1,425	1,459	1,328
inkl. växtnäring (SEK/kg ts drank) ^{ac}	2,522	2,457	2,547	2,582	2,450
inkl. rötn.kostn. (SEK/kg ts drank) ^{bc}	1,160	1,095	1,184	1,219	1,088
Om 60 % utbyte antas:					
Produktion (kg CH ₄ /kg ts drank)	0,200	0,190	0,203	0,208	0,190
Effektivt värmevärde (MJ/kg ts drank)	9,944	9,479	10,117	10,364	9,431
Effektivt värmevärde (kWh/kg ts drank)	2,762	2,633	2,810	2,879	2,620
Biogasel (kWh el/kg ts drank)	0,889	0,848	0,905	0,927	0,844
Värde (SEK/kg ts drank)	0,610	0,581	0,620	0,635	0,578
Värme (kWh värme/kg ts drank)	0,760	0,724	0,773	0,792	0,720
Värde (SEK/kg ts drank)	0,441	0,420	0,448	0,459	0,418
Tot värde (SEK/kg ts drank)	1,050	1,001	1,068	1,095	0,996
inkl. växtnäring (SEK/kg ts drank) ^{ac}	2,172	2,123	2,191	2,217	2,118
inkl. rötn.kostn. (SEK/kg ts drank) ^{bc}	0,810	0,761	0,828	0,854	0,756

^a Växtnäring beräknas på samma sätt som då dranken används som gödselmedel: se delkapitel Gödselmedel.

^b För beskrivning hur rötningskostnaderna beräknats, se bilaga 5. Rötningen antas ha skett i en mindre tysk anläggning, stor gårdsanläggning, med en hel del av kostnaderna svenska.

^c Används i beräkningsmodellerna.

I tabell B4:18 nedan förklaras hur och varför biogasutbytet i beräkningarna valdes till 60 respektive 80 %. Den teoretiska biogasproduktionspotentialen har beräknats från olika källor, se tabell 10, med sammansättning av kolhydrat, fett och protein från olika fodermedelstabeller. Utbytet i procent har sedan beräknats utifrån antagandet att 335 m³ CH₄/ton tillförd vs eller

liter CH₄/kg tillförd vs erhållits (335 / Potential för biogasproduktion). Detta gav biogasutbyten på 66-76 %, och därför valdes biogasutbytena i beräkningarna till 60 och 80 % som då kunde bedömas som rimligt för en sämre och en riktigt bra fungerande anläggning.

Tabell B4:18. Potential för biogasproduktion, volym CH₄/kg torrt material, m³, källa Hagelberg m.fl. (1988) från sekundärdrank (eDDGS/eDGS), beräknat utifrån sammansättning av kolhydrat, fett och protein givet i fodermedelstabeller från olika källor

Författare (rådata) / Källa biogasdata	Spörndly (2003)	Simonsson (2006), Agrodrank 27	Simonsson (2006), vetedrank Nöbbelöv	SBI- Trading (2008)	Agroetanol (2008), Agrodrank 27	Genomsnitt
Potential för biogasproduktion, volym CH ₄ /kg organisk substans, m ³ , källa Wheatley (1979) och Hansson (1981): Utvinningsgrad (%)	0,441 75,93	0,447 74,94	0,461 72,73	0,472 71,00	0,452 74,17	73,75 (71-76 %)
Potential för biogasproduktion, volym CH ₄ /kg torrt material, m ³ , källa Hawkes (1979): Utvinningsgrad (%)	0,489 68,49	0,493 67,98	0,503 66,63	0,511 65,51	0,496 67,48	67,22 (66-68 %)
Potential för biogasproduktion, volym CH ₄ /kg torrt material, m ³ , källa Hagelberg m.fl. (1988): Utvinningsgrad (%)	0,475 70,51	0,480 69,84	0,490 68,32	0,499 67,12	0,483 69,31	69,02 (67-71 %)

Tabell B4:19. Värde primärdrank (DDGS/DGS) vid olika användningsområden (SEK/kg ts drank)

Användningsområde	Belab (2002)	Spörndly (2003)	Simonsson (2006), Agrodrank 27	Simonsson (2006), vetedrank Nöbbelöv	SBI- Trading (2008)	Agroetanol (2008), Agrodrank 27	Livsmedels- sverige (2007)	Samman- ställning, drank	Genom- snitt	Rang
Foder till nötkreatur		2,34			2,91			2,34-2,91	2,63	3
Foder till grisar			1,30	1,49	2,00	1,56		1,30-2,00	1,59	5
Foder till fjäderfä (lysin)			1,37		2,06		1,60	1,37-2,06	1,68	4
Foder till fjäderfä (metionin)			2,55		3,95		3,00	2,55-3,95	3,17	1
Foder till hästar		2,45			3,09			2,45-3,09	2,77	2
Eldning för upp- värmning	0,99							0,99	0,99	6
Gödselmedel	0,86							0,86	0,86	8
Biogas 80 % utvinning ^a	0,98	0,86	0,81	0,88	0,91	0,81		0,81-0,98	0,87	7
Biogas 60 % utvinning ^a	0,58	0,52	0,48	0,53	0,55	0,48		0,48-0,58	0,53	9
Biogas 80 % utvinning (exkl. röttningskostnad)	2,34	2,22	2,17	2,24	2,27	2,17		2,17-2,34	2,24	(4)
Biogas 60 % utvinning (exkl. röttningskostnad)	1,95	1,88	1,85	1,90	1,92	1,84		1,84-1,95	1,89	(4)

^a Räknat under antaganden som om rötningen skett i en större tysk gårdsanläggning (investeringskostnader m.m.) under svenska förhållanden (löner m.m.).

Tabell B4:20. Värde sekundärdrank (eDDGS/eDGS) vid olika användningsområden (SEK/kg ts drank) (antag att mängden ingående lysin och metionin inte påverkas i processen)

Användningsområde	Belab (2002)	Spörndly (2003)	Simonsson (2006), Agrodrank 27	Simonsson (2006), vetedrank Nöbbelöv	SBI-Trading (2008)	Agroetanol (2008), Agrodrank 27	Livsmedels-sverige (2007)	Sammanställning, drank	Genomsnitt	Rang
Foder till nötkreatur		2,89			3,63			2,89-3,63	3,26	3
Foder till grisar			1,41	1,66	2,34	1,75		1,41-2,34	1,79	5
Foder till fjäderfä (lysin)			1,50		2,40		1,80	1,50-2,40	1,90	4
Foder till fjäderfä (metionin)			3,27		5,10		3,86	3,27-5,10	4,08	1
Foder till hästar		3,07			3,90			3,07-3,90	3,48	2
Eldning för uppvärmning	1,07							1,07	1,07	8
Gödselmedel	1,12							1,12	1,12	7
Biogas 80 % utvinning ^a	1,31	1,16	1,09	1,18	1,22	1,09		1,09-1,31	1,18	6
Biogas 60 % utvinning ^a	0,89	0,81	0,76	0,83	0,85	0,76		0,76-0,89	0,82	9
Biogas 80 % utvinning (exkl. rötningkostnad)	2,67	2,52	2,46	2,55	2,58	2,45		2,45-2,67	2,54	(4)
Biogas 60 % utvinning (exkl. rötningkostnad)	2,26	2,17	2,12	2,19	2,22	2,12		2,12-2,26	2,18	(4)

^a Räknat under antaganden som om rötningen skett i en större tysk gårdsanläggning (investeringskostnader m.m.) under svenska förhållanden (löner m.m.).

Tabell B4:21. Värde sekundärdrank (eDDGS/eDGS) vid olika användningsområden (SEK/kg ts drank) (antag att 50 % av mängden ingående lysin och 20 % av mängden ingående metionin bryts ner i processen för att göra 13 % mer etanol av cellulosan och hemicellulosan)

Användningsområde	Belab (2002)	Spörndly (2003)	Simonsson (2006), Agrodrank 27	Simonsson (2006), vetedrank Nöbbelöv	SBI-Trading (2008)	Agroetanol (2008), Agrodrank 27	Livsmedels-sverige (2007)	Sammanställning, drank	Genomsnitt	Rang
Foder till nötkreatur		2,89			3,63			2,89-3,63	3,26	3
Foder till grisar			0,95	1,11	1,45	1,21		0,95-1,45	1,18	5
Foder till fjäderfä (lysin)			1,00		1,46		1,16	1,00-1,46	1,21	4
Foder till fjäderfä (metionin)			2,64		4,10		3,11	2,64-4,10	3,28	2
Foder till hästar		3,07			3,90			3,07-3,90	3,48	1
Eldning för uppvärmning	1,07							1,07	1,07	8
Gödselmedel	1,12							1,12	1,12	7
Biogas 80 % utvinning ^a	1,31	1,16	1,09	1,18	1,22	1,09		1,09-1,31	1,18	6
Biogas 60 % utvinning ^a	0,89	0,81	0,76	0,83	0,85	0,76		0,76-0,89	0,82	9
Biogas 80 % utvinning (exkl. rötningkostnad)	2,67	2,52	2,46	2,55	2,58	2,45		2,45-2,67	2,54	(4)
Biogas 60 % utvinning (exkl. rötningkostnad)	2,26	2,17	2,12	2,19	2,22	2,12		2,12-2,26	2,18	(4)

^a Räknat under antaganden som om rötningen skett i en större tysk gårdsanläggning (investeringskostnader m.m.) under svenska förhållanden (löner m.m.).

BILAGA 5. BERÄKNING AV RÖTNINGSKOSTNADER TILL BIOGASFALLEN

Rötningskostnaderna i biogasfallen har till stor del hämtats från Eder m.fl. (2006) och en småskalig biogasanläggning. Till vissa kostnader t.ex. el, värme och arbetskraft, har svenska värden för år 2009 använts. I den använda tyska biogasanläggningen i exemplet används substrat från:

100 mjölkkor inkl. rekrytering + 20 ha silomajs + 1000 ton hönsgödsel, med följande förut-sättningar:

Gasproduktion: 395 300 m³/år;

Metanhalt: 58,7 %;

Effektivt energiinnehåll: 8 198 012 MJ/år = 2 277 226 kWh/år.

Gasen används till att producera el och värme som sedan kan säljas (priser anges i tabell 13).

Uppskattad elproduktion: verkningsgrad el: 35 % ger 797 029 kWh/år minus processel 8 % ger: 733 267 kWh el/år * 0,6854 SEK/kWh = 502 581 SEK/år.

Elpriset som betalas för biogasel har beräknats enligt följande:

Elpris (Nordpool (2011), genomsnitt år 2009):	
35,02 €/MWh * 10,628 SEK/€=	0,3722 SEK/kWh
Elcertifikat (Svenska Kraftnät (2011), genomsnitt 2009):	0,2932 SEK/kWh
Nätnytta (antagen)	0,02 SEK/kWh
Summa, pris levererad el	0,6854 SEK/kWh

Uppskattad produktion av värme: verkningsgrad värme: 55 % ger 1 252 474 kWh/år; om hälften av detta kan utnyttjas ger det: utnyttjad värme: 50 % ger: 626 237 kWh/år * 0,58 SEK/kWh = 363 217 SEK/år.

Värmepriset som betalas för biogasvärme har beräknats enligt följande:

Fjärrvärme (Energimyndigheten (2011), inkl. moms)	0,725 SEK/kWh
exkl. moms (25 % pålägg)	0,58 SEK/kWh

Tillsammans ger detta en intäkt på 865 798 SEK/år i 2009 års priser och penningvärde.

Vid beräkning av investeringskostnaderna har dessa räknats om från Euro till SEK med den genomsnittliga kostnaden för en Euro 2009: 10,6219 SEK/€(Riksbanken, 2011).

Investering röt-kammare:	327 600 € * 10,6219 SEK/€ = 3 479 721 SEK,
Investering gasmotor m.m.:	74 067 € * 10,6219 SEK/€ = 786 729 SEK,
Total investering:	401 667 € * 10,6219 SEK/€ = 4 266 450 SEK.

110 kW el ger en investeringskostnad på 3652 €/kW vilket är OK.

Antagen ränta: 5 %

Antagen avskrivningstid för röt-kammare m.m.: 15 år, ger en Annuitetsfaktor: 0,096342288 som ger en årskostnad: 335 244 SEK/år för röt-kammaren.

Antagen avskrivningstid för gasmotor m.m.: 7 år, ger en Annuitetsfaktor: 0,172819818 som ger en årskostnad: 135 962 SEK/år för gasmotor m.m.

Antag underhållet är: 3 % av investeringen: 127 993 SEK/år.

Antag arbete (löner): 720 timmar * 230 SEK/tim = 165 600 SEK/år.

(Lönekostnad som genomsnittet för en maskinförare inom jordbruket år 2009 (SCB, 2010)).

Kostnader för substrat:

Silomajs (majsensilage): 20 ha * 1400 €/ha ger: 297 412 SEK/år

Utkörning av substrat: 1600 m³ * 4 €/m³ ger: 67 980 SEK/år.

Summa kostnader: 1 130 192 SEK/år, ger ett underskott på: 264 394 SEK/år.

Angivet, kostnader under tyska förhållanden: 90 127 €/år = 957 316 SEK/år. Detta kan tyda på att ”Summa kostnader” ovan är rimliga då de ej avviker mycket från detta värde och dessutom ligger något högre.

Gasproduktion:

Angivet: från kogödsel: 100 m³ biogas/dag; motsvarande 0,38 m³ biogas/kg organisk substans, vilket ger en åtgång av 263,16 kg organisk substans/dag. Där 80 % organiskt material av torrsubstansen betyder detta 328,95 kg torrsubstans/dag. Metanproduktionen blir 0,223 m³ CH₄/kg organisk substans.

Angivet: från silomajs: 520 m³ biogas/dag; motsvarande 0,75 m³ biogas/kg organisk substans, vilket ger en åtgång av 693,33 kg organisk substans/dag. Där 73,14 % organiskt material av torrsubstansen betyder detta 947,92 kg torrsubstans/dag. Metanproduktionen blir 0,440 m³ CH₄/kg organisk substans.

Angivet: från hönsgödsel: 463 m³ biogas/dag; motsvarande 0,62 m³ biogas/kg organisk substans, vilket ger en åtgång av 746,77 kg organisk substans/dag. Där 75 % organiskt material av torrsubstansen betyder detta 995,70 kg torrsubstans/dag. Metanproduktionen blir 0,364 m³ CH₄/kg organisk substans.

Summeras detta ger det: 2272,57 kg torrsubstans/dag som betyder 829 485 kg torrsubstans/år.

Källor ovan: Hagelberg m.fl. (1988), gasproduktion från kogödsel och hönsgödsel; Biogas-Südwest (2007), gasproduktion från majs.

Majs med 35 % torrsubstanshalt; ger 192 m³ biogas/ton vilket medför 0,549 m³ biogas per kg torrsubstans vilket ger 73,14 % organiskt material av torrsubstans (denna siffra används för silomajs ovan). Källa: EnergieAgentur NRW (2000).

Summa kostnader (se ovan): 1 130 192 SEK/år, dividerat med 829 485 kg torrsubstans/år (se ovan) ger: **1,3625 SEK/kg torrsubstans** (denna kostnad används som rötningskostnaden vid rötningen av dranken (DGS och eDGS) i kalkylerna av biogasfallen).

Summa intäkter: 865 798 SEK/år (se ovan).

Kostnader - Intäkter 264 394 SEK/år (1 130 192 (se ovan) - 865 798)

dividerat med 829 485 kg torrsubstans/år ger rötningskostnaden inklusive intäkter för biogas till el och värme: 0,3187 SEK/kg torrsubstans.

BILAGA 6. EKONOMISKA KALKYLER ODLING AV HÖSTVETE OCH PRODUKTION AV ETANOL

Tabell B6:1. Ekonomisk kalkyl, odling av höstvet (indata huvudsakligen efter Agriwise, 2009; Maskinkalkylgruppen, 2009; samt egna beräkningar)

Produktionsfaktorer	Liten brukningsenhet, 75 ha			Stor brukningsenhet, 300 ha		
	Kvantitet (.../ha)	Pris (SEK/...)	Kostnad (SEK/ha)	Kvantitet (.../ha)	Pris (SEK/...)	Kostnad (SEK/ha)
Utsäde (kg) ^a	231	3,69	852	231	3,69	852
Gödselmedel: Hydro NPK Svavel 21-4-7 (kg)	420	3,57	1 498	420	3,57	1 498
Gödselmedel: Hydro Suprasalpeter, N28 (kg)	115	2,50	288	115	2,50	288
Bekämpning, herbicid (gångar)	1	284	284	1	284	284
Bekämpning, fungicid (Tilt Top 500 EC) (gångar)	0,6	290	174	0,6	290	174
Bekämpning, fungicid (Sportak EW) (gångar)	0,3	319	96	0,3	319	96
Bekämpning, insekticid (gångar)	0,5	78	39	0,5	78,0	39
Bränsle, dragkraft, etc. (liter) ^{ab}	66,6	7,50	500	66,6	7,50	500
Smörjolja etc. dragkraft, etc. ^{ac}			75			75
Bränsle, värme för spannmålstorkning (liter)	66,7	7,50	500	66,7	7,50	500
El för torkning och rensning av spannmålen (kWh)	119,2	1,042	124	119,2	1,042	124
Grödförsäkring			28			28
Analyskostnad höstvet (SEK/10 000 kg våt spannmål)	0,189	190	36	0,189	190	36
Summa särkostnader 1			4 494			4 494
Maskinunderhåll ^a			863			1 149
Ränta rörelsekapital			216			196
Summa särkostnader 2			5 573			5 839
Maskiner, avskrivning och ränta ^a			1 701			1 078
Skatt och försäkring, fältmaskiner och tork ^a			34			23
Kostnader för förvaring av fältmaskiner och tork under tak ^a			131			56
Arrende (SCB, 2009b)			1 224			1 224
Summa kostnader (exkl. arbete)			8 663			8 220
Kostnad maskinförare m.m. (timmar) ^a	7,98	230	1835	3,92	230	902
Kostnad planering och driftledning ^d			184			90
Summa kostnader (inkl. arbete)			10 681			9 212
Kostnad för produktion av vete (SEK/kg)			1,81			1,56

^a Inkluderar ett ökat behov av utsäde, bränsle, smörjolja, underhåll, arbete etc. beroende på utvintring.

^b Inkluderar även skördetröskning och transport av konstgödsel till gården.

^c Kostnaderna för smörjolja antogs vara 15 % av bränslekostnaderna efter uppgifter i Agriwise (2002).

^d Antogs vara 10 % av kostnaderna för maskinförare m.m.

Tabell B6:2. Ekonomisk kalkyl, produktion av etanol

Produktionsfaktorer	Liten bruknings-enhet (SEK/ha)			Stor bruknings-enhet (SEK/ha)			Inköpt höstvetet ^a (SEK/ha)		
	DDGS	eDDGS	Förändr. (%)	DDGS	eDDGS	Förändr. (%)	DDGS	eDDGS	Förändr. (%)
Odling av höstvetet	10681	10681	0	9212	9212	0	5841	5841	0
El, produktion av etanol (jäsnings och destillation)	238	408	+71,5	238	408	+71,5	238	408	+71,5
Ånga från träflis till etanolproduktion, exkl. torkning av drank	546	849	+55,4	546	849	+55,4	546	849	+55,4
El, torkning av drank	248	190	-23,5	248	190	-23,5	248	190	-23,5
Ånga från träflis, torkning av drank	545	417	-23,5	545	417	-23,5	545	417	-23,5
Fosforsyra (75 %)	7	8	+3,8	7	8	+3,8	7	8	+3,8
Svavelsyra (93 %)	17	18	+3,8	17	18	+3,8	17	18	+3,8
Natriumhydroxid (50 %)	4	4	+3,8	4	4	+3,8	4	4	+3,8
Kalciumklorid (30 %)	28	29	+3,8	28	29	+3,8	28	29	+3,8
Övriga kemikalier	4	4	+3,8	4	4	+3,8	4	4	+3,8
Skumdämpare	7	7	+3,8	7	7	+3,8	7	7	+3,8
Novo BAN 240 L (enzym)	92	109	+19,0	92	109	+19,0	92	109	+19,0
Novo AMG 300 L (enzym)	265	315	+19,0	265	315	+19,0	265	315	+19,0
Econase CE 15 (enzym)	67	80	+19,0	67	80	+19,0	67	80	+19,0
Jäst	0	0	+3,8	0	0	+3,8	0	0	+3,8
Transport, produktionskemikalier	5	5	+3,8	5	5	+3,8	5	5	+3,8
Transport, vete till etanolfabriken	525	525	0,0	525	525	0,0	525	525	0,0
Transport, drank (DDGS eller eDDGS)	118	90	-23,5	118	90	-23,5	118	90	-23,5
Transport, etanol (som Etanol 100 %)	212	239	+13,0	212	239	+13,0	212	239	+13,0
Maskiner, etanolproduktion, underhåll	528	568	+7,5	528	568	+7,5	528	568	+7,5
Byggnader, etanolproduktion, underhåll	288	310	+7,5	288	310	+7,5	288	310	+7,5
Maskiner, etanolproduktion, avskrivning och ränta	807	864	+7,0	807	864	+7,0	807	864	+7,0
Byggnader, etanolproduktion, avskrivning och ränta	263	281	+7,0	263	281	+7,0	263	281	+7,0
Hantering av avloppsvatten och färskvatten	77	87	+13,0	77	87	+13,0	77	87	+13,0
Övriga kostnader t.ex. försäkring etc., 5 % av ovan	218	244	+11,8	218	244	+11,8	218	244	+11,8
Summa kostnader (exkl. arbete)	15791	16333	+3,4	14322	14864	+3,8	10951	11492	+4,9
Arbete	340	364	+7,1	340	364	+7,1	340	364	+7,1
Summa kostnader (inkl. arbete)	16131	16696	+3,5	14662	15227	+3,9	11290	11856	+5,0
Intäkter från drankförsäljning ^b :	3062	2343	-23,5	3062	2343	-23,5	3062	2343	-23,5
Summa kostnader (inkl. drankförsäljning)	13069	14354	+9,8	11600	12885	+11,1	8229	9513	+15,6
Kostnader (SEK/kg etanol 100 %)	7,48	7,27	-2,8	6,64	6,52	-1,7	4,71	4,82	+2,3
Kostnader (SEK/liter etanol 100 %)	5,87	5,71	-2,8	5,21	5,12	-1,7	3,70	3,78	+2,3
Intäkter från etanol: 5,40 SEK/liter	12023	13586	+13,0	12023	13586	+13,0	12023	13586	+13,0
Summa kostnader (inkl. etanolförsäljning)	4108	3111	-24,3	2639	1642	-37,8	-732	-1730	-136,2
Kostnader (SEK/kg DDGS eller eDDGS)	2,17	1,64	-24,3	1,39	0,87	-37,8	-0,39	-0,91	-136,2

^a Höstvetet inköpt för 0,99 SEK/kg (Agriwise, 2009).

^b Drankpris: 1,60 SEK/kg drank med 10 % vatten, beräknat efter Erichsen, pers (2009).

Tabell B6:3. Förutsättningar till ekonomisk kalkyl, produktion av etanol i en anläggning som antas kunna ta emot höstvetete från 50 000 ha (uppdaterad från Bernesson, 2004)

Produktionsfaktorer	Kvantitet	Enhet	Pris	Enhet	Kostnad (SEK/ha)
El, produktion av etanol (jäsnings och destillation) ^a	341,52	(kWh/ha)	0,69722	(SEK/kWh)	238,11
Ånga från träflis till etanolproduktion, exkl. torkning av drank ^b	2938,02	(kWh/ha)	0,186	(SEK/kWh)	546,47
El, torkning av drank ^a	356,23	(kWh/ha)	0,69722	(SEK/kWh)	248,37
Ånga från träflis, torkning av drank ^b	2931,23	(kWh/ha)	0,186	(SEK/kWh)	545,21
Fosforsyra (75 %) ^c	0,95	(kg/ha)	7,75	(SEK/kg)	7,33
Svavelsyra (93 %) ^c	12,69	(kg/ha)	1,3705	(SEK/kg)	17,40
Natriumhydroxid (50 %) ^c	1,83	(kg/ha)	2,2222	(SEK/kg)	4,06
Kalciumklorid (30 %) ^c	8,06	(kg/ha)	3,4478	(SEK/kg)	27,79
Övriga kemikalier ^c	1,04	(kg/ha)	3,6976	(SEK/kg)	3,86
Skumdämpare ^c	0,33	(kg/ha)	20	(SEK/kg)	6,53
Novo BAN 240 L (enzym) ^c	1,47	(kg/ha)	62,478	(SEK/kg)	91,75
Novo AMG 300 L (enzym) ^c	4,24	(kg/ha)	62,478	(SEK/kg)	265,05
Econase CE 15 (enzym) ^c	1,08	(kg/ha)	62,478	(SEK/kg)	67,28
Jäst ^c	0,52	(kg/ha)	0	(SEK/kg)	0,00
Transport, produktionskemikalier ^d					4,67
Transport, vete till etanolfabriken ^d					525,22
Transport, drank (DDGS eller eDDGS) ^d					117,75
Transport, etanol (som Etanol 100 %) ^d					211,67
Maskiner, etanolproduktion, underhåll ^e	0,12	(tim/ha)	4400	(SEK/tim)	528,00
Byggnader, etanolproduktion, underhåll ^e	0,1752	(tim/ha)	1643,84	(SEK/tim)	288,00
Maskiner, etanolproduktion, avskrivning och ränta ^e	0,12	(tim/ha)	6725,26	(SEK/tim)	807,03
Byggnader, etanolproduktion, avskrivning och ränta ^e	0,1752	(tim/ha)	1500,73	(SEK/tim)	262,93
Hantering av avloppsvatten och färskvatten ^f					76,79
Övriga kostnader t.ex. försäkring etc., 5 % av ovan ^g					218,30
Summa kostnader (exkl. arbete)					5109,57
Arbete ^h	1,0320	(tim/ha)	329,16	(SEK/tim)	339,70
Summa kostnader (inkl. arbete)					5449,27

^a Kvantitet beräknad efter Bernesson (2004); Elpriser, se separat beskrivning nedan.

^b Kvantitet beräknad efter Bernesson (2004); Pris gäller träflis sålt till fjärrvärmeverk i mellansverige år 2009 (exkl. skatt) (Statistiska centralbyrån, 2010).

^c Kvantiteter är beräknade efter Bernesson (2004); Pris på fosforsyra, svavelsyra, natriumhydroxid, kalciumklorid och skumdämpare har beräknats efter uppgifter från Björck, pers. (2010); Pris på övriga kemikalier har beräknats som det genomsnittliga priset per kilogram hos fosforsyra, svavelsyra, natriumhydroxid och kalciumklorid; Priset på enzym är beräknat utifrån Agroetanols enzymkostnad (40 000 000 SEK) dividerad med mängden producerad etanol (210 000 m³ = 164 850 ton) * 1,748 ton etanol/ha / 6,788 kg enzym/ha = 62,478 SEK/kg (Johansson, pers, 2010); Jästen odlas på etanolfabriken och medför därför ingen extern kostnad (Werling, pers, 2003).

^d I bilaga 7 beskrivs hur transportkostnaderna beräknats. Denna kostnad har multiplicerats med den transporterade mängden av varje produkt per hektar (32,21 kg kemikalier, 5900 kg vete, 1892,45 kg drank, 1747,74 kg etanol). Dessutom tas hänsyn till fyllnadsgrad vid transporten och förarens lönekostnad vid av- och pålastning (230 SEK/tim). Kemikalier: tank-/bulkbil, last 36,5 ton, 3 tim för på- och avlastning, 90 % fyllnadsgrad, tom returresa; vete: flakbil, last 40,0 ton, 1,5 tim för på- och avlastning, 100 % fyllnadsgrad, 80 % tomma returresor; drank: flakbil, last 40,0 ton, 1,5 tim för på- och avlastning, 100 % fyllnadsgrad, 20 % tomma returresor; etanol: tank-/bulkbil, last 36,5 ton, 1,5 tim för på- och avlastning, 100 % fyllnadsgrad, tom returresa. I samtliga fall antas transportavstånden vara 110 km.

^e För beräkningar och antaganden, se tabell B6:4.

^f Kostnaden för behandling av avlopps- och färskvatten anges som i Bernesson (2004) (2 * 55,07 kWh el/ha) med elkostnad enligt i tabellen ovan.

^g Transportkostnaden för vete ingår ej i denna summa, då den ofta brukar inkluderas i spannmålspriset istället.

^h Arbetskostnaden: Antag 30 personer jobbar 40 timmar/vecka 43 veckor/år = 51 600 timmar / 50 000 ha = 1,032 tim/ha (beräknat efter Schmitz (2003)). Arbetskostnaden 57,57 SEK/ton spannmål * 5,9 ton/ha = 339,7 SEK/ha, beräknat utifrån arbetskostnader Agroetanol om 3 av 5 personer jobbar med etanolproduktion (efter diskussion med Johansson, pers (2010)).

Tabell B6:4. Beräkning av kostnader för maskiner och byggnader vid etanolproduktion från 50000 ha höstvet (uppdaterad från Bernesson, 2004)

Storskalig produktion av etanol	Användning ^a (U)	Investering/återanskaffningsvärde ^b (A)	Underhåll	Underhåll (B)	Ekonomisk livslängd (C)	Årlig användning (D)
Produktionsfaktorer	(tim/ha)	(SEK)	(% av återanskaffningsvärdet)	(SEK/ha)	(år)	(tim)
Maskiner, etanolproduktion, underhåll	0,12	440 000 000	6	528	15	6000
Byggnader, etanolproduktion, underhåll	0,1752	240 000 000	6	288	50	8760
Storskalig produktion av etanol	Restvärde	Restvärde (R)	Värdeminskning	Kalkylränta		Årlig kapitalkostnad ^c
Produktionsfaktorer	(% av återanskaffningsvärdet)	(SEK)	(SEK/ha)	(%)		(SEK/ha)
Maskiner, etanolproduktion, underhåll	10	44 000 000	528	5		807,03
Byggnader, etanolproduktion, underhåll	0	0	96	5		262,93

^a Användning (tim/ha) beräknas som: Årlig användning (tim)/antal hektar (här 50 000 ha).

^b Investeringskostnaderna har uppskattats med hjälp av data givna i Schmitz (2003) och Perkis m.fl. (2008), samt efter vissa diskussioner med Johansson, pers (2010). Data från dessa källor har anpassats till de förutsättningar som gäller för den anläggning som avses i den här studien.

^c Den årliga kapitalkostnaden har beräknats med annuitetsmetoden som tar hänsyn till ränta på ränta effekter: Årlig kapitalkostnad = $(A - R * P) * An * (U/D)$; där A = Återanskaffningsvärdet; R = Restvärde; U = Användning (tim/ha) och D = Årlig användning. Nuvärdesfaktorn: $P = 1/(1+(kalkylränta/100))^C$; där C = Ekonomisk livslängd. Annuitetsfaktorn: $An = (((1+(kalkylränta/100))^C) * (kalkylränta/100)) / (((1+(kalkylränta/100))^C) - 1)$. Beräkningar efter Ljung och Högberg (1988).

Elkostnad:

Elpris (exkl. moms) beräknat på säkring 23 000 A och en årsförbrukning på 35 000 000 kWh (Espeving, pers, 2009). (Strömstyrkan på 23 000 A och årselförbrukningen på 35 000 000 kWh går att räkna fram från data givna i Bernesson (2004)).

El 0,38 SEK/kWh (Reala elpriser på 1 års sikt, ca år 2010)

Elcertifikat 0,062 SEK/kWh (Elcertifikat på 1 års sikt, ca år 2010)

Skatt 0,005 SEK/kWh (0,5 öre/kWh för tillverkningsindustrin dit produktion av etanol antas höra).

Rörlig nätavgift 0,12057 SEK/kWh (Nätavgift = $((300 \text{ (fast avgift)} + ((15\,919 \text{ kW (genomsnittlig topp effekt under 1 timme varje månad beräknad som: } 34\,887\,366 \text{ kWh/år} / (365,25 \text{ dagar} * 24 \text{ timmar}) * 4 \text{ (antag 4 gånger årlig genomsnittseffekt)} = 15\,919 \text{ kW})) * 22 \text{ SEK/kWh, månad (12 månader)})) / 34\,887\,366 \text{ kWh/år} * 12 \text{ (antal månader på ett år)}); 34\,887\,366 \text{ kWh/år}$ går att beräkna utifrån data i Bernesson (2004). Beräkningsschema för rörlig nätavgift finns på Vattenfall (2009).

Fast nätavgift 0,12965 SEK/kWh $(=(((31+28,25+31+30+31-7)/365,25)*(5/7) * (16/24)*(0,344))+((1-(((31+28,25+31+30+31-7)/365,25)*(5/7)*(16/24))))*0,08)$:

Fast nätavgift: 0,344 SEK/kWh under höglasttid: veckodagar (må-fr) 06-22 under januari, februari, mars, november och december. Veckodagar är vanligtvis måndag - fredag. Följande dagar som kan inträffa under måndag-fredag är inte arbetsdagar (höglasttid): Nyårsdagen, Trettondagen, Skärtorsdag, Långfredag, Annandag Påsk, Julafton, Juldagen, Annandag jul och Nyårsafton (antas bli 7 st.). All annan tid 0,08 SEK/kWh. Källa: Vattenfall (2009).

Summa 0,69722 SEK/kWh.

BILAGA 7. BERÄKNING AV TRANSPORTKOSTNADER I KALKYLERNA AV PRODUKTIONSKOSTNADERNA

Kostnaderna har beräknats från priser för spannmålsfrakter gällande ett helt ekipage (bil med släp) med flak från Läntmännen Direkt: priser från lantmännen gällande Spannmålsfrakter enligt lista uppdaterad 2009-05-26 (fortfarande gällande 2010-10-13) (Ekström, pers, 2010).

Utifrån transportdata (tabell B7:1) togs en ekvation för transportkostnaderna fram genom logaritmering av transportdata följt av linjär regression med minsta kvadratmetoden. Följande erhöles då:

Tabell B7:1. Indata till ekvationen för transportkostnader

	Avstånd (x): km	Pris: SEK/ton	Pris (y): SEK/ton km	ln(y)	ln(x)	ln(x) ²
	5	32	6,40	1,856	1,609	2,590
	15	38	2,53	0,930	2,708	7,334
	25	44	1,76	0,565	3,219	10,361
	35	49	1,40	0,336	3,555	12,640
	45	54	1,20	0,182	3,807	14,491
	55	60	1,09	0,087	4,007	16,059
	65	67	1,03	0,030	4,174	17,426
	75	72	0,96	-0,041	4,317	18,641
	85	77	0,91	-0,099	4,443	19,737
	95	82	0,86	-0,147	4,554	20,738
	105	87	0,83	-0,188	4,654	21,659
	115	93	0,81	-0,212	4,745	22,514
	125	98	0,78	-0,243	4,828	23,313
	135	103	0,76	-0,271	4,905	24,062
	145	108	0,74	-0,295	4,977	24,768
	160	116	0,73	-0,322	5,075	25,757
	180	124	0,69	-0,373	5,193	26,967
	195	129	0,66	-0,413	5,273	27,805
	210	138	0,66	-0,420	5,347	28,592
	330	190	0,58	-0,552	5,799	33,629
	350	199	0,57	-0,565	5,858	34,315
	430	237	0,55	-0,596	6,064	36,769
	590	314	0,53	-0,631	6,380	40,706
Summa	3570	2511	27,03			
Medel	155,2	109,2	1,18			
Antal (n)	23					

Erhållen ekvation: $\ln(y) = 3,5712543 + -1,21235 * \ln(x) + 0,086864 * (\ln(x))^2$

Vilket motsvarar: $y = e^{(3,5712543 - 1,21235 * \ln(x) + 0,086864 * (\ln(x))^2)}$

Transporter med tankbil eller bulkbil har antagits bli 25 % dyrare. Vid på- och avlastning har förarens lön antagits vara 230 SEK/tim. Alla transporter som rör produktion av etanol och drank samt transport av dessa till användarna har antagits vara 110 km.

BILAGA 8. INDATA TILL LIVSCYKELANALYSERNA

Utfodring av nötkreatur, grisar, fjäderfä och hästar

Den mängd sojamjöl och korn som vetedrank kan ersätta som foder till idisslare och hästar har beräknats utifrån korns och sojamjöls innehåll av omsättbar energi och råprotein (se tabell 14). Till grisar och fjäderfän (lysin) har dessa mängder (mängderna sojamjöl och korn), istället för från innehållet av råprotein i sojamjölet och kornet, beräknats utifrån dessas innehåll av aminosyran lysin (se tabell 14). Till fjäderfä (metionin) har mängden sojamjöl och korn som vetedrank kan ersätta även beräknats utifrån drankens innehåll av aminosyran metionin (se tabell 14). Beräkningarna har utformats så att mängden omsättbar energi, samt råprotein, lysin eller metionin blir lika stor i blandningen mellan sojamjöl och korn som i ett kg drank (antingen som primärdrank (DDGS/DGS) eller sekundärdrank (eDDGS/eDGS)). Emissionerna och miljöpåverkanskategorierna för miljöpåverkan vid odling av det korn som vetedranken ersätter anges i tabell B8:1 respektive tabell B8:2, och emissionerna och miljöpåverkanskategorierna för miljöpåverkan vid odling av det sojamjöl som vetedranken ersätter anges i tabell B8:3 respektive tabell B8:4.

Tabell B8:1. Emissioner vid odling av det korn som ska ersättas av drank då dranken används som foder till nötkreatur, hästar, grisar och fjäderfän (egen beräkning)

Emissioner av substans/ Produktionsfaktorer	CO ₂ (g/ha)	CO (g/ha)	HC (g/ha)	CH ₄ (g/ha)	NO _x (g/ha)	SO _x (g/ha)	NH ₃ (g/ha)	N ₂ O (g/ha)	HCl (g/ha)	PAH (g/ha)	Partiklar (g/ha)	Näring till vatten (g PO ₄ ³⁻ /ha)
Utsäde	22586	13,02	14,16	12,10	105,97	37,34	39,89	95,93	0,62	0,0010	4,42	431
Gödselmedel	225796	57,52	141,27	228,17	463,88	780,27	47,54	1099,10	14,50	0,023	73,00	
Markemissioner							887,46	1146,71				10096
Bekämpningsmedel	2956	1,60	0,17	0,11	4,16	10,45	0,10	0,91	0,13		0,03	
Dragkraft	160502	175,75	121,29	4,22	1891,42	41,10		0,00			25,18	
Torkningsvärme	133872	56,00	66,50	15,75	106,75	34,06		1,75			3,50	
El för torkning och rensning	2761	6,34	1,02	17,25	5,28	4,58	0,077	0,25	0		0,88	
Maskiner	2859	6,56	1,06	17,86	5,47	4,74	0,08	0,26	0		0,91	
Transport av gödselmedel	715	1,41	0,66	0,019	7,38	0,18		0,00			0,11	
Maskiner, transport av gödselmedel	46	0,11	0,017	0,29	0,09	0,08	0,0013	0,0042	0		0,015	
Summa	552094	318,31	346,15	295,78	2590,40	912,79	975,15	2344,90	15,25	0,024	108,05	10527

Tabell B8:2. Miljöpåverkanskategorier vid odling av det korn som ska ersättas av drank då dranken används som foder till nötkreatur, hästar, grisar och fjäderfän (egen beräkning)

Miljöpåverkans- kategori/ Produktionsfaktorer	Insatt energi (MJ/ha)	Insatt energi (%)	GWP (g CO ₂ - eq/ha)	GWP (%)	AP (g SO ₂ - eq/ha)	AP (%)	EP (g PO ₄ ³⁻ - eq/ha)	EP (%)	POCP (g C ₂ H ₄ - eq/ha)	POCP (%)
Utsäde	371	4,09	51285	4,09	187,07	4,09	458,23	4,09	6,27	4,09
Gödselmedel	3084	34,00	556492	44,39	1207,13	26,40	76,49	0,68	60,41	39,41
Markemissioner	0	0	339425	27,08	1668,43	36,49	10405,43	92,90	0	0
Bekämpningsmedel	119	1,31	3230	0,26	13,65	0,30	0,57	0,005	0,13	0,09
Dragkraft	2224	24,52	160951	12,84	1365,09	29,85	244,35	2,18	55,58	36,26
Torkningsvärme	1855	20,45	134864	10,76	108,78	2,38	13,79	0,12	28,95	18,89
El för torkning och rensning	686	7,56	3245	0,26	8,42	0,184	0,71	0,006	0,78	0,51
Maskiner	710	7,83	3360	0,27	8,72	0,191	0,73	0,007	0,81	0,53
Transport av gödselmedel	10	0,11	718	0,057	5,35	0,117	0,95	0,009	0,32	0,21
Maskiner, transport av gödselmedel	12	0,13	55	0,0044	0,14	0,0031	0,012	0,00011	0,013	0,0086
Summa	9071	100	1253624	100	4572,78	100	11201,27	100	153,26	100

Tabell B8:3. Emissioner vid produktion av det sojamjöl som ska ersättas av drank då dranken används som foder till nötkreatur, hästar, grisar och fjäderfän (Jungk m.fl., 2000)

Emissioner av substans/ Produktionsfaktor	CO ₂ (g/kg)	CO (g/kg)	HC (g/kg)	CH ₄ (g/kg)	NO _x (g/kg)	SO _x (g/kg)	NH ₃ (g/kg)	N ₂ O (g/kg)	HCl (g/kg)	PAH (g/kg)	Partiklar (g/kg)	Näring till vatten (g PO ₄ ³⁻ /kg)
Sojamjöl (Jungk m.fl., 2000)	307,5	0,7645	0,1653	0,7522	2,762	2,680	0,1190	0,1196	0,01909		0,2145	6,511

Tabell B8:4. Miljöpåverkanskategorier vid odling av det sojamjöl som ska ersättas av drank då dranken används som foder till nötkreatur, hästar, grisar och fjäderfän

Miljöpåverkanskategori/ Källa	Insatt energi (MJ/kg)	GWP (g CO ₂ -eq/kg)	AP (g SO ₂ -eq/kg)	EP (g PO ₄ ³⁻ -eq/kg)	POCP (g C ₂ H ₄ -eq/kg)
Sojamjöl (Jungk m.fl., 2000)	6,26	361,7	4,9	6,9	0,102
Sojamjöl (Flysjö m.fl., 2008)	13,2	849,7	7,1	4,8	-

Den mängd sojamjöl och korn som foder, till olika djurslag, som dranken (DDGS eller eDDGS) kan ersätta, beräknades med hjälp av ett ekvationssystem (B8:1). I detta gäller följande beteckningar: M: mängd av fodermedlen; N: innehåll av smältbart råprotein (nötkreatur och hästar) eller smältbart lysin (grisar och fjäderfän) eller smältbart metionin (fjäderfä); och E: innehåll av omsättbar energi. Index d står för drank, index k står för korn och index s står för sojamjöl. Mängden drank M_d är 1 kg. Innehållen av (N) smältbart råprotein (nötkreatur och hästar) eller smältbart lysin (grisar och fjäderfän) eller smältbart metionin (fjäderfä) erhålls från fodermedelstabeller för de studerade djurslagen, likaså innehållen av omsättbar energi (E). De värden som använts i beräkningarna i den här studien anges i tabell 14. Mängderna korn (M_k) och sojamjöl (M_s) som dranken kan ersätta löses ut ur ekvationssystemet (B8:1) för de studerade djurslagen med angivna antaganden, (här nedbrytningsgrad av lysin och metionin för eDDGS/eDGS). Dessa värden (se tabell B8:5) används sedan i livscykelanalyserna.

$$M_d \text{ (kg ts)} * N_d \text{ (kg/kg ts)} = M_k \text{ (kg ts)} * N_k \text{ (kg/kg ts)} + M_s \text{ (kg ts)} * N_s \text{ (kg/kg ts)}$$

$$M_d \text{ (kg ts)} * E_d \text{ (MJ oms/kg ts)} = M_k \text{ (kg ts)} * E_k \text{ (MJ oms/kg ts)} + M_s \text{ (kg ts)} * E_s \text{ (MJ oms/kg ts)} \quad (\text{B8:1})$$

Tabell B8:5. Mängd sojamjöl och korn som 1 kg drank kan ersätta, och mängd sojamjöl och korn som drank från 1 ha höstvetete kan ersätta

Djurslag Typ av drank / Fodermedel	Nötkreatur		Grisar (lysin)			Fjäderfä (lysin)		Fjäderfä (metionin)		Hästar	
	DDGS	eDDGS	DDGS	eDDGS ^a	eDDGS (lysin -50 %)	DDGS	eDDGS (lysin -50 %)	DDGS	eDDGS (metionin -20 %)	DDGS	eDDGS
Sojamjöl (kg/kg drank)	0,487	0,728	0,174	0,274	0,096	0,163	0,088	0,576	0,658	0,514	0,783
Korn (kg/kg drank)	0,469	0,151	0,579	0,349	0,529	0,677	0,600	0,358	0,160	0,470	0,129
Sojamjöl (kg ts/ha höstvetete)	839	959	299	361	127	322	116	992	868	885	1032
Korn (kg ts/ha höstvetete)	808	200	997	460	697	1355	791	617	211	810	170
Korn ^b (ha)	0,213	0,053	0,264	0,121	0,184	0,308	0,209	0,163	0,056	0,214	0,045

^a Mängden lysin i sekundärdrank (eDDGS) har antagits inte förändras i extra processen för att utvinna 13 % mer etanol.

^b Den areal korn (ha) som kan ersättas av dranken (om kornskörden är 4400 kg/ha med 14 % vatten).

Skogsflis till förbränning

Vid eldningen av dranken har det antagits att denna ersätter skogsflis till värmeverk. Hur värmevärdena för drank och skogsflis beräknats redovisas i bilaga 4 under rubrik "Skogsflis till förbränning". Både eldning av torr drank (DDGS/eDDGS) och eldning av blöt drank (DGS/eDGS) med rökgaskondensering har studerats. Nedan i tabell B8:6 redovisas emissioner och energiåtgång för produktion av skogsflis för eldning i ett större värmeverk samt vid eldning av denna flis. Dessa värden har använts för drank (DDGS/DGS och eDDGS/eDGS) i livscykelanalyserna med utvidgat system där dranken ersätter skogsflis vid eldning. Vid eldning av drank har det antagits att kväveoxidemissionerna ökar 3 gånger, jämfört med vid eldning av skogsflis, vilket är i nivå med vad som uppmätts vid eldning av rapsexpeller som liksom dranken innehåller ca 5 % kväve av torrsubstansen. Det har inte gjorts någon skillnad mellan vanlig primärdrank (DDGS/DGS) och sekundärdrank (eDDGS/eDGS) som härrör från en process där 13 % mer etanol utvunnits även från spannmålets cellulosa och hemicellulosa. Detta beroende på att kväveoxidemissionerna skulle ha ökat med mycket mer än med ca 2-3,6 gånger mer för rapsexpeller med ca 5 % kväve jämfört med kväveinnehållet i trä, ca 0,1 %, (rapsexpeller innehåller ca 50 gånger mer kväve än träet) om de enbart berodde på bränslets kväveinnehåll. Detsamma antas gälla för drank och storleksökningen för kväveoxidemissionerna antas därför, vid eldning av drank (både DDGS/DGS och eDDGS/eDGS), bli ca 3 gånger större än vid eldning av skogsbränsle. Alla andra emissioner antas, vid eldning av drank, förbli desamma som vid eldning av skogsbränsle. Askan har antagits inte kunna återvinnas som gödselmedel.

Tabell B8:6. Emissioner vid produktion av skogsflis och eldning av skogsflis i ett större värmeverk (efter: Uppenberg m.fl., 2001)

Emissioner av substans/ Produktionsfaktorer ^a	CO ₂ (g/MJ)	CO (g/MJ)	HC (g/MJ)	CH ₄ (g/MJ)	NO _x (g/MJ)	SO _x (g/MJ)	NH ₃ (g/MJ)	N ₂ O (g/MJ)	HCl (g/MJ)	PAH (g/MJ)	Partiklar (g/MJ)	Näring till vatten (g PO ₄ ³⁻ /MJ)	Energi (MJ/MJ)
Produktion av skogsflis	3	0,015	0,0043	0	0,047	0,0027	0	0	0	0	0,0039	1,48* 10 ⁻⁶	0,04
Eldning av skogsflis	0	0,3	0,02	0,005	0,052	0,04	0,0025	0,005					

^a Enhet (g/MJ) och (MJ/MJ) gäller räknat på det effektiva värmevärdet i bränslet.

Det effektiva värmevärdet för trä enligt Widell: $H_i = 18,73 - 21,23 \cdot H_2O$ MJ/kg (Mörtstedt & Hellsten, 1982). Detta betyder att det effektiva värmevärdet för trä är: 18,73 MJ/kg ts.

Det effektiva värmevärdet för trä (Uppenberg m.fl., 2001) är: 19,2 MJ/kg ts; och 12,7 MJ/kg vid 30 %:s vattenhalt och 8,4 MJ/kg vid 50 %:s vattenhalt.

Det effektiva värmevärdet för primärdrank (DDGS) (Belab, 2002) är: 17,533 MJ/kg = 4,8703 kWh/kg; och 19,755 MJ/kg ts = 5,4875 kWh/kg ts.

Skörden av primärdrank (DDGS) är 1892,45 kg/ha med 9 % vatten = 1722,13 kg ts/ha.

Eldning av torr primärdrank (DDGS): Relationen mellan trä (30 % vatten: Uppenberg m.fl., 2001) och drank (DDGS 10 % vatten: Belab, 2002) är: 1,3806 kg trä/kg DDGS. Detta ger att primärdranken kan ersätta: 2612,63 kg trä/ha (denna siffra används vid beräkning av emissionerna från transportererna av den ersatta skogsflisen) = 33180,38 MJ trä/ha (denna siffra används vid beräkning av emissionerna från produktionen av den ersatta skogsflisen) motsvarande 33180,38 MJ DDGS/ha; OK!

Sekundärdrank (eDDGS) från process där 13 % mer etanol utvunnits från cellulosan och hemicellulosan:

Det effektiva värmevärdet för sekundärdrank (eDDGS) (efter: Belab, 2002; Strömberg, 2005; Mörtstedt & Hellsten, 1982) är: 18,925 MJ/kg = 5,2569 kWh/kg; och 21,302 MJ/kg ts = 5,9171 kWh/kg ts.

Skörden av sekundärdrank (eDDGS) är 1448,19 kg/ha med 9 % vatten = 1317,85 kg ts/ha.

Eldning av torr sekundärdrank (eDDGS): Relationen mellan trä (30 % vatten: Uppenberg m.fl., 2001) och sekundärdrank (eDDGS 10 % vatten: Belab, 2002) är: 1,4901 kg trä/kg eDDGS. Detta ger att sekundärdranken kan ersätta: 2158,02 kg trä/ha (denna siffra används vid beräkning av emissionerna från transportererna av den ersatta skogsflisen) = 27406,85 MJ trä/ha (denna siffra används vid beräkning av emissionerna från produktionen av den ersatta skogsflisen) motsvarande 27406,85 MJ eDDGS/ha; OK!

Eldning av blöt primärdrank (DGS) i en anläggning med rökgaskondensering under antagande att energin för att avdunsta det vatten som finns i bränslet vid förbränningen kan återvinnas i rökgaskondenseringen, men att rökgaskondenseringen ej räcker för att återvinna det vatten som bildats vid förbränningen av den torra bränsledelen:

Effektiva värmevärdet för torr primärdrank DDGS (Belab, 2002) är: 19,755 MJ/kg ts.

Effektiva värmevärdet för torrt trä (Uppenberg m.fl., 2001) är: 19,2 MJ/kg ts

Eldning av blöt primärdrank (DGS) i en anläggning med rökgaskondensering ger:

Relation mellan trä (ts) (Uppenberg m.fl., 2001) och primärdrank (ts) (Belab, 2002) är: 1,0289

kg trä ts/kg DGS ts. Detta ger att primärdranken kan ersätta 1771,91 kg trä ts/ha vid eldning i denna typ av anläggning, vilket ger:

A) 2531,30 kg trä/ha (ts omräknad till 30 % vatten), som en referens för beräkning av emissioner vid produktion av skogsbränsle (se tabell B8:6) med antaget 30 % vatten enligt Uppenberg m.fl. (2001). Detta ger att: 32147,55 MJ trä/ha (12,7 MJ/kg) som en sorts referens kan användas för beräkningarna av produktionen av skogsflisen som kan ersättas av primärdranken.

B) 3543,82 kg trä/ha (ts omräknad till 50 % vatten) som en referens till beräkning av emissioner från transportererna av fuktig skogsflis som primärdranken kan ersätta.

Sekundärdrank (eDGS) från process där 13 % mer etanol utvunnits från cellulosan och hemicellulosan:

Eldning av blöt sekundärdrank (eDGS) i en anläggning med rökgaskondensering ger: Relation mellan trä (ts) (Uppenberg m.fl., 2001) och sekundärdrank (ts) (Belab, 2002) är: 1,1095 kg trä ts/kg eDGS ts. Detta ger att sekundärdranken kan ersätta 1462,10 kg trä ts/ha vid eldning i denna typ av anläggning, vilket ger:

A) 2088,71 kg trä/ha (ts omräknad till 30 % vatten), som en referens för beräkning av emissioner vid produktion av skogsbränsle (se tabell B8:6) med antaget 30 % vatten enligt Uppenberg m.fl. (2001). Detta ger att: 26526,67 MJ trä/ha (12,7 MJ/kg) som en sorts referens kan användas för beräkningarna av produktionen av skogsflisen som kan ersättas av sekundärdranken.

B) 2924,20 kg trä/ha (ts omräknad till 50 % vatten) som en referens till beräkning av emissioner från transportererna av fuktig skogsflis som sekundärdranken kan ersätta.

Gödselmedel

Dranken innehåller en del ämnen som fungerar som växtnäringämnen (se tabellerna B4:5-8 och B4:9-10), samt beskrivning i bilaga 4 under rubrikerna Gödselmedel och Biogas. I beräkningarna i livscykelanalyserna har endast tagits hänsyn till innehållet av växtnäringämnen kväve (N), fosfor (P) och kalium (K). Dranken har i livscykelanalysernas systemexpansioner antagits ersätta konstgödsel av NPK-typ. Nedan i tabellerna B8:7-8 redovisas den miljöbelastning vid produktion av konstgödsel av denna typ som använts vid livscykelanalyserna i den här studien.

Tabell B8:7. Emissioner vid produktion av konstgödsel N, P och K (efter: Börjesson m.fl., 2010)

Emissioner av substans/ Produktionsfaktorer ^a	CO ₂ (g/kg)	CO (g/kg)	HC (g/kg)	CH ₄ (g/kg)	NO _x (g/kg)	SO _x (g/kg)	NH ₃ (g/kg)	N ₂ O (g/kg)	HCl (g/kg)	PAH (g/kg)	Partiklar (g/kg)
Produktion av N	3200	0,36	0,18	3,1	8	4,6	0,00	11,50	0,00	0,00	0,82
Produktion av P	2900	4,6	3,9	7,2	18	39	-	0,29	-	-	9,5
Produktion av K	440	0,7	0,58	1,1	2,7	5,9	-	0,002	-	-	1,4

^a Enhet (g/kg) gäller räknat per kg N, kg P eller kg K.

Tabell B8:8. Miljöpåverkanskategorier vid produktion av konstgödsel N, P och K (efter: Börjesson m.fl., 2010)

Miljöpåverkanskategori/ Produktionsfaktorer ^a	Insatt energi ^b (MJ/kg)	GWP (g CO ₂ -ekv/kg)	AP (g SO ₂ -ekv/kg)	EP (g PO ₄ ³⁻ -ekv/kg)	POCP (g C ₂ H ₄ -ekv/kg)
Produktion av N	40,3	6676	10,20	1,03	0,11
Produktion av P	7,79	3161	51,60	2,33	1,79
Produktion av K	5,54	467	7,79	0,35	0,27

^a Enhet (g/kg) och (MJ/kg) gäller räknat per kg N, kg P eller kg K.

^b Källa: Jenssen & Kongshaug, 2003.

Spridning av torr drank (DDGS och eDDGS) har antagits ske med samma eller liknande utrustning som vid spridning av konstgödsel, och dessa operationer har därför antagits ta ut varandra och därför inte tagits med i beräkningarna. Spridning av blöt drank (DGS och eDGS) som gödsel har antagits ske med samma insats av maskiner och drivmedel (per ton material) som spridning av rötrest (se tabellerna B8:9-11). Mängderna beräknade som primärdrank (DDGS/DGS) med 23 % ts blir 7487,5 kg/ha och som sekundärdrank (eDDGS/eDGS) med 23 % ts blir 5729,8 kg/ha.

Mängd primärdrank (DDGS): 1892,45 kg/ha med 9 % vatten = 1722,13 kg ts/ha, som innehåller:

Kväve (N): 5,7 % av torrsubstansen varav 70 % av detta är växttillgängligt (Börjesson m.fl., 2010) alltså 3,99 % av dranken är växttillgängligt kväve, motsvarande: 68,71 kg N/ha.

Fosfor (P): 1,12 % av torrsubstansen, motsvarande: 19,35 kg P/ha.

Kalium (K): 1,23 % av torrsubstansen, motsvarande: 21,14 kg K/ha.

Produktion av konstgödsel med dessa givor per hektar kan primärdranken (DDGS/DGS) ersätta. Data för produktion av denna konstgödsel ges i tabellerna B8:7 och B8:8 ovan. Multiplikation med dessa värden av N, P och K (kg/ha) enligt ovan ger de totala mängderna emissioner per hektar.

Mängd sekundärdrank (eDDGS): 1448,19 kg/ha med 9 % vatten = 1317,86 kg ts/ha, som innehåller:

Kväve (N): 7,45 % av torrsubstansen varav 70 % av detta är växttillgängligt (Börjesson m.fl., 2010) alltså 5,21 % av sekundärdranken är växttillgängligt kväve, motsvarande: 68,71 kg N/ha.

Fosfor (P): 1,47 % av torrsubstansen, motsvarande: 19,35 kg P/ha.

Kalium (K): 1,60 % av torrsubstansen, motsvarande: 21,14 kg K/ha.

Produktion av konstgödsel med dessa givor per hektar kan sekundärdranken (eDDGS/eDGS) ersätta. Data för produktion av denna konstgödsel ges i tabellerna B8:7 och B8:8 ovan. Multiplikation med dessa värden av N, P och K (kg/ha) enligt ovan ger de totala mängderna emissioner per hektar.

Som synes blir mängderna N, P och K som både primärdrank (DDGS/DGS) och sekundärdrank (eDDGS/eDGS) innehåller densamma per hektar, vilket är naturligt då båda har sina ursprung i 1 ha höstvetete och dessa ämnen inte antas gå förlorade i någon process.

Antag NPK 20-6-6 ungefär motsvarar näringsinnehållet i dranken (DDGS/DGS och eDDGS/eDGS). Räknat från drankens kväveinnehåll motsvarar detta 343,57 kg NPK 20-6-6 som innehåller 20,61 kg fosfor och kalium, alltså ungefär lika mycket som dranken. Vikten av denna mängd konstgödsel har därför i livscykelanalysen fått motsvara den vikt konstgödsel, vars transport ersätts i och med att dranken ersätter konstgödseln.

Spridning av konstgödsel som ersätts: tid 0,13 tim/ha, med bränsleförbrukning (dieselolja MK1): 7,21 liter/timme ger 0,928 liter MK1/ha och smörjolfeförbrukning (0,70 % av bränsle-

förbrukningen) ger 0,0065 liter smörjolja/ha (Bernesson, 2004). Detta motsvarar 754 g MK1 (32,65 MJ/ha: 813 g/liter; 43,3 MJ/kg) och 0,230 MJ smörjolja (826 g/liter; 42,8 MJ/kg).

Emissioner vid användning av MK1 (dieselolja) (g/MJ_{bränsle}): CO: 0,114; NO_x: 0,9; HC: 0,031, vilket motsvarar (g/ha): CO: 3,72; NO_x: 29,4; HC: 1,01.

MK1 innehåller 10 ppm svavel (S) vilket ger: 0,00754 g S/ha = 0,0151 g SO_x/ha.

Partikelemissioner: 11 mg/MJ_{bränsle} (MK1) = 0,359 g/ha.

Emissioner av CO₂ (MK1, Uppenberg m.fl., 2001): 73 g/MJ_{bränsle} = 2383,8 g CO₂/ha.

Den totala insatsen för spridning av den konstgödsel som ersätts av dranken (DDGS/DGS/eDDGS/eDGS) erhålls genom att emissionerna av varje ämne i tabell B8:9 och tabell B8:11 (raderna längst ner: g/ha) adderas.

Tabell B8:9. Emissioner vid produktion av dieselolja (MK1) för spridning av konstgödsel som ersätts av drank (DDGS/DGS/eDDGS/eDGS) (efter: Uppenberg m.fl., 2001)

Emissioner, substanser/ Aktivitet	CO	NO _x	HC	SO _x	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	Partiklar	Olja (aq) ^a	N (aq) ^a	P (aq) ^a	Energi (MJ)
Produktion av dieselolja och smörjolja (g/MJ _{bränsle})	0,002	0,031	0,033	0,019	3,5	0	0,002	0,001	0,005	0,00007	0,00001	0,06
Produktion av dieselolja och smörjolja (g/ha)	0,0658	1,02	1,09	0,625	115	0	0,0658	0,0329	0,164	0,00230	0,000329	1,97
Summa, produktion och användning diesel- och smörjolja (g/ha)	3,79	30,4	2,10	0,640	2499	0	0,0658	0,392				34,9

^a För "aq" gäller att denna står för emissioner till vatten.

Tabell B8:10. Beräkningar av maskininsatsen vid spridning av den konstgödsel som dranken (DDGS/DGS/eDDGS/eDGS) ersätter (efter: Bernesson, 2004; Norén et al., 1999; Hansson & Mattsson, 1999; Sonesson, 1993; Börjesson, 1994; Pimentel, 1980)

Maskiner	Användning (tim/ha)	Vikt (kg)	Användning, livstid (tim)	Insats, material (kg/ha)	Uppbunden energi (MJ/kg maskin) för:			Totalt	Energi (MJ/ha)
					Råmaterial	Tillverkning	Reservdelar		
Traktor, 52 kW	0,13	3500	10000	0,045	21,6	9,72	12,84	44,16	1,987
Gödsel-spridare	0,13	1500	1000	0,193	21,6	4,68	11,96	38,24	7,374
Summa				0,238					9,362

Tabell B8:11. Energi bunden i maskindelar som antagits producerats med svensk genomsnittsel för spridning av konstgödsel som ersätts av drank (DDGS/DGS/eDDGS/eDGS) (efter: Uppenberg m.fl., 2001)

Emissioner, substanser/ Aktivitet	CO ₂	CO	HC	NMHC	CH ₄	NO _x	SO _x	NH ₃	N ₂ O	HCl	Partiklar	Energiinsats (MJ/MJ _{el}) (MJ/ha)
Emissioner (g/MJ _{el}) ^a	8,234	0,0189	0	0,003045	0,05145	0,01575	0,01365	0,000231	0,0007455	0	0,002625	2,045
Emissioner maskiner ^b (g/ha)	77,084	0,1769	0	0,02851	0,4817	0,1474	0,1278	0,002162	0,006979	0	0,02457	19,14

^a Gäller inklusive nätförluster på 5 % då elen används i en större industri.

^b Beräknat genom multiplikation med 9,362 MJ/ha (se tabell B8:10).

Biogas

Emissionerna från en biogasanläggning där drank (DDGS/DGS och eDDGS/eDGS) rötas antas vara som de från driften av en stor biogasanläggning för rötning av vall (Börjesson & Berglund, 2006) (se tabell B8:12-13), sedan tillkommer transport och spridning av rötresten som antas vara desamma som Börjesson och Berglund (2006) anger för vall. Rötresten från dranken har antagits fungera som gödselmedel med samma innehåll av växtnäring som före rötningen och med liknande egenskaper, se delkapitel "Gödselmedel". Till samtliga studerade fall har det antagits att blöt drank (DGS eller eDGS) rötats. Transport och spridning av rötresten har antagits kunna ske med liknande maskiner som används vid spridning av rötrest från vallodling.

Biogasen från rötningen av drank (DGS och eDGS) har med utröttningsgrader på 80 eller 60 % antagits genom systemutvidgning kunna ersätta biogas från rötning av vall. Biogasen från vall som ersätts, har både antagits komma från rötning i gårdsskala och i större skala (se tabell B8:12 och B8:13). De värden som redovisas i figur 10-11 och i känslighetsanalyserna kommer från rötning i stor anläggning.

Dessutom studerades fall då biogasen, enligt ovan, ersätter bensin som fordonsbränsle. Systemutvidgningen blev då mer komplicerad då komprimering, transport samt användning av biogasen i fordon tillkommer. Osäkerheterna i det studerade systemet ökar då eftersom utförande och tekniknivå på fordonen har en stor inverkan på emissionerna. Produktion, transport och användning av bensin i personbilar tillkommer i systemutvidgningen. Även här har utförande och tekniknivå stor inverkan på emissionerna. Rötresten från drankrötningen behandlades på samma sätt som beskrivits ovan.

Tabell B8:12. Emissioner vid odling av vall till biogas och produktion av biogas som ska ersättas av biogas från drank (efter Börjesson & Berglund, 2006)

Emissioner av substans/	CO ₂	CO	HC	CH ₄	NO _x	SO _x	NH ₃	N ₂ O	HCl	PAH	Partiklar	Näring till vatten (g PO ₄ ³⁻ /ton matr)
Produktionsfaktorer ^a	(g/ton matr)	(g/ton matr)	(g/ton matr)	(g/ton matr)	(g/ton matr)	(g/ton matr)	(g/ton matr)	(g/ton matr)	(g/ton matr)	(g/ton matr)	(g/ton matr)	(g/ton matr)
Odling av vall (A)	31000	24,00	17,00	9,80	270,00	36,00	-	-	-	-	9,90	75,8
Transport till stor biogasanläggning (B)	770	0,14	0,41	0,01	7,1	0,25	-	-	-	-	0,12	-
Drift av liten biogasanläggning, gårdsskala (C)	9800	11	4	3,3	46	2,3	-	-	-	-	1,7	-
Drift av stor biogasanläggning (D)	12000	0,8	2,3	3,2	36	1,3	-	-	-	-	1,1	-
Transport av rötrest (E)	1100	0,21	0,6	0,01	10	0,36	-	-	-	-	0,17	-
Spridning av rötrest (F)	1700	1,7	0,53	0,01	15	0,3	-	-	-	-	0,23	-
Summa småskalig biogas (A+C+2,3*(E+F))	47240	39	24	13	374	40	-	-	-	-	13	75,8
Summa storskalig biogas (A+B+D+2,3*(E+F))	50210	29	22	13	371	39	-	-	-	-	12	75,8
Antaget för drankrötning (D+2,3*(E+F))	18440	5,19	4,90	3,25	93,5	2,82	-	-	-	-	2,0	-

^a Gäller per ton råmaterial biogassubstrat för (A, B, C och D) och per ton råmaterial rötrest för (E och F). E och F multipliceras med 2,3 för att kompensera att 1 ton vallgröda eller drank (DGS/eDGS) (23 % ts) in i biogasanläggningen resulterar efter tillsats av vatten under rötningen i 2,3 ton rötrest ut.

2 kg NO₃⁻-N/ha läcker per år från en vall på en mellanlera på slätten kring Uppsala (Johnsson & Mårtensson, 2002).

7-8 ton ts vall per hektar antas bli 7,5 ton ts vall/ha. Källa: efter Börjesson och Berglund (2006). Vallen innehåller 23 % ts. Detta ger: 32,609 ton råmaterial (vått) per hektar.

Tillsammans ger detta ett kväveläckage på: 61,333 g NO₃⁻-N/ton råmaterial (vått) biogassubstrat = 271,469 g NO₃⁻/ton råmaterial (vått) biogassubstrat motsvarande: 25,978 g PO₄³⁻/ton råmaterial (10,45 g NO₃⁻-ekv/g PO₄³⁻-ekv: Hauschild & Wenzel, 1998).

0,53 kg P/ha läcker per år från en vall på en mellanlera på slätten kring Uppsala (Stjernman Forsberg m.fl., 2009). Detta ger ett fosforläckage på: 16,253 g P/ton råmaterial biogassubstrat motsvarande: 49,841 g PO₄³⁻-ekv/ton råmaterial biogassubstrat.

Tillsammans ger detta ett näringsläckage motsvarande: 75,819 g PO₄³⁻-ekv/ton råmaterial biogassubstrat.

Tabell B8:13. Miljöpåverkanskategorier vid odling av vall till biogas och produktion av biogas som ska ersättas av biogas från drank (efter Börjesson & Berglund, 2006)

Miljöpåverkanskategori/	Insatt energi	GWP	AP	EP	POCP
Produktionsfaktorer ^a	(MJ/ton material)	(g CO ₂ -ekv/ton material)	(g SO ₂ -ekv/ton material)	(g PO ₄ ³⁻ -ekv/ton material)	(g C ₂ H ₄ -ekv/ton material)
Odling av vall (A)	440	31273	225,00	110,70	7,83
Transport till stor biogasanläggning (B)	11	771	5,22	0,92	0,17
Drift av liten biogasanläggning, gårdsskala (C)	632	9898	34,50	5,94	2,06
Drift av stor biogasanläggning (D)	420	12075	26,50	4,65	0,97
Transport av rötrest (E)	16	1101	7,36	1,29	0,25
Spridning av rötrest (F)	25	1704	10,80	1,94	0,28
Summa småskalig biogas (A+C+2,3*(E+F))	1166	47621	301,27	124,07	11,11
Summa storskalig biogas (A+B+D+2,3*(E+F))	965	50569	298,49	123,70	10,19
Antaget för drankrötning (D+2,3*(E+F))	514	18525	68,27	12,08	2,19

^a Gäller per ton råmaterial biogassubstrat för (A, B, C och D) och per ton råmaterial rötrest för (E och F). E och F multipliceras med 2,3 för att kompensera att 1 ton vallgröda eller drank (DGS/eDGS) (23 % ts) in i biogasanläggningen resulterar, efter tillsats av vatten under rötningen, i 2,3 ton rötrest ut.

Biogas: 80 % utvinningsgrad från primärdrank (DDGS/DGS).

Mängd primärdrank (DDGS) från höstvet: 1892,45 kg/ha med 9 % vatten = 1722,13 kg ts/ha; vilket ger: 7487,53 kg/ha med 77 % vatten (23 % ts). Vid rötning av denna drank erhålls: 0,260 g CH₄/g ts vetedrank vid 80 % utbyte motsvarande 12,932 MJ/kg ts vetedrank (se även tabell B4:14). Dranken antas ha den sammansättning av kolhydrater, fett och protein som anges i fodermedelstabeller av Spörndly (2003) och biogasproduktionen enligt Hagelberg m.fl. (1988) från drankens innehåll av kolhydrater, fett och protein (se bilaga 4, tabell B4:13). Omräkning till arealbas ger en biogasproduktion på 447,57 kg CH₄/ha motsvarande 22271,43 MJ biogas/ha. Då biogasen måste transporteras under högt tryck i tunga flaskor antas transportbehovet trefaldigast (multiplikation med 3) till 1342,72 kg/ha.

Vall ger vid rötning 10,6 MJ CH₄/kg ts, vilket gör att rötningen av drank med de ovan givna förutsättningarna kan ersätta 2101,08 kg ts vall som om den innehåller 23 % ts ger 9135,12 kg våt vallgröda.

Energiåtgången för komprimering och rening av biogasen antogs vara 5 % av energin i den producerade metangasen (Börjesson & Berglund, 2006) motsvarande: 1113,57 MJ el som svensk genomsnittsel (se tabell B8:16 för emissioner och energiåtgång vid produktionen av denna el).

Biogas: 60 % utvinningsgrad från primärdrank (DDGS/DGS).

Mängd primärdrank (DDGS) från höstvet: 1892,45 kg/ha med 9 % vatten = 1722,13 kg ts/ha; vilket ger: 7487,53 kg/ha med 77 % vatten (23 % ts). Vid rötning av denna drank erhålls: 0,195 g CH₄/g ts vededrank vid 60 % utbyte motsvarande 9,70 MJ/kg ts vededrank (se även tabell B4:14). Primärdranken antas ha den sammansättning av kolhydrater, fett och protein som anges i fodermedelstabeller av Spörndly (2003) och biogasproduktionen enligt Hagelberg m.fl. (1988) från drankens innehåll av kolhydrater, fett och protein (se bilaga 4, tabell B4:13). Omräkning till arealbas ger en biogasproduktion på 335,68 kg CH₄/ha motsvarande 16703,57 MJ biogas/ha. Då biogasen måste transporteras under högt tryck i tunga flaskor antas transportbehovet trefaldigas (multiplikation med 3) till 1007,04 kg/ha.

Vall ger vid rötning 10,6 MJ CH₄/kg ts, vilket gör att rötningen av primärdrank med de ovan givna förutsättningarna kan ersätta 1575,81 kg ts vall som om den innehåller 23 % ts ger 6851,34 kg våt vallgröda.

Energiåtgången för komprimering och rening av biogasen antogs vara 5 % av energin i den producerade metangasen (Börjesson & Berglund, 2006) motsvarande: 835,18 MJ el som svensk genomsnittsel (se tabell B8:16 för emissioner och energiåtgång vid produktionen av denna el).

Biogas: 80 % utvinningsgrad från sekundärdrank (eDDGS/eDGS).

Mängd sekundärdrank (eDDGS) från höstvet: 1448,19 kg/ha med 9 % vatten = 1317,86 kg ts/ha; vilket ger: 5729,81 kg/ha med 77 % vatten (23 % ts). Vid rötning av denna drank erhålls: 0,266 g CH₄/g ts vededrank vid 80 % utbyte motsvarande 13,258 MJ/kg ts vededrank (se även tabell B4:17). Sekundärdranken antas ha den sammansättning av kolhydrater, fett och protein som anges i fodermedelstabeller av Spörndly (2003) efter omräkning på grund av förbrukad cellulosa och hemicellulosa i extraprocessen för utvinning av 13 % mer etanol, och biogasproduktionen enligt Hagelberg m.fl. (1988) från drankens innehåll av kolhydrater, fett och protein (se bilaga 4, tabell B4:16). Omräkning till arealbas ger en biogasproduktion på 351,13 kg CH₄/ha motsvarande 17472,31 MJ biogas/ha. Då biogasen måste transporteras under högt tryck i tunga flaskor antas transportbehovet trefaldigas (multiplikation med 3) till 1053,38 kg/ha.

Vall ger vid rötning 10,6 MJ CH₄/kg ts, vilket gör att rötningen av sekundärdrank med de ovan givna förutsättningarna kan ersätta 1648,33 kg ts vall som om den innehåller 23 % ts ger 7166,66 kg våt vallgröda.

Energiåtgången för komprimering och rening av biogasen antogs vara 5 % av energin i den producerade metangasen (Börjesson & Berglund, 2006) motsvarande: 873,62 MJ el som svensk genomsnittsel (se tabell B8:16 för emissioner och energiåtgång vid produktionen av denna el).

Biogas: 60 % utvinningsgrad från sekundärdrank (eDDGS/eDGS).

Mängd sekundärdrank (eDDGS) från höstvet: 1448,19 kg/ha med 9 % vatten = 1317,86 kg ts/ha; vilket ger: 5729,81 kg/ha med 77 % vatten (23 % ts). Vid rötning av denna drank erhålls: 0,200 g CH₄/g ts vededrank vid 60 % utbyte motsvarande 9,94 MJ/kg ts vededrank (se även tabell B4:17). Sekundärdranken antas ha den sammansättning av kolhydrater, fett och protein som anges i fodermedelstabeller av Spörndly (2003) efter omräkning på grund av för-

brukad cellulosa och hemicellulosa i extraprocessen för utvinning av 13 % mer etanol, och biogasproduktionen enligt Hagelberg m.fl. (1988) från sekundärdrankens innehåll av kolhydrater, fett och protein (se bilaga 4, tabell B4:16). Omräkning till arealbas ger en biogasproduktion på 263,35 kg CH₄/ha motsvarande 13104 MJ biogas/ha. Då biogasen måste transporteras under högt tryck i tunga flaskor antas transportbehovet trefaldigas (multiplikation med 3) till 790,04 kg/ha.

Vall ger vid rötning 10,6 MJ CH₄/kg ts, vilket gör att rötningen av sekundärdrank med de ovan givna förutsättningarna kan ersätta 1236,25 kg ts vall som om den innehåller 23 % ts ger 5374,99 kg våt vallgröda.

Energiåtgången för komprimering och rening av biogasen antogs vara 5 % av energin i den producerade metangasen (Börjesson & Berglund, 2006) motsvarande: 655,21 MJ el som svensk genomsnittsel (se tabell B8:16 för emissioner och energiåtgång vid produktionen av denna el).

Växtnäring i dranken:

Primärdrank (DDGS/DGS) innehåller följande mängder växttillgängliga näringsämnen (för närmare beskrivning se delkapitel "Gödselmedel" ovan):

Kväve (N): 3,99 % av torrsubstansen, motsvarande: 68,71 kg N/ha.

Fosfor (P): 1,12 % av torrsubstansen, motsvarande: 19,35 kg P/ha.

Kalium (K): 1,23 % av torrsubstansen, motsvarande: 21,14 kg K/ha.

Vall innehåller följande mängder växttillgänglig växtnäring (räknat mot 80 % utvinning av biogas):

Kväve (N)^{ab}: 1,61 % av torrsubstansen, motsvarande: 33,83 kg N/ha. Skillnad mot drank 34,89 kg N/ha.

Fosfor (P)^b: 0,23 % av torrsubstansen, motsvarande: 4,83 kg P/ha. Skillnad mot drank 14,52 kg P/ha.

Kalium (K)^b: 2,5 % av torrsubstansen, motsvarande: 52,53 kg K/ha. Skillnad mot drank -31,39 kg K/ha.

^a Totalt kväveinnehåll 2,3 %.

^b Källa: Börjesson m.fl. (2010); Jordbruksverket (2005).

I tabell B8:14 anges emissioner vid produktion av konstgödsel motsvarande den mängd som finns i den ersatta vallgrödan och i skillnaden (differensen) mellan växtnäringen i dranken och växtnäringen i ersatt vallgröda.

Mängden kväve i vallen ovan motsvarar 169,14 kg av ett NPK-gödselmedel som innehåller 20 % kväve, vilket då blir den mängd i transporter av konstgödsel som kan ersättas då dranken ersätter konstgödsel (denna siffra motsvarar den mängd gödsel som ingår i vallen och ersätts med denna av dranken, siffran behöver ej ingå i beräkningarna men kan underlätta förståelsen av de följande beräkningarna).

Mängden kväve i skillnaden mot vall, ovan, motsvarar 174,42 kg av ett NPK-gödselmedel som innehåller 20 % kväve, vilket då blir den mängd i transporter av konstgödsel som kan ersättas då primärdranken ersätter konstgödsel. Denna mängd konstgödsel ersätter dranken utöver det kväveinnehåll som den ersätter från vallen. Förklaringen till detta är att samma mängd drank kan ersätta en viss mängd vall som producerar biogas (och kvävet i denna) och dessutom ersätta en viss mängd konstgödsel. Transporterna av denna mängd konstgödsel sparas då in.

Vall innehåller följande mängder växttillgänglig växtnäring (räknat mot 60 % utvinning av biogas):

Kväve (N)^{ab}: 1,61 % av torrsubstansen, motsvarande: 25,37 kg N/ha. Skillnad mot drank 43,34 kg N/ha.

Fosfor (P)^b: 0,23 % av torrsubstansen, motsvarande: 3,62 kg P/ha. Skillnad mot drank 15,72 kg P/ha.

Kalium (K)^b: 2,5 % av torrsubstansen, motsvarande: 39,40 kg K/ha. Skillnad mot drank 18,26 kg K/ha.

^a Totalt kväveinnehåll 2,3 %.

^b Källa: Börjesson m.fl. (2010); Jordbruksverket (2005).

I tabell B8:14 anges emissioner vid produktion av konstgödsel motsvarande den mängd som finns i den ersatta vallgrödan och i skillnaden (differensen) mellan växtnäringen i dranken och växtnäringen i ersatt vallgröda.

Mängden kväve i vallen ovan motsvarar 126,85 kg av ett NPK-gödselmedel som innehåller 20 % kväve, vilket då blir den mängd i transporter av konstgödsel som kan ersättas då dranken ersätter konstgödsel (denna siffra motsvarar den mängd gödsel som ingår i vallen och ersätts med denna av dranken, siffran behöver ej ingå i beräkningarna men kan underlätta förståelsen av de följande beräkningarna).

Mängden kväve i skillnaden mot vall, ovan, motsvarar 216,71 kg av ett NPK-gödselmedel som innehåller 20 % kväve, vilket då blir den mängd i transporter av konstgödsel som kan ersättas då primärdranken ersätter konstgödsel. Denna mängd konstgödsel ersätter dranken utöver det kväveinnehåll som den ersätter från vallen. Förklaringen till detta är att samma mängd drank kan ersätta en viss mängd vall som producerar biogas (och kvävet i denna) och dessutom ersätta en viss mängd konstgödsel. Transporterna av denna mängd konstgödsel sparas då in.

Sekundärdrank (eDDGS/eDGS) innehåller följande mängder växttillgängliga näringsämnen (för närmare beskrivning se delkapitel "Gödselmedel" ovan):

Kväve (N): 5,21 % av torrsubstansen, motsvarande: 68,71 kg N/ha.

Fosfor (P): 1,47 % av torrsubstansen, motsvarande: 19,35 kg P/ha.

Kalium (K): 1,60 % av torrsubstansen, motsvarande: 21,14 kg K/ha.

Vall innehåller följande mängder växttillgänglig växtnäring (räknat mot 80 % utvinning av biogas):

Kväve (N)^{ab}: 1,61 % av torrsubstansen, motsvarande: 26,54 kg N/ha. Skillnad mot drank 42,17 kg N/ha.

Fosfor (P)^b: 0,23 % av torrsubstansen, motsvarande: 3,79 kg P/ha. Skillnad mot drank 15,56 kg P/ha.

Kalium (K)^b: 2,5 % av torrsubstansen, motsvarande: 41,21 kg K/ha. Skillnad mot drank -20,07 kg K/ha.

^a Totalt kväveinnehåll 2,3 %.

^b Källa: Börjesson m.fl. (2010); Jordbruksverket (2005).

I tabell B8:15 anges emissioner vid produktion av konstgödsel motsvarande den mängd som finns i den ersatta vallgrödan och i skillnaden (differensen) mellan växtnäringen i dranken och växtnäringen i ersatt vallgröda.

Mängden kväve i vallen ovan motsvarar 132,69 kg av ett NPK-gödselmedel som innehåller 20 % kväve, vilket då blir den mängd i transporter av konstgödsel som kan ersättas då dranken ersätter konstgödsel (denna siffra motsvarar den mängd gödsel som ingår i vallen och ersätts med denna av dranken, siffran behöver ej ingå i beräkningarna men kan underlätta förståelsen av de följande beräkningarna).

Mängden kväve i skillnaden mot vall, ovan, motsvarar 210,87 kg av ett NPK-gödselmedel som innehåller 20 % kväve, vilket då blir den mängd i transporter av konstgödsel som kan ersättas då sekundärdranken ersätter konstgödsel. Denna mängd konstgödsel ersätter dranken utöver det kväveinnehåll som den ersätter från vallen. Förklaringen till detta är att samma mängd drank kan ersätta en viss mängd vall som producerar biogas (och kvävet i denna) och dessutom ersätta en viss mängd konstgödsel. Transporterna av denna mängd konstgödsel sparas då in.

Vall innehåller följande mängder växttillgänglig växtnäring (räknat mot 60 % utvinning av biogas):

Kväve (N)^{ab}: 1,61 % av torrsubstansen, motsvarande: 19,90 kg N/ha. Skillnad mot drank 48,81 kg N/ha.

Fosfor (P)^b: 0,23 % av torrsubstansen, motsvarande: 2,84 kg P/ha. Skillnad mot drank 16,50 kg P/ha.

Kalium (K)^b: 2,5 % av torrsubstansen, motsvarande: 30,91 kg K/ha. Skillnad mot drank -9,77 kg K/ha.

^a Totalt kväveinnehåll 2,3 %.

^b Källa: Börjesson m.fl. (2010); Jordbruksverket (2005).

I tabell B8:15 anges emissioner vid produktion av konstgödsel motsvarande den mängd som finns i den ersatta vallgrödan och i skillnaden (differensen) mellan växtnäringen i dranken och växtnäringen i ersatt vallgröda.

Mängden kväve i vallen ovan motsvarar 99,52 kg av ett NPK-gödselmedel som innehåller 20 % kväve, vilket då blir den mängd i transporter av konstgödsel som kan ersättas då dranken ersätter konstgödsel (denna siffra motsvarar den mängd gödsel som ingår i vallen och ersätts med denna av dranken, siffran behöver ej ingå i beräkningarna men kan underlätta förståelsen av de följande beräkningarna).

Mängden kväve i skillnaden mot vall, ovan, motsvarar 244,05 kg av ett NPK-gödselmedel som innehåller 20 % kväve, vilket då blir den mängd i transporter av konstgödsel som kan ersättas då sekundärdranken ersätter konstgödsel. Denna mängd konstgödsel ersätter dranken utöver det kväveinnehåll som den ersätter från vallen. Förklaringen till detta är att samma mängd drank kan ersätta en viss mängd vall som producerar biogas (och kvävet i denna) och dessutom ersätta en viss mängd konstgödsel. Transporterna av denna mängd konstgödsel sparas då in.

Tabell B8:14. Produktion av gödselmedel i förhållande till vall som ersätts av primärdrank (DDGS/DGS)

Emissioner av substans/ Produktionsfaktorer ^a	CO ₂ (g/ha)	CO (g/ha)	HC (g/ha)	CH ₄ (g/ha)	NO _x (g/ha)	SO _x (g/ha)	NH ₃ (g/ha)	N ₂ O (g/ha)	HCl (g/ha)	PAH (g/ha)	Partiklar (g/ha)	Energi (MJ/ha)
N (g/kg N)	3200	0,36	0,18	3,1	8	4,6	0,00	11,50	0,00	0,00	0,82	40,3
P (g/kg P)	2900	4,6	3,9	7,2	18	39		0,29			9,5	7,79
K (g/kg K)	440	0,7	0,58	1,1	2,7	5,9		0,002			1,4	5,54
Vall 80 %, N	108248	12,18	6,09	104,86	270,6	155,6		389,01			27,74	1363,24
Vall 80 %, P	14014	22,23	18,85	34,79	87,0	188,5		1,40			45,91	37,65
Vall 80 %, K	23112	36,77	30,47	57,78	141,8	309,9		0,11			73,54	291,06
Differens 80 %, N	111634	12,56	6,28	108,15	279,1	160,5		401,19			28,61	1405,89
Differens 80 %, P	42094	66,77	56,61	104,51	261,3	566,1		4,21			137,89	113,09
Differens 80 %, K	-13812	-21,97	-18,21	-34,53	-84,8	-185,2		-0,06			-43,95	-173,94
Vall 60 %, N	81186	9,13	4,57	78,65	203,0	116,7		291,76			20,80	1022,43
Vall 60 %, P	10511	16,67	14,14	26,10	65,2	141,4		1,05			34,43	28,24
Vall 60 %, K	17334	27,58	22,85	43,33	106,4	232,4		0,08			55,15	218,30
Differens 60 %, N	138696	15,60	7,80	134,36	346,7	199,4		498,44			35,54	1746,70
Differens 60 %, P	45597	72,33	61,32	113,21	283,0	613,2		4,56			149,37	122,50
Differens 60 %, K	-8034	-12,78	-10,59	-20,09	-49,3	-107,7		-0,04			-25,56	-101,18

^a Procentenheter, 80 % eller 60 %, anger antagen utröttningsgrad för den drank som ersätter vallgrödan vid systemutvidgningen.

Tabell B8:15. Produktion av gödselmedel i förhållande till vall som ersätts av sekundärdrank (eDDGS/eDGS)

Emissioner av substans/ Produktionsfaktorer ^a	CO ₂ (g/ha)	CO (g/ha)	HC (g/ha)	CH ₄ (g/ha)	NO _x (g/ha)	SO _x (g/ha)	NH ₃ (g/ha)	N ₂ O (g/ha)	HCl (g/ha)	PAH (g/ha)	Partiklar (g/ha)	Energi (MJ/ha)
N (g/kg N)	3200	0,36	0,18	3,1	8	4,6	0,00	11,50	0,00	0,00	0,82	40,3
P (g/kg P)	2900	4,6	3,9	7,2	18	39		0,29			9,5	7,79
K (g/kg K)	440	0,7	0,58	1,1	2,7	5,9		0,002			1,4	5,54
Vall 80 %, N	84922	9,55	4,78	82,27	212,3	122,1		305,19			21,76	1069,49
Vall 80 %, P	10994	17,44	14,79	27,30	68,2	147,9		1,10			36,02	29,54
Vall 80 %, K	18132	28,85	23,90	45,33	111,3	243,1		0,08			57,69	228,34
Differens 80 %, N	134960	15,18	7,59	130,74	337,4	194,0		485,01			34,58	1699,65
Differens 80 %, P	45113	71,56	60,67	112,01	280,0	606,7		4,51			147,79	121,21
Differens 80 %, K	-8832	-14,05	-11,64	-22,08	-54,2	-118,4		-0,04			-28,10	-111,22
Vall 60 %, N	63692	7,17	3,58	61,70	159,2	91,6		228,89			16,32	802,12
Vall 60 %, P	8246	13,08	11,09	20,47	51,2	110,9		0,82			27,01	22,15
Vall 60 %, K	13599	21,63	17,93	34,00	83,4	182,3		0,06			43,27	171,26
Differens 60 %, N	156190	17,57	8,79	151,31	390,5	224,5		561,31			40,02	1967,02
Differens 60 %, P	47862	75,92	64,37	118,83	297,1	643,7		4,79			156,79	128,59
Differens 60 %, K	-4299	-6,84	-5,67	-10,75	-26,4	-57,6		-0,02			-13,68	-54,14

^a Procentenheter, 80 % eller 60 %, anger antagen utröttningsgrad för den drank som ersätter vallgrödan vid systemutvidgningen.

I ett fall antas den producerade biogasen ersätta bensin. I detta fall måste en systemutvidgning ske där biogasen komprimeras och renas innan den kan användas i fordon för att ersätta bensin. Emissioner och energiåtgång för denna komprimering och rening av biogasen anges i tabell B8:16, och emissioner vid användning av biogasen i fordon anges i tabell B8:18. Emissioner och energiåtgång för produktion av den bensin biogasen ersätter anges i tabell B8:17, och emissioner vid användning av denna bensin i fordon anges i tabell B8:17.

Tabell B8:16. Emissioner vid produktion svensk genomsnittsel (efter Uppenbergs m.fl., 2001) för komprimering och rening av biogas från drank

Emissioner av substans/ Produktionsfaktorer ^a	CO ₂ (g/MJ _{el})	CO (g/MJ _{el})	HC (g/MJ _{el})	CH ₄ (g/MJ _{el})	NO _x (g/MJ _{el})	SO _x (g/MJ _{el})	NH ₃ (g/MJ _{el})	N ₂ O (g/MJ _{el})	HCl (g/MJ _{el})	PAH (g/MJ _{el})	Partiklar (g/MJ _{el})	Energi (MJ/MJ _{el})
Produktion av el	7,842	0,018	0,0029	0,049	0,015	0,013	0,00022	0,00071	0		0,0025	1,032
inkl. 5 % nätförluster ^a	8,234	0,019	0,0030	0,051	0,016	0,014	0,00023	0,00075	0		0,0026	2,045
El för komprimering och rening av biogas	(g/ha)	(g/ha)	(g/ha)	(g/ha)	(g/ha)	(g/ha)	(g/ha)	(g/ha)	(g/ha)	(g/ha)	(g/ha)	(MJ/ha)
Biogasutbyte 80 %, drank typ (DGS)	9169	21,05	3,39	57,29	17,54	15,20	0,26	0,83	0	0	2,92	2277
Biogasutbyte 60 %, drank typ (DGS)	6877	15,78	2,54	42,97	13,15	11,40	0,19	0,62	0	0	2,19	1708
Biogasutbyte 80 %, drank typ (eDGS)	7193	16,51	2,66	44,95	13,76	11,92	0,20	0,65	0	0	2,29	1786
Biogasutbyte 60 %, drank typ (eDGS)	5395	12,38	2,00	33,71	10,32	8,94	0,15	0,49	0	0	1,72	1340

^a Nätförluster på 5 % gäller då biogasen produceras i en stor anläggning med direktkoppling till högspänning.

Tabell B8:17. Emissioner vid produktion och användning av bensin, i lätta fordon, (efter Uppenberg m.fl., 2001) som ersätts av biogas från drank

Emissioner av substans/ Produktionsfaktorer	CO ₂ (g/MJ _{bränsle})	CO (g/MJ _{bränsle})	HC (g/MJ _{bränsle})	CH ₄ (g/MJ _{bränsle})	NO _x (g/MJ _{bränsle})	SO _x (g/MJ _{bränsle})	N ₂ O (g/MJ _{bränsle})	Partiklar (g/MJ _{bränsle})	Energi (MJ/ MJ _{bränsle})
Produktion av bensin	5,3	0,002	0,041	0,002	0,033	0,021	0	0,001	0,1
Användning av bensin i lätta fordon	74	0,180	0,028	0,007	0,035	0,0092	0,02	0,0035	1
Produktion och användning av bensin	79,3	0,182	0,069	0,009	0,068	0,0302	0,02	0,0045	1,1
Emissioner från bensin som ersätts av biogas från drank	(g/ha)	(g/ha)	(g/ha)	(g/ha)	(g/ha)	(g/ha)	(g/ha)	(g/ha)	(MJ/ha)
Biogasutbyte 80 %, drank typ (DGS)	1766125	4053	1537	200	1514	673	445	100	24499
Biogasutbyte 60 %, drank typ (DGS)	1324593	3040	1153	150	1136	504	334	75	18374
Biogasutbyte 80 %, drank typ (eDGS)	1385554	3180	1206	157	1188	528	349	79	19220
Biogasutbyte 60 %, drank typ (eDGS)	1039166	2385	904	118	891	396	262	59	14415

Bensin har det effektiva värmevärdet: 43 MJ/kg; densiteten: 0,73 kg/liter och vid användning i fordon en verkningsgrad på 0,17 (Uppenberg m.fl., 2001).

Detta betyder att biogasen kan ersätta följande bensinmängder:

* Primärdrank (DDGS/DGS) med 80 % biogasutbyte: 22271,43 MJ biogas motsvarande 517,94 kg bensin.

* Sekundärdrank (eDDGS/eDGS) med 80 % biogasutbyte: 17472,31 MJ biogas motsvarande 406,33 kg bensin.

* Primärdrank (DDGS/DGS) med 60 % biogasutbyte: 16703,57 MJ biogas motsvarande 388,46 kg bensin.

* Sekundärdrank (eDDGS/eDGS) med 60 % biogasutbyte: 13104,23 MJ biogas motsvarande 304,75 kg bensin.

Tabell B8:18. Emissioner vid användning av den biogas (efter Uppenberg m.fl., 2001) från drank som ersätter bensin

Emissioner av substans/ Produktionsfaktorer	CO ₂ (g/MJ _{bränsle})	CO (g/MJ _{bränsle})	HC (g/MJ _{bränsle})	CH ₄ (g/MJ _{bränsle})	NO _x (g/MJ _{bränsle})	SO _x (g/MJ _{bränsle})	N ₂ O (g/MJ _{bränsle})	Partiklar (g/MJ _{bränsle})
Emissioner vid användning av biogas	0	0,035	0,018	0,448	0,028	0	-	0,0019
Emissioner vid användning av biogas som ersätter bensin	(g/ha)	(g/ha)	(g/ha)	(g/ha)	(g/ha)	(g/ha)	(g/ha)	(g/ha)
Biogasutbyte 80 %, drank typ (DGS)	0	780	401	9978	624	0	-	42,3
Biogasutbyte 60 %, drank typ (DGS)	0	585	301	7483	468	0	-	31,7
Biogasutbyte 80 %, drank typ (eDGS)	0	612	315	7828	489	0	-	33,2
Biogasutbyte 60 %, drank typ (eDGS)	0	459	236	5871	367	0	-	24,9

BILAGA 9. LIVSCYKELANALYSKALKYLER FÖR ODLING AV HÖSTVETE OCH PRODUKTION AV ETANOL

Tabell B9:1. Emissioner vid odling av höstvetet till produktion av etanol och drank

Emissioner av substans/ Produktionsfaktorer ^a	CO ₂ (g/ha)	CO (g/ha)	HC (g/ha)	CH ₄ (g/ha)	NO _x (g/ha)	SO _x (g/ha)	NH ₃ (g/ha)	N ₂ O (g/ha)	HCl (g/ha)	PAH (g/ha)	Partiklar (g/ha)	Näring till vatten (g PO ₄ ³⁻ /ha)
Frö	28634	14,56	17,20	16,99	116,47	49,73	59,52	145,03	0,93	0,0015	5,82	358,24
Produktion av gödselmedel	368628	86,45	216,95	368,22	735,16	1164,57	78,12	1855,70	23,94	0,039	115,06	
Markemissioner (inkluderar även NO ₃ ⁻ och PO ₄ ³⁻ till vatten)							1458,29	1884,28				9249,20
Produktion av bekämpningsmedel	4467	2,41	0,26	0,16	6,28	15,80	0,15	1,37	0,19		0,04	
Dragkraft	178407	193,47	134,10	4,70	2097,15	45,68		0			27,99	
Torkning av spannmål	179510	75,09	89,17	21,12	143,14	45,67		2,35			4,69	
El för torkning och rensning av spannmålen	3703	8,50	1,37	23,14	7,08	6,14	0,10	0,34	0		1,18	
Maskininsats (svensk el)	3347	7,68	1,24	20,92	6,40	5,55	0,09	0,30	0		1,07	
Transport av gödselmedel	1137	2,24	1,04	0,030	11,74	0,29		0			0,18	
Maskininsats, transport av gödselmedel (svensk el)	74	0,17	0,027	0,46	0,14	0,12	0,0021	0,0067	0		0,024	
Totala emissioner, odling av höstvetet	767908	390,59	461,37	455,74	3123,57	1333,54	1596,28	3889,37	25,07	0,040	156,06	9607,44

Tabell B9:2. Miljöpåverkanskategorier vid odling av höstvetete till produktion av etanol och drank

Miljöpåverkans- kategori/ Produktions- faktorer ^a	Insatt energi (MJ/ha)	Insatt energi (%)	GWP (g CO ₂ - ekv/ha)	GWP (%)	AP (g SO ₂ - ekv/ha)	AP (%)	EP (g PO ₄ ³⁻ - ekv/ha)	EP (%)	POCP (g C ₂ H ₄ - ekv/ha)	POCP (%)	Trans- portvikt (massa) (kg)
Frö	463	3,73	71982	3,73	243,98	3,73	394,02	3,73	7,58	3,73	
Produktion av gödselmedel	5033	40,52	926558	48,00	1847,13	28,23	122,19	1,16	92,82	45,64	
Markemissioner (inkluderar även NO ₃ ⁻ och PO ₄ ³⁻ till vatten)	0	0	557748	28,89	2741,58	41,90	9757,16	92,34	0	0	
Produktion av bekämpningsmedel	180	1,45	4882	0,25	20,63	0,32	0,86	0,008	0,20	0,10	
Dragkraft	2472	19,90	178901	9,27	1513,68	23,13	270,92	2,56	61,41	30,20	
Torkning av spannmål	2487	20,03	180841	9,37	145,86	2,23	18,49	0,17	38,82	19,09	
El för torkning och rensning av spannmålen	920	7,40	4351	0,23	11,29	0,173	0,95	0,009	1,05	0,52	
Maskininsats (svensk el)	831	6,69	3933	0,20	10,21	0,156	0,86	0,008	0,95	0,47	
Transport av gödselmedel	16	0,13	1142	0,059	8,51	0,130	1,52	0,014	0,51	0,25	
Maskininsats, transport av göd- selmedel (svensk el)	18	0,15	87	0,0045	0,23	0,0034	0,019	0,00018	0,021	0,0103	
Total påverkan, odling av höstvetete	12421	100	1930426	100	6543,10	100	10566,99	100	203,36	100	

Tabell B9:3. Emissioner vid produktion av etanol (primärdrank: DDGS/DGS)

Emissioner av substans/ Produktionsfaktorer ^a	CO ₂ (g/ha)	CO (g/ha)	HC (g/ha)	CH ₄ (g/ha)	NO _x (g/ha)	SO _x (g/ha)	NH ₃ (g/ha)	N ₂ O (g/ha)	HCl (g/ha)	PAH (g/ha)	Partiklar (g/ha)	Näring till vatten (g PO ₄ ³⁻ /ha)
Odling av höstvet	767908	390,59	461,37	455,74	3123,57	1333,54	1596,28	3889,37	25,07	0,040	156,06	9607,44
El, storskalig etanoljäsning (svensk el)	6336	14,54	2,34	39,59	12,12	10,50	0,18	0,57	0		2,02	
Ånga (värme), storskalig etanoljäsning	4617	108,65	9,23	0,92	221,91	9,70	0	8,77	5,08		10,46	
El, storskalig etanoldestillering (svensk el)	3788	8,69	1,40	23,67	7,25	6,28	0,11	0,34	0		1,21	
Ånga (värme), storskalig etanoldestillering	27114	638,08	54,23	5,42	1303,28	56,94	0	51,52	29,83		61,46	
El, torkning av drank (svensk el)	10560	24,24	3,90	65,98	20,20	17,50	0,30	0,96	0		3,37	
Ånga (värme), torkning av drank	31657	745,00	63,31	6,33	1521,66	66,48	0	60,15	34,82		71,76	
Maskininsats, etanolproduktion (svensk el)	366	0,84	0,14	2,29	0,70	0,61	0,010	0,033	0		0,12	
Byggmaterial (svensk el)	110	0,25	0,041	0,69	0,21	0,18	0,0031	0,0100	0		0,035	
Hantering av avfallsvatten (svensk el)	1632	3,75	0,60	10,20	3,12	2,71	0,046	0,15	0		0,52	
Produktion av kemikalier för etanolproduktion	7482	2,22	0,27	0,0032	24,50	34,90	0,10				2,37	
Transport av kemikalier för etanolproduktion	309	0,32	0,18	0,0081	2,90	0,079		0			0,029	
Transport av kemikalier för etanolproduktion, maskininsats (svensk el)	1,4	0,0032	0,00052	0,0087	0,0027	0,0023	0,000039	0,00013	0		0,00045	
Transport av vete till etanolproduktion	40292	40,20	23,91	1,06	379,18	10,32		0			3,82	
Transport av vete till etanolproduktion, maskininsats (svensk el)	150	0,34	0,056	0,94	0,29	0,25	0,0042	0,014	0		0,048	
Transport av drank från etanolproduktion	9632	9,00	5,43	0,25	92,04	2,47		0			0,92	
Transport av drank från etanolproduktion, maskininsats (svensk el)	29	0,066	0,011	0,18	0,055	0,048	0,00080	0,0026	0		0,0091	
Transport av producerad etanol	15083	15,41	8,97	0,40	141,62	3,86		0			1,43	
Transport av producerad etanol, maskininsats (svensk el)	68	0,16	0,025	0,43	0,13	0,11	0,0019	0,0062	0		0,022	
Summa: odling, produktion och transport	927135	2002,35	635,44	614,11	6854,73	1556,47	1597,03	4011,90	94,80	0,040	315,65	9607,44
Summa: Ingen allokering	927135	2002,35	635,44	614,11	6854,73	1556,47	1597,03	4011,90	94,80	0,040	315,65	9607,44
Summa: Ingen allokering (g/MJ _{DDGS})	27,59	0,060	0,019	0,0183	0,20	0,046	0,048	0,119	0,00282	0,0000012	0,0094	0,2859
Summa: Ingen allokering (g/MJ _{etanol})	19,79	0,0427	0,0136	0,0131	0,146	0,0332	0,034	0,086	0,00202	0,0000009	0,00674	0,20505
Summa: Allokering energi (MJ _{DDGS})	398208	1012,91	280,72	286,36	3207,93	672,39	667,15	1689,56	47,41	0,017	149,35	4012,70
Summa: Allokering energi (MJ _{etanol})	528927	989,44	354,71	327,75	3646,80	884,08	929,87	2322,34	47,38	0,023	166,30	5594,74
Summa: Allokering energi (g/MJ _{DDGS})	11,85	0,030	0,008	0,0085	0,10	0,0200	0,020	0,050	0,00141	0,0000005	0,0044	0,1194
Summa: Allokering energi (g/MJ _{etanol})	11,29	0,0211	0,0076	0,0070	0,0778	0,0189	0,0198	0,0496	0,00101	0,0000005	0,00355	0,11941
Summa: Allokering ekonomi (SEK _{DDGS})	220177	892,31	173,77	176,55	2398,83	371,21	324,36	852,45	40,94	0,008	111,67	1949,98
Summa: Allokering ekonomi (SEK _{etanol})	706958	1110,04	461,67	437,56	4455,90	1185,26	1272,67	3159,44	53,85	0,032	203,98	7657,47
Summa: Allokering ekonomi (g/MJ _{DDGS})	6,55	0,027	0,005	0,0053	0,071	0,011	0,010	0,025	0,00122	0,0000002	0,0033	0,0580

Emissioner av substans/ Produktionsfaktorer ^a	CO ₂ (g/ha)	CO (g/ha)	HC (g/ha)	CH ₄ (g/ha)	NO _x (g/ha)	SO _x (g/ha)	NH ₃ (g/ha)	N ₂ O (g/ha)	HCl (g/ha)	PAH (g/ha)	Partiklar (g/ha)	Näring till vatten (g PO ₄ ³⁻ /ha)
Summa: Allokering ekonomi (g/MJ _{etanol})	15,09	0,0237	0,0099	0,0093	0,095	0,0253	0,027	0,067	0,00115	0,0000007	0,00435	0,16343
Systemexpansion drank ersätter sojamjöl och sojaolja (original)												
Summa odling, produktion och transport (0)	927135	2002,35	635,44	614,11	6854,73	1556,47	1597,03	4011,90	94,80	0,040	315,65	9607,44
Produktion av sojamjöl med ekvivalent mängd sojaolja (1)	875545	2176,72	470,91	2142,17	7864,97	7634,50	339,14	340,53	54,32	0	610,82	18549,73
Transport av sojamjöl med ekvivalent mängd sojaolja (2)	13095	13,33	7,89	0,34	122,63	3,35		0,00			1,24	
Transport av sojamjöl med ekvivalent mängd sojaolja, maskininsats (svensk el) (3)	25,95	0,060	0,0096	0,16	0,050	0,043	0,00073	0,0023	0		0,0083	
Summa: Systemexpansion [(0) - [(1) + (2) + (3)]]	38469	-187,76	156,62	-1528,57	-1132,92	-6081,42	1257,89	3671,36	40,48	0,040	-296,42	-8942,29
Summa: Systemexpansion (g/MJ _{etanol})	0,82	-0,0040	0,0033	-0,0326	-0,0242	-0,130	0,027	0,078	0,00086	0,0000009	-0,00633	-0,19086
Summa: odling, produktion och transport (0)	927135	2002,35	635,44	614,11	6854,73	1556,47	1597,03	4011,90	94,80	0,040	315,65	9607,44
Körning på etanol (1)	0	14524,63	983,93	0,00	843,37	93,71	0,00	0,00	0,00	0,000	84,34	
Produktion och användning av bensin (2)	3715494	8527,36	3232,90	421,68	3186,05	1414,98	0,00	937,07	0,00	0,000	210,84	
Transport av bensin (3)	9404	9,61	5,59	0,25	88,30	2,41	0	0,00	0	0	0,89	
Transport av bensin, maskininsats (svensk el) (4)	42,55	0,098	0,0157	0,27	0,081	0,071	0,00119	0,0039	0	0	0,0136	
Summa: Systemexpansion etanol ersätter bensin [(0) + (1) - [(2) + (3) + (4)]]	-2797806	7989,91	-1619,15	191,91	4423,67	232,72	1597,02	3074,82	94,80	0,040	188,24	9607,44
Summa: Systemexpansion etanol ersätter bensin (g/MJ _{DDGS})	-83,26	0,2378	-0,0482	0,0057	0,1316	0,007	0,048	0,091	0,00282	0,0000012	0,00560	0,28590
Allokering nötkreatur, (sojamjöl, korn) (Flysjö m.fl., 2008)												
Summa: odling, produktion och transport (0)	927135	2002,35	635,44	614,11	6854,73	1556,47	1597,03	4011,90	94,80	0,040	315,65	9607,44
Subtraktion av torkning av drank och transport av torkad drank (DDGS) (w1)	-51877	-778,30	-72,66	-72,74	-1633,95	-86,50	-0,30	-61,11	-34,82	0	-76,06	
Addition av transport av blöt drank (DGS) (23 % ts) (w2)	64912	66,68	38,55	3,53	607,30	17,03	0,0082	0,026	0	0	6,21	
Produktion av sojamjöl (1) (Flysjö m.fl., 2008)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transport av sojamjöl (2)	7375	7,51	4,45	0,19	69,06	1,89	0	0	0	0	0,70	
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	15	0,034	0,0054	0,091	0,028	0,024	0,00041	0,0013	0	0	0,0047	
Produktion av korn (4)	117833	67,94	73,88	63,13	552,87	194,82	208,1262	500,47	3,2539918	0,0052048	23,06	2246,76
Transport av korn (5)	7185	7,31	4,33	0,19	67,29	1,84	0	0	0	0	0,68	
Transport av korn, maskininsats (svensk el) (6)	14	0,033	0,0053	0,089	0,027	0,024	0,0003995	0,0013	0	0	0,00	
Summa: Systemexpansion,	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Emissioner av substans/ Produktionsfaktorer ^a	CO ₂ (g/ha)	CO (g/ha)	HC (g/ha)	CH ₄ (g/ha)	NO _x (g/ha)	SO _x (g/ha)	NH ₃ (g/ha)	N ₂ O (g/ha)	HCl (g/ha)	PAH (g/ha)	Partiklar (g/ha)	Näring till vatten (g PO ₄ ³⁻ /ha)
nötkreatur, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]] Summa: System-expansion, nötkreatur, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol}) Summa: System-expansion, nötkreatur, drank (blöt: DGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) + (w1) + (w2) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]] Summa: System-expansion, nötkreatur, drank (blöt: DGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Allokering nötkreatur, (sojamjöl, korn) (Jungk m.fl., 2000) Summa: odling, produktion och transport (0)	927135	2002,35	635,44	614,11	6854,73	1556,47	1597,03	4011,90	94,80	0,040	315,65	9607,44
Subtraktion av torkning av drank och transport av torkad drank (DDGS) (w1)	-51877	-778,30	-72,66	-72,74	-1633,95	-86,50	-0,30	-61,11	-34,82	0	-76,06	
Addition av transport av blöt drank (DGS) (23 % ts) (w2)	64912	66,68	38,55	3,53	607,30	17,03	0,0082	0,026	0	0	6,21	
Produktion av sojamjöl (1) (Jungk m.fl., 2000)	296410	736,88	159,35	725,03	2662,49	2583,78	114,75	115,27	18,40	0	206,79	6275,78
Transport av sojamjöl (2)	7375	7,51	4,45	0,19	69,06	1,89	0	0	0	0	0,70	
Transport av sojamjöl, maskinsats (svensk el) (3)	15	0,034	0,0054	0,091	0,028	0,024	0,00041	0,0013	0	0	0,0047	
Produktion av korn (4)	117833	67,94	73,88	63,13	552,87	194,82	208,13	500,47	3,25	0,0052	23,06	2246,76
Transport av korn (5)	7185	7,31	4,33	0,19	67,29	1,84	0	0	0	0	0,68	
Transport av korn, maskinsats (svensk el) (6)	14	0,033	0,0053	0,089	0,027	0,024	0,00040	0,0013	0	0	0,0045	
Summa: System-expansion, nötkreatur, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]] Summa: System-expansion, nötkreatur, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol}) Summa: System-expansion, nötkreatur, drank (blöt: DGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) + (w1) + (w2) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]] Summa: System-expansion, nötkreatur, drank (blöt: DGS) ersätter sojamjöl och korn	498303	1182,65	393,42	-174,61	3502,97	-1225,90	1274,15	3396,15	73,14	0,035	84,42	1084,91
	10,64	0,0252	0,0084	-0,0037	0,0748	-0,026	0,027	0,072	0,00156	0,0000007	0,00180	0,02316
	511338	471,03	359,31	-243,83	2476,31	-1295,37	1273,86	3335,07	38,32	0,035	14,57	1084,91
	10,91	0,0101	0,0077	-0,0052	0,0529	-0,028	0,027	0,071	0,00082	0,0000007	0,00031	0,02316

Emissioner av substans/ Produktionsfaktorer ^a (g/MJ _{etanol})	CO ₂ (g/ha)	CO (g/ha)	HC (g/ha)	CH ₄ (g/ha)	NO _x (g/ha)	SO _x (g/ha)	NH ₃ (g/ha)	N ₂ O (g/ha)	HCl (g/ha)	PAH (g/ha)	Partiklar (g/ha)	Näring till vatten (g PO ₄ ³⁻ /ha)
Allokering grisar, (sojamjöl, korn) (Flysjö m.fl., 2008) Summa: odling, produktion och transport (0)	927135	2002,35	635,44	614,11	6854,73	1556,47	1597,03	4011,90	94,80	0,040	315,65	9607,44
Subtraktion av torkning av drank och transport av torkad drank (DDGS) (w1)	-51877	-778,30	-72,66	-72,74	-1633,95	-86,50	-0,30	-61,11	-34,82	0	-76,06	0
Addition av transport av blöt drank (DGS) (23 % ts) (w2)	64912	66,68	38,55	3,53	607,30	17,03	0,0082	0,026	0	0	6,21	0
Produktion av sojamjöl (1) (Flysjö m.fl., 2008)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transport av sojamjöl (2)	2632	2,68	1,59	0,07	24,65	0,67	0	0	0	0	0,25	-
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	5,2	0,012	0,0019	0,033	0,010	0,009	0,00015	0,0005	0	0	0,0017	-
Produktion av korn (4)	145481	83,88	91,21	77,94	682,59	240,53	256,96	617,90	4,02	0,0064 kr	28,47	2773,93
Transport av korn (5)	8870	9,03	5,35	0,23	83,07	2,27	0	0	0	0	0,84	-
Transport av korn, maskininsats (svensk el) (6)	18	0,040	0,0065	0,110	0,034	0,029	0,000493	0,0016	0	0	0,0056	-
Summa: System-expansion, grisar, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summa: System-expansion, grisar, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summa: System-expansion, grisar, drank (blöt: DGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) + (w1) + (w2) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summa: System-expansion, grisar, drank (blöt: DGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Allokering grisar, (sojamjöl, korn) (Jungk m.fl., 2000) Summa: odling, produktion och transport (0)	927135	2002,35	635,44	614,11	6854,73	1556,47	1597,03	4011,90	94,80	0,040	315,65	9607,44
Subtraktion av torkning av drank och transport av torkad drank (DDGS) (w1)	-51877	-778,30	-72,66	-72,74	-1633,95	-86,50	-0,30	-61,11	-34,82	0	-76,06	0
Addition av transport av blöt drank (DGS) (23 % ts) (w2)	64912	66,68	38,55	3,53	607,30	17,03	0,0082	0,026	0	0	6,21	0
Produktion av sojamjöl (1) (Jungk m.fl., 2000)	105799	263,02	56,88	258,79	950,33	922,24	40,96	41,14	6,57	0	73,81	2240,04
Transport av sojamjöl (2)	2632	2,68	1,59	0,069	24,65	0,67	0	0	0	0	0,25	-
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	5,2	0,012	0,0019	0,033	0,010	0,0086	0,00015	0,0005	0	0	0,0017	-
Produktion av korn (4)	145481	83,88	91,21	77,94	682,59	240,53	256,96	617,90	4,02	0,0064	28,47	2773,93
Transport av korn (5)	8870	9,03	5,35	0,23	83,07	2,27	0	0	0	0	0,84	-

Emissioner av substans/ Produktionsfaktorer ^a	CO ₂ (g/ha)	CO (g/ha)	HC (g/ha)	CH ₄ (g/ha)	NO _x (g/ha)	SO _x (g/ha)	NH ₃ (g/ha)	N ₂ O (g/ha)	HCl (g/ha)	PAH (g/ha)	Partiklar (g/ha)	Näring till vatten (g PO ₄ ³⁻ /ha)
Transport av korn, maskininsats (svensk el) (6)	18	0,040	0,0065	0,110	0,034	0,029	0,000493	0,0016	0	0	0,0056	
Summa: System-expansion, grisar, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	664329	1643,69	480,40	276,93	5114,03	390,72	1299,11	3352,85	84,21	0,034	212,27	4593,47
Summa: System-expansion, grisar, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	14,18	0,0351	0,0103	0,0059	0,1091	0,008	0,028	0,072	0,00180	0,0000007	0,00453	0,09804
Summa: System-expansion, grisar, drank (blöt: DGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) + (w1) + (w2) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	677364	932,07	446,29	207,72	4087,38	321,25	1298,82	3291,77	49,39	0,034	142,43	4593,47
Summa: System-expansion, grisar, drank (blöt: DGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	14,46	0,0199	0,0095	0,0044	0,0872	0,007	0,028	0,070	0,00105	0,0000007	0,00304	0,09804
Allokering fjäderfä, (sojamjöl, korn) (Flysjö m.fl., 2008)												
Summa: odling, produktion och transport (0)	927135	2002,35	635,44	614,11	6854,73	1556,47	1597,03	4011,90	94,80	0,040	315,65	9607,44
Produktion av sojamjöl (1) (Flysjö m.fl., 2008)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transport av sojamjöl (2)	2462	2,51	1,48	0,065	23,06	0,63	0	0	0	0	0,23	
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	4,9	0,0112	0,0018	0,030	0,0093	0,0081	0,000137	0,00044	0	0	0,0016	
Produktion av korn (4)	170033	98,03	106,61	91,09	797,79	281,12	300,33	722,18	4,70	0,0075	33,28	3242,07
Transport av korn (5)	10367	10,55	6,25	0,27	97,09	2,65	0	0	0	0	0,98	
Transport av korn, maskininsats (svensk el) (6)	21	0,047	0,0076	0,128	0,039	0,034	0,00058	0,0019	0	0	0,0066	
Summa: System-expansion, fjäderfä, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summa: System-expansion, fjäderfä, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Allokering fjäderfä, metionin (sojamjöl, korn) (Flysjö m.fl., 2008)												
Summa: odling, produktion och transport (0)	927135	2002,35	635,44	614,11	6854,73	1556,47	1597,03	4011,90	94,80	0,040	315,65	9607,44
Produktion av sojamjöl (1) (Flysjö m.fl., 2008)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transport av sojamjöl (2)	8720	8,87	5,26	0,229	81,66	2,23	0	0	0	0	0,82	0
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	17,3	0,0397	0,0064	0,108	0,0331	0,0286	0,000485	0,00156	0	0	0,0055	0
Produktion av korn (4)	89969	51,87	56,41	48,20	422,13	148,75	158,91	382,12	2,48	0,0040	17,61	1715,46
Transport av korn (5)	5486	5,58	3,31	0,14	51,37	1,40	0	0	0	0	0,52	0
Transport av korn, maskininsats (svensk el) (6)	11	0,025	0,0040	0,068	0,021	0,018	0,00030	0,0010	0	0	0,0035	0

Emissioner av substans/ Produktionsfaktorer ^a	CO ₂ (g/ha)	CO (g/ha)	HC (g/ha)	CH ₄ (g/ha)	NO _x (g/ha)	SO _x (g/ha)	NH ₃ (g/ha)	N ₂ O (g/ha)	HCl (g/ha)	PAH (g/ha)	Partiklar (g/ha)	Näring till vatten (g PO ₄ ³⁻ /ha)
el) (6)												
Summa: System-expansion, fjäderfä, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summa: System-expansion, fjäderfä, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Allokering fjäderfä, (sojamjöl, korn) (Jungk m.fl., 2000)												
Summa: odling, produktion och transport (0)	927135	2002,35	635,44	614,11	6854,73	1556,47	1597,03	4011,90	94,80	0,040	315,65	9607,44
Produktion av sojamjöl (1) (Jungk m.fl., 2000)	98970	246,04	53,21	242,08	888,99	862,71	38,31	38,49	6,14	0	69,04	2095,45
Transport av sojamjöl (2)	2462	2,51	1,48	0,065	23,06	0,63	0	0	0	0	0,23	
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	4,9	0,0112	0,0018	0,030	0,0093	0,0081	0,000137	0,00044	0	0	0,0016	
Produktion av korn (4)	170033	98,03	106,61	91,09	797,79	281,12	300,33	722,18	4,70	0,0075	33,28	3242,07
Transport av korn (5)	10367	10,55	6,25	0,27	97,09	2,65	0	0	0	0	0,98	
Transport av korn, maskininsats (svensk el) (6)	21	0,047	0,0076	0,128	0,039	0,034	0,00058	0,0019	0	0	0,0066	
Summa: System-expansion, fjäderfä, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	645277	1645,16	467,88	280,43	5047,75	409,31	1258,39	3251,23	83,96	0,033	212,11	4269,92
Summa: System-expansion, fjäderfä, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	13,77	0,0351	0,0100	0,0060	0,1077	0,009	0,027	0,069	0,00179	0,0000007	0,00453	0,09113
Allokering fjäderfä, metionin (sojamjöl, korn) (Jungk m.fl., 2000)												
Summa: odling, produktion och transport (0)	927135	2002,35	635,44	614,11	6854,73	1556,47	1597,03	4011,90	94,80	0,040	315,65	9607,44
Produktion av sojamjöl (1) (Jungk m.fl., 2000)	350475	871,29	188,42	857,27	3148,12	3055,06	135,67	136,30	21,75	0	244,50	7420,47
Transport av sojamjöl (2)	8720	8,87	5,26	0,229	81,66	2,23	0	0	0	0	0,82	0
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	17,3	0,0397	0,0064	0,108	0,0331	0,0286	0,000485	0,00156	0	0	0,0055	0
Produktion av korn (4)	89969	51,87	56,41	48,20	422,13	148,75	158,91	382,12	2,48	0,0040	17,61	1715,46
Transport av korn (5)	5486	5,58	3,31	0,14	51,37	1,40	0	0	0	0	0,52	0
Transport av korn, maskininsats (svensk el) (6)	11	0,025	0,0040	0,068	0,021	0,018	0,00030	0,0010	0	0	0,0035	0
Summa: System-expansion, fjäderfä, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	472457	1064,67	382,04	-291,91	3151,39	-1651,02	1302,44	3493,47	70,56	0,036	52,19	471,51
Summa: System-expansion, fjäderfä, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	10,08	0,0227	0,0082	-0,0062	0,0673	-0,035	0,028	0,075	0,00151	0,0000008	0,00111	0,01006

Emissioner av substans/ Produktionsfaktorer ^a	CO ₂ (g/ha)	CO (g/ha)	HC (g/ha)	CH ₄ (g/ha)	NO _x (g/ha)	SO _x (g/ha)	NH ₃ (g/ha)	N ₂ O (g/ha)	HCl (g/ha)	PAH (g/ha)	Partiklar (g/ha)	Näring till vatten (g PO ₄ ³⁻ /ha)
Allokering hästar, (sojamjöl, korn) (Flysjö m.fl., 2008) Summa: odling, produktion och transport (0)	927135	2002,35	635,44	614,11	6854,73	1556,47	1597,03	4011,90	94,80	0,040	315,65	9607,44
Produktion av sojamjöl (1) (Flysjö m.fl., 2008)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transport av sojamjöl (2)	7783	7,92	4,69	0,20	72,89	1,99	0	0	0	0	0,73	-
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	15	0,035	0,0057	0,096	0,030	0,026	0,00043	0,0014	0	0	0,0049	-
Produktion av korn (4)	118166	68,13	74,09	63,31	554,43	195,37	208,71	501,88	3,26	0,0052	23,13	2253,11
Transport av korn (5)	7205	7,33	4,34	0,19	67,48	1,84	0	0	0	0	0,68	-
Transport av korn, maskininsats (svensk el) (6)	14	0,033	0,0053	0,089	0,027	0,024	0,00040	0,0013	0	0	0,0046	-
Summa: System-expansion, hästar, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summa: System-expansion, hästar, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Allokering hästar, (sojamjöl, korn) (Jungk m.fl., 2000) Summa: odling, produktion och transport (0)	927135	2002,35	635,44	614,11	6854,73	1556,47	1597,03	4011,90	94,80	0,040	315,65	9607,44
Produktion av sojamjöl (1) (Jungk m.fl., 2000)	312817	777,67	168,17	765,16	2809,86	2726,80	121,10	121,65	19,42	0	218,23	6623,14
Transport av sojamjöl (2)	7783	7,92	4,69	0,20	72,89	1,99	0	0	0	0	0,73	-
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	15	0,035	0,0057	0,096	0,030	0,026	0,00043	0,0014	0	0	0,0049	-
Produktion av korn (4)	118166	68,13	74,09	63,31	554,43	195,37	208,71	501,88	3,26	0,0052	23,13	2253,11
Transport av korn (5)	7205	7,33	4,34	0,19	67,48	1,84	0	0	0	0	0,68	-
Transport av korn, maskininsats (svensk el) (6)	14	0,033	0,0053	0,089	0,027	0,024	0,00040	0,0013	0	0	0,0046	-
Summa: System-expansion, hästar, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	481135	1141,23	384,13	-214,94	3350,02	-1369,58	1267,21	3388,36	72,12	0,035	72,87	731,19
Summa: System-expansion, hästar, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	10,27	0,0244	0,0082	-0,0046	0,0715	-0,029	0,027	0,072	0,00154	0,00000075	0,00156	0,01561
Allokering skogsflis (trä) (effektiva värmevärdet) Summa: odling, produktion och transport (0)	927135	2002,35	635,44	614,11	6854,73	1556,47	1597,03	4011,90	94,80	0,040	315,65	9607,44
Förbränning av drank (DDGS) (1)	0	9954,11	663,61	165,90	5176,14	1327,22	82,95	165,90	0	0	0	-
Produktion av skogsflis (trä) (2) (Uppenberg m.fl., 2001)	99541	497,71	142,68	0,00	1559,48	89,59	0,00	0,00	0	0	129,40	0,049
Förbränning av skogsflis (3) (Uppenberg m.fl., 2001)	0	9954,11	663,61	165,90	1725,38	1327,22	82,95	165,90	0	0	0	-

Emissioner av substans/ Produktionsfaktorer ^a	CO ₂ (g/ha)	CO (g/ha)	HC (g/ha)	CH ₄ (g/ha)	NO _x (g/ha)	SO _x (g/ha)	NH ₃ (g/ha)	N ₂ O (g/ha)	HCl (g/ha)	PAH (g/ha)	Partiklar (g/ha)	Näring till vatten (g PO ₄ ³⁻ /ha)
Transport av skogsflis (trä) (4)	19988	20,34	12,05	0,53	187,19	5,12	0	0	0	0	1,89	
Transport av skogsflis (trä), maskininsats (svensk el) (5)	40	0,091	0,015	0,25	0,076	0,066	0,0011	0,0036	0	0	0,013	
Summa: Systemexpansion, drank ersätter skogsflis (trä) [(0) + (1) - [(2) + (3) + (4) + (5)]]	807566	1484,21	480,70	613,33	8558,74	1461,70	1597,02	4011,89	94,80	0,040	184,35	9607,39
Summa: Systemexpansion, drank ersätter skogsflis (trä) (g/MJ _{etanol})	17,24	0,0317	0,0103	0,0131	0,1827	0,0312	0,034	0,086	0,00202	0,00000086	0,00393	0,20505
Allokering skogsflis (trä) (effektiva värmevärdet), blöt drank (DGS), rökenskondensering												
Summa: odling, produktion och transport (0)	927135	2002,35	635,44	614,11	6854,73	1556,47	1597,03	4011,90	94,80	0,040	315,65	9607,44
Subtraktion av torkning av drank och transport av torkad drank (DDGS) (w1)	-51877	-778,30	-72,66	-72,74	-1633,95	-86,50	-0,30	-61,11	-34,82	0	-76,06	
Addition av transport av blöt drank (DGS) (23 % ts) (w2)	64912	66,68	38,55	3,53	607,30	17,03	0,0082	0,026	0	0	6,21	
Förbränning av drank (DGS) (3)	0	9644,27	642,95	160,74	5015,02	1285,90	80,37	160,74	0	0	0	
Produktion av skogsflis (trä) (4) (Uppenberg m.fl., 2001)	96443	482,21	138,23	0	1510,94	86,80	0	0	0	0	125,38	0,048
Förbränning av skogsflis (5) (50 % ts) (Uppenberg m.fl., 2001)	0	9644,27	642,95	160,74	1671,67	1285,90	80,37	160,74	0	0	0	
Transport av skogsflis (trä) (50 % ts) (6)	27112	27,59	16,34	0,71	253,91	6,94	0	0	0	0	2,56	
Transport av skogsflis (trä) (50 % ts), maskininsats (svensk el) (7)	54	0,12	0,020	0,34	0,10	0,089	0,0015	0,0049	0	0	0,017	
Summa: Systemexpansion, drank ersätter skogsflis (trä) (50 % ts) [(0) + (1) + (2) + (3) - [(4) + (5) + (6) + (7)]]	816560	780,80	446,73	543,84	7406,47	1393,18	1596,74	3950,81	59,97	0,040	117,85	9607,40
Summa: Systemexpansion, drank ersätter skogsflis (trä) (50 % ts) (g/MJ _{etanol})	17,43	0,017	0,010	0,012	0,158	0,030	0,034	0,084	0,0013	0,00000086	0,0025	0,2051
Allokering gödselmedel (NPK)												
Summa: odling, produktion och transport (0)	927135	2002,35	635,44	614,11	6854,73	1556,47	1597,03	4011,90	94,80	0,040	315,65	9607,44
Produktion av gödselmedel (1) (Börjesson m.fl., 2010; Jenssen & Kongshaug, 2003)	285289	128,53	100,08	375,56	955,03	1195,34	0	795,85	0	0	269,74	
Transport av gödselmedel (2)	2628	2,68	1,58	0,069	24,62	0,67	0	0	0	0	0,25	
Transport av gödselmedel, maskininsats (svensk el) (3)	5,2	0,012	0,0019	0,033	0,010	0,0086	0,00015	0,00047	0	0	0,0017	
Summa: Systemexpansion, drank ersätter gödselmedel [(0) - [(1) + (2) + (3)]]	639212	1871,13	533,77	238,44	5875,07	360,46	1597,03	3216,04	94,80	0,040	45,66	9607,44
Summa: Systemexpansion, drank ersätter gödselmedel	13,64	0,0399	0,0114	0,0051	0,1254	0,0077	0,034	0,069	0,00202	0,00000086	0,00097	0,20505

Emissioner av substans/ Produktionsfaktorer ^a (g/MJ _{etanol})	CO ₂ (g/ha)	CO (g/ha)	HC (g/ha)	CH ₄ (g/ha)	NO _x (g/ha)	SO _x (g/ha)	NH ₃ (g/ha)	N ₂ O (g/ha)	HCl (g/ha)	PAH (g/ha)	Partiklar (g/ha)	Näring till vatten (g PO ₄ ³⁻ /ha)
Allokering gödselmedel (NPK), blöt drank (DGS) Summa: odling, produktion och transport (0)	927135	2002,35	635,44	614,11	6854,73	1556,47	1597,03	4011,90	94,80	0,040	315,65	9607,44
Subtraktion av torkning av drank och transport av torkad drank (DDGS) (1)	-51877	-778,30	-72,66	-72,74	-1633,95	-86,50	-0,30	-61,11	-34,82	0	-76,06	
Addition av transport av blöt drank (DGS) (23 % ts) (2)	64912	66,68	38,55	3,53	607,30	17,03	0,0082	0,026	0	0	6,21	
Spridning av blöt drank (DGS) (3) (antas vara som för spridning av rörest (Börjesson & Berglund, 2006))	12729	12,73	3,97	0,075	112,31	2,25	0	0	0	0	1,72	
Produktion av gödselmedel (4) (Börjesson m.fl., 2010; Jenssen & Kongshaug, 2003)	285289	128,53	100,08	375,56	955,03	1195,34	0	795,85	0	0	269,74	
Transport av gödselmedel (5)	2628	2,68	1,58	0,069	24,62	0,67	0	0	0	0	0,25	
Transport av gödselmedel, maskininsats (svensk el) (6)	5,2	0,012	0,0019	0,033	0,010	0,0086	0,00015	0,00047	0	0	0,0017	
Spridning av gödselmedel (7)	2576	3,97	2,13	0,547	30,56	0,77	0,0022	0,0070	0	0	0,42	
Summa: System-expansion, drank (blöt) ersätter gödselmedel [(0) + (1) + (2) + (3) - [(4) + (5) + (6) + (7)]]	662399	1168,27	501,50	168,75	4930,17	292,47	1596,73	3154,95	59,97	0,040	-22,88	9607,44
Summa: System-expansion, drank (blöt) ersätter gödselmedel (g/MJ _{etanol})	14,14	0,0249	0,0107	0,0036	0,1052	0,0062	0,034	0,067	0,00128	0,00000086	-0,00049	0,20505
Allokering biogas (80 %, Spörndly, 2003; Hagelberg m.fl., 1988) Summa: odling, produktion och transport (0)	927135	2002,35	635,44	614,11	6854,73	1556,47	1597,03	4011,90	94,80	0,040	315,65	9607,44
Subtraktion av torkning av drank och transport av torkad drank (DDGS) (1)	-51877	-778,30	-72,66	-72,74	-1633,95	-86,50	-0,30	-61,11	-34,82	0	-76,06	
Addition av transport av blöt drank (DGS) (23 % ts) (2)	64912	66,68	38,55	3,53	607,30	17,03	0,0082	0,026	0	0	6,21	
Produktion av biogas från drank (blöt: DGS) (3) (antas ha samma data per ton råmaterial och rörest som storskalig vallproduktion + röresttransport + rörestspridning)	138070	38,88	36,68	24,30	700,08	21,10	0	0	0	0	15,12	
Odling av och produktion av biogas från vall (4:1 storskala) (Börjesson & Berglund, 2006)	458675	267,96	203,80	119,27	3385,48	356,89	0	0	0	0	109,99	692,62
Odling av och produktion av biogas från vall (4:2 gårds-skala) (Börjesson & Berglund, 2006)	431543	359,86	215,58	120,09	3411,97	363,74	0	0	0	0	114,37	692,62

Emissioner av substans/ Produktionsfaktorer ^a	CO ₂ (g/ha)	CO (g/ha)	HC (g/ha)	CH ₄ (g/ha)	NO _x (g/ha)	SO _x (g/ha)	NH ₃ (g/ha)	N ₂ O (g/ha)	HCl (g/ha)	PAH (g/ha)	Partiklar (g/ha)	Näring till vatten (g PO ₄ ³⁻ /ha)
Komprimering och rening av biogas (svensk el) (5)	9169	21,05	3,39	57,29	17,54	15,20	0,26	0,83	0	0	2,92	
Transport av biogas (6)	10273	10,45	6,19	0,27	96,20	2,63	0	0	0	0	0,97	
Transport av biogas, maskinsats (svensk el) (7)	20	0,047	0,0075	0,13	0,039	0,034	0,00057	0,0018	0	0	0,0065	
Produktion av gödselmedel (från DGS) (8) (Börjesson m.fl., 2010; Jenssen & Kongshaug, 2003)	285289	128,53	100,08	375,56	955,03	1195,34	0	795,85	0	0	269,74	
Transport av gödselmedel (från DGS) (9)	2628	2,68	1,58	0,069	24,62	0,67	0	0	0	0	0,25	
Transport av gödselmedel, maskinsats (svensk el) (från DGS) (10)	5,2	0,012	0,0019	0,033	0,010	0,0086	0,00015	0,00047	0	0	0,0017	
Produktion av gödselmedel (från vall) (11) (Börjesson m.fl., 2010; Jenssen & Kongshaug, 2003)	145374	71,18	55,40	197,44	499,43	653,98	0	390,52	0	0	147,18	
Transport av gödselmedel (vall) (12)	1294	1,32	0,78	0,034	12,12	0,33	0	0	0	0	0,12	
Transport av gödselmedel (vall), maskinsats (svensk el) (13)	2,6	0,0059	0,00095	0,016	0,0049	0,0043	0,000072	0,00023	0	0	0,00082	
Produktion av gödselmedel (differens gödselmedel) (14) (Börjesson m.fl., 2010; Jenssen & Kongshaug, 2003)	139916	57,35	44,68	178,12	455,60	541,35	0	405,33	0	0	122,55	
Transport av gödselmedel (differens gödselmedel) (15)	1334	1,36	0,80	0,035	12,50	0,34	0	0	0	0	0,13	
Transport av gödselmedel (differens gödselmedel), maskinsats (svensk el) (16)	2,6	0,0061	0,0010	0,017	0,0051	0,0044	0,000074	0,00024	0	0	0,00084	
Användning av producerad biogas i lätta fordon (17)	0	779,50	400,89	9977,60	623,60	0	0	0	0	0	42,32	
Produktion och användning av bensin, ersatt av biogas från drank (18)	1766125	4053,40	1536,73	200,44	1514,46	672,60	0	445,43	0	0	100,22	
Transport av bensin, ersatt av biogas från drank (DGS) (19)	4470	4,57	2,66	0,12	41,97	1,14	0	0	0	0	0,42	
Transport av bensin, ersatt av biogas från drank (DGS), maskinsats (svensk el) (20)	20	0,046	0,0075	0,126	0,039	0,034	0,00057	0,0018	0	0	0,0064	
Summa: System-expansion, biogas från drank ersätter storskalig biogas från vall [(0) + (1) + (2) + (3) - [(4:1) + (14) + (15) + (16)]]	478312	1002,93	388,72	271,75	2674,57	609,51	1596,74	3545,48	59,97	0,040	28,26	8914,83
Summa: System-expansion, biogas från drank ersätter storskalig biogas från vall (g/MJ _{etanol})	10,21	0,0214	0,0083	0,0058	0,0571	0,013	0,034	0,076	0,00128	0,00000086	0,00060	0,19027
Summa: System-expansion, biogas från drank ersätter småskalig biogas (gårdsskala) från vall [(0) + (1) + (2) + (3) - [(4:2) + (14) + (15) + (16)]]	505443	911,03	376,94	270,93	2648,08	602,66	1596,74	3545,48	59,97	0,040	23,88	8914,83

Emissioner av substans/ Produktionsfaktorer ^a	CO ₂ (g/ha)	CO (g/ha)	HC (g/ha)	CH ₄ (g/ha)	NO _x (g/ha)	SO _x (g/ha)	NH ₃ (g/ha)	N ₂ O (g/ha)	HCl (g/ha)	PAH (g/ha)	Partiklar (g/ha)	Näring till vatten (g PO ₄ ³⁻ /ha)
Summa: System-expansion, biogas från drank ersätter småskalig biogas (gårdsskala) från vall (g/MJ _{etanol})	10,79	0,0194	0,0080	0,0058	0,0565	0,013	0,034	0,076	0,00128	0,00000086	0,00051	0,19027
Summa: System-expansion, biogas från drank ersätter bensin [(0) + (1) + (2) + (3) + (5) + (6) + (7) + (17) - [(18) + (19) + (20) + (8) + (9) + (10)]]	-960836	-2048,57	-592,58	10028,14	4729,42	-343,82	1596,99	2710,36	59,97	0,040	-63,49	9607,44
Summa: System-expansion, biogas från drank ersätter bensin (g/MJ _{etanol})	-20,51	-0,0437	-0,0126	0,2140	0,1009	-0,007	0,034	0,058	0,00128	0,00000086	-0,00136	0,20505
Allokering biogas (60 %, Spörndly, 2003; Hagelberg m.fl., 1988)												
Summa: odling, produktion och transport (0)	927135	2002,35	635,44	614,11	6854,73	1556,47	1597,03	4011,90	94,80	0,040	315,65	9607,44
Subtraktion av torkning av drank och transport av torkad drank (DDGS) (1)	-51877	-778,30	-72,66	-72,74	-1633,95	-86,50	-0,30	-61,11	-34,82	0	-76,06	
Addition av transport av blöt drank (DGS) (23 % ts) (2)	64912	66,68	38,55	3,53	607,30	17,03	0,0082	0,026	0	0	6,21	
Produktion av biogas från drank (blöt: DGS) (3) (antas ha samma data per ton råmaterial och rötrest som storskalig vallproduktion + rötresttransport + rötrestspridning)	138070	38,88	36,68	24,30	700,08	21,10	0	0	0	0	15,12	
Odling av och produktion av biogas från vall (4:1 storskala) (Börjesson & Berglund, 2006)	344006	200,97	152,85	89,45	2539,11	267,67	0	0	0	0	82,49	519,46
Odling av och produktion av biogas från vall (4:2 gårdsskala) (Börjesson & Berglund, 2006)	323657	269,89	161,68	90,07	2558,98	272,81	0	0	0	0	85,78	519,46
Komprimering och rening av biogas (svensk el) (5)	6877	15,78	2,54	42,97	13,15	11,40	0,19	0,62	0	0	2,19	
Transport av biogas (6)	7704	7,84	4,64	0,20	72,15	1,97	0	0	0	0	0,73	
Transport av biogas, maskininsats (svensk el) (7)	15	0,035	0,0056	0,10	0,029	0,025	0,00043	0,0014	0	0	0,0049	
Produktion av gödselmedel (från DGS) (8) (Börjesson m.fl., 2010; Jenssen & Kongshaug, 2003)	285289	128,53	100,08	375,56	955,03	1195,34	0	795,85	0	0	269,74	
Transport av gödselmedel (från DGS) (9)	2628	2,68	1,58	0,069	24,62	0,67	0	0	0	0	0,25	
Transport av gödselmedel, maskininsats (svensk el) (från DGS) (10)	5,2	0,012	0,0019	0,033	0,010	0,0086	0,00015	0,00047	0	0	0,0017	
Produktion av gödselmedel (från vall) (11) (Börjesson m.fl., 2010; Jenssen & Kongshaug, 2003)	109030	53,38	41,55	148,08	374,57	490,49	0	292,89	0	0	110,39	
Transport av gödselmedel (vall) (12)	970	0,99	0,58	0,026	9,09	0,25	0	0	0	0	0,09	
Transport av gödselmedel (vall),	1,9	0,0044	0,00071	0,012	0,0037	0,0032	0,000054	0,00017	0	0	0,00061	

Emissioner av substans/ Produktionsfaktorer ^a	CO ₂ (g/ha)	CO (g/ha)	HC (g/ha)	CH ₄ (g/ha)	NO _x (g/ha)	SO _x (g/ha)	NH ₃ (g/ha)	N ₂ O (g/ha)	HCl (g/ha)	PAH (g/ha)	Partiklar (g/ha)	Näring till vatten (g PO ₄ ³⁻ /ha)
maskininsats (svensk el) (13)												
Produktion av gödselmedel (differens gödselmedel) (14) (Börjesson m.fl., 2010; Jenssen & Kongshaug, 2003)	176259	75,15	58,53	227,48	580,46	704,85	0	502,96	0	0	159,35	
Transport av gödselmedel (differens gödselmedel) (15)	1658	1,69	1,00	0,044	15,53	0,42	0	0	0	0	0,16	
Transport av gödselmedel (differens gödselmedel), maskininsats (svensk el) (16)	3,3	0,0075	0,0012	0,021	0,0063	0,0054	0,000092	0,00030	0	0	0,00105	
Användning av producerad biogas i lätta fordon (17)	0	584,63	300,66	7483,20	467,70	0	0	0	0	0	31,74	
Produktion och användning av bensin, ersatt av biogas från drank (18)	1324593	3040,05	1152,55	150,33	1135,84	504,45	0	334,07	0	0	75,17	
Transport av bensin, ersatt av biogas från drank (DGS) (19)	3352	3,42	1,99	0,09	31,48	0,86	0	0	0	0	0,32	
Transport av bensin, ersatt av biogas från drank (DGS), maskininsats (svensk el) (20)	15	0,035	0,0056	0,095	0,029	0,025	0,00043	0,0014	0	0	0,0048	
Summa: System-expansion, biogas från drank ersätter storskalig biogas från vall [(0) + (1) + (2) + (3) - [(4:1) + (14) + (15) + (16)]]	556313	1051,80	425,63	252,20	3393,06	535,16	1596,74	3447,85	59,97	0,040	18,93	9087,98
Summa: System-expansion, biogas från drank ersätter storskalig biogas från vall (g/MJ _{etanol})	11,87	0,0224	0,0091	0,0054	0,0724	0,011	0,034	0,074	0,00128	0,00000086	0,00040	0,19397
Summa: System-expansion, biogas från drank ersätter småskalig biogas (gårdsskala) från vall [(0) + (1) + (2) + (3) - [(4:2) + (14) + (15) + (16)]]	576661	982,87	416,79	251,58	3373,19	530,02	1596,74	3447,85	59,97	0,040	15,64	9087,98
Summa: System-expansion, biogas från drank ersätter småskalig biogas (gårdsskala) från vall (g/MJ _{etanol})	12,31	0,0210	0,0089	0,0054	0,0720	0,011	0,034	0,074	0,00128	0,00000086	0,00033	0,19397
Summa: System-expansion, biogas från drank ersätter bensin [(0) + (1) + (2) + (3) + (5) + (6) + (7) + (17) - [(18) + (19) + (20) + (8) + (9) + (10)]]	-523048	-1236,83	-310,35	7569,48	4934,19	-179,84	1596,93	2821,51	59,97	0,040	-49,88	9607,44
Summa: System-expansion, biogas från drank ersätter bensin (g/MJ _{etanol})	-11,16	-0,0264	-0,0066	0,1616	0,1053	-0,004	0,034	0,060	0,00128	0,00000086	-0,00106	0,20505

Tabell B9:4. Miljöpåverkanskategorier vid produktion av etanol (primärdrank: DDGS/DGS)

Miljöpåverkanskategori/ Produktionsfaktorer ^a	Insatt energi (MJ/ha)	Insatt energi (%)	GWP (g CO ₂ - ekv/ha)	GWP (%)	AP (g SO ₂ - ekv/ha)	AP (%)	EP (g PO ₄ ³⁻ - ekv/ha)	EP (%)	POCP (g C ₂ H ₄ - ekv/ha)	POCP (%)	Trans- portvikt (massa) (kg)
Odling av höstvete	12420,92	30,19	1930426	90,51	6543,10	69,31	10566,99	95,64	203,36	60,07	
El, storskalig etanoljäsning (svensk el)	1573,45	3,82	7445	0,35	19,32	0,205	1,63	0,015	1,80	0,530	
Ånga (värme), storskalig etanoljäsning	1600,45	3,89	7452	0,35	169,50	1,80	28,67	0,26	8,05	2,38	
El, storskalig etanol- destillering (svensk el)	940,71	2,29	4451	0,21	11,55	0,122	0,97	0,009	1,07	0,317	
Ånga (värme), storskalig etanoldestillering	9399,49	22,85	43764	2,05	995,48	10,54	168,37	1,52	47,25	13,96	
El, torkning av drank (svensk el)	2622,42	6,37	12409	0,58	32,20	0,34	2,71	0,025	2,99	0,88	
Ånga (värme), torkning av drank	10974,54	26,67	51097	2,40	1162,29	12,31	196,58	1,78	55,17	16,30	
Maskininsats, etanol- produktion (svensk el)	90,95	0,22	430	0,020	1,12	0,0118	0,094	0,0009	0,10	0,0307	
Byggmaterial (svensk el)	27,39	0,067	130	0,0061	0,34	0,0036	0,028	0,00026	0,031	0,0092	
Hantering av avfallsvatten (svensk el)	405,39	0,99	1918	0,090	4,98	0,053	0,42	0,0038	0,46	0,137	
Produktion av kemikalier för etanolproduktion	121,07	0,29	7487	0,35	52,24	0,55	3,20	0,029	0,20	0,0580	
Transport av kemikalier för etanolproduktion	4,28	0,010	310	0,015	2,11	0,0223	0,37	0,0034	0,086	0,0255	
Transport av kemikalier för etanolproduktion, maskin- insats (svensk el)	0,35	0,0008	1,6	0,000077	0,0043	0,000045	0,00036	0,0000032	0,00040	0,000117	
Transport av vete till etanolproduktion	558,33	1,36	40396	1,89	275,74	2,92	48,98	0,44	11,18	3,30	
Transport av vete till etanolproduktion, maskin- insats (svensk el)	37,31	0,09	177	0,0083	0,46	0,0049	0,039	0,00035	0,043	0,0126	
Transport av drank från etanolproduktion	133,47	0,32	9655	0,45	66,89	0,71	11,89	0,11	2,53	0,75	
Transport av drank från etanolproduktion, maskin- insats (svensk el)	7,13	0,017	34	0,0016	0,087	0,00093	0,0074	0,00007	0,0081	0,00240	
Transport av producerad etanol	209,01	0,51	15123	0,71	103,00	1,09	18,30	0,17	4,21	1,24	1747,74 tank
Transport av producerad etanol, maskininsats (svensk el)	16,95	0,041	80	0,0038	0,21	0,00220	0,018	0,00016	0,019	0,0057	
Summa: odling, produktion och transport	41143,61	100	2132785	100	9440,61	100	11049,27	100	338,57	100	
Summa: Ingen allokering	41143,61	100	2132785	100	9440,61	100	11049,27	100	338,57	100	
Summa: Ingen allokering (g/MJ _{DDGS})	1,224		63,47		0,281		0,3288		0,0101		
Summa: Ingen allokering (g/MJ _{etanol})	0,878		45,52		0,201		0,2358		0,0072		
Summa: Allokering energi (MJ _{DDGS})	20771,01	50,48	906928	42,52	4213,91	44,64	4659,51	42,17	154,81	45,72	
Summa: Allokering energi (MJ _{etanol})	20372,60	49,52	1225857	57,48	5226,70	55,36	6389,76	57,83	183,76	54,28	
Summa: Allokering energi (g/MJ _{DDGS})	0,618		26,99		0,125		0,1387		0,0046		
Summa: Allokering energi (g/MJ _{etanol})	0,435		26,16		0,112		0,1364		0,0039		
Summa: Allokering ekonomi (SEK _{DDGS})	17155,47	41,70	478348	22,43	2696,21	28,56	2372,85	21,48	106,44	31,44	
Summa: Allokering ekonomi (SEK _{etanol})	23988,15	58,30	1654437	77,57	6744,40	71,44	8676,41	78,52	232,13	68,56	
Summa: Allokering ekonomi (g/MJ _{DDGS})	0,511		14,23		0,080		0,0706		0,0032		
Summa: Allokering ekonomi (g/MJ _{etanol})	0,512		35,31		0,144		0,1852		0,0050		
Systemexpansion drank ersätter sojamjöl och sojaolja (original)											
Summa odling, produktion och transport (0)	41143,61	100	2132785	100	9440,61	100	11049,27	100	338,57	100	
Produktion av sojamjöl med ekvivalent mängd sojaolja (1)	17817,87	43,31	1029967	48,29	13825,35	146,45	19683,91	178,15	290,43	85,78	
Transport av sojamjöl med ekvivalent mängd sojaolja (2)	181,46	0,44	13129	0,62	89,20	0,94	15,84	0,14	3,69	1,09	1711,60

Miljöpåverkanskategori/ Produktionsfaktorer ^a	Insatt energi (MJ/ha)	Insatt energi (%)	GWP (g CO ₂ - ekv/ha)	GWP (%)	AP (g SO ₂ - ekv/ha)	AP (%)	EP (g PO ₄ ³⁻ - ekv/ha)	EP (%)	POCP (g C ₂ H ₄ - ekv/ha)	POCP (%)	Trans- portvikt (massa) (kg)
Transport av sojamjöl med ekvivalent mängd sojaolja, maskininsats (svensk el) (3)	6,45	0,016	30,50	0,00143	0,079	0,00084	0,0067	0,00006	0,0074	0,00217	
Summa: Systemexpansion [(0) - [(1) + (2) + (3)]]	23137,84	56,24	1089658	51,09	-4474,02	-47,39	-8650,50	-78,29	44,44	13,13	
Summa: Systemexpansion (g/MJ _{etanol})	0,4938		23,26		-0,0955		-0,1846		0,00095		
Summa: odling, produktion och transport (0)	41143,61	100	2132785	100	9440,61	100	11049,27	100	338,57	100	
Körning på etanol (1)	0,00	0,00	29049	1,36	684,06	7,25	108,95	0,99	974,56	287,85	
Produktion och användning av bensin (2)	4685,36	11,39	4019621	188,47	3645,21	38,61	411,59	3,73	1637,21	483,57	
Transport av bensin (3)	130,31	0,32	9429	0,44	64,21	0,68	11,41	0,10	2,62	0,77	
Transport av bensin, maskininsats (svensk el) (4)	10,57	0,026	50,00	0,00234	0,130	0,00137	0,0109	0,00010	0,0121	0,00356	
Summa: Systemexpansion etanol ersätter bensin [(0) + (1) - [(2) + (3) + (4)]]	36317,37	88,27	-1867266	-87,55	6415,12	67,95	10735,21	97,16	-326,72	-96,50	
Summa: Systemexpansion etanol ersätter bensin (g/MJ _{DDGS})	1,0807		-55,57		0,1909		0,3195		-0,00972		
Allokering nötkreatur, (sojamjöl, korn) (Flysjö m.fl., 2008)											
Summa: odling, produktion och transport (0)	41143,61	100	2132785	100	9440,61	100	11049,27	100	338,57	100	
Subtraktion av torkning av drank och transport av torkad drank (DDGS) (w1)	-13737,56	-33,39	-73195	-3,43	-1261,47	-13,36	-211,19	-1,91	-60,71	-17,93	
Addition av transport av blöt drank (DGS) (23 % ts) (w2)	968,06	2,35	65134	3,05	442,15	4,68	78,46	0,71	18,11	5,35	7487,53
Produktion av sojamjöl (1) (Flysjö m.fl., 2008)	12723,85	30,93	819050	38,40	6843,89	72,49	4630,54	41,91			
Transport av sojamjöl (2)	102,19	0,25	7394	0,35	50,23	0,53	8,92	0,08			963,93
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	3,63	0,0088	17	0,00081	0,045	0,00047	0,0038	0,00003			
Produktion av korn (4)	1935,94	4,71	267560	12,55	975,97	10,34	2390,68	21,64			
Transport av korn (5)	99,56	0,24	7204	0,34	48,94	0,52	8,69	0,08			939,09
Transport av korn, maskininsats (svensk el) (6)	3,54	0,0086	17	0,00078	0,043	0,00046	0,0037	0,00003			
Summa: Systemexpansion, nötkreatur, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	26274,91	63,86	1031543	48,37	1521,50	16,12	4010,42	36,30			
Summa: Systemexpansion, nötkreatur, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	0,5608		22,02		0,0325		0,0856				
Summa: Systemexpansion, nötkreatur, drank (blöt: DGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) + (w1) + (w2) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	13505,41	32,83	1023483	47,99	702,18	7,44	3877,69	35,09			
Summa: Systemexpansion, nötkreatur, drank (blöt: DGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	0,2882		21,84		0,0150		0,0828				
Allokering nötkreatur, (sojamjöl, korn) (Jungk m.fl., 2000)											
Summa: odling, produktion och transport (0)	41143,61	100	2132785	100	9440,61	100	11049,27	100	338,57	100	
Subtraktion av torkning av drank och transport av torkad drank (DDGS) (w1)	-13737,56	-33,39	-73195	-3,43	-1261,47	-13,36	-211,19	-1,91	-60,71	-17,93	
Addition av transport av blöt drank (DGS) (23 % ts) (w2)	968,06	2,35	65134	3,05	442,15	4,68	78,46	0,71	18,11	5,35	7487,53
Produktion av sojamjöl (1) (Jungk m.fl., 2000)	6030,95	14,66	348680	16,35	4679,44	49,57	6659,70	60,27	98,29	29,03	
Transport av sojamjöl (2)	102,19	0,25	7394	0,35	50,23	0,53	8,92	0,08	2,08	0,61	963,93

Miljöpåverkanskategori/ Produktionsfaktorer ^a	Insatt energi (MJ/ha)	Insatt energi (%)	GWP (g CO ₂ - ekv/ha)	GWP (%)	AP (g SO ₂ - ekv/ha)	AP (%)	EP (g PO ₄ ³⁻ - ekv/ha)	EP (%)	POCP (g C ₂ H ₄ - ekv/ha)	POCP (%)	Trans- portvikt (massa) (kg)
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	3,63	0,0088	17	0,00081	0,045	0,00047	0,0038	0,00003	0,0041	0,00122	
Produktion av korn (4)	1935,94	4,71	267560	12,55	975,97	10,34	2390,68	21,64	32,71	9,66	
Transport av korn (5)	99,56	0,24	7204	0,34	48,94	0,52	8,69	0,08	2,03	0,60	939,09
Transport av korn, maskininsats (svensk el) (6)	3,54	0,0086	17	0,00078	0,043	0,00046	0,0037	0,00003	0,0040	0,00119	
Summa: Systemexpansion, nötkreatur, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	32967,81	80,13	1501913	70,42	3685,95	39,04	1981,26	17,93	203,45	60,09	
Summa: Systemexpansion, nötkreatur, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	0,7036		32,06		0,0787		0,0423		0,00434		
Summa: Systemexpansion, nötkreatur, drank (blöt: DGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) + (w1) + (w2) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	20198,31	49,09	1493852	70,04	2866,63	30,36	1848,53	16,73	160,86	47,51	
Summa: Systemexpansion, nötkreatur, drank (blöt: DGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	0,4311		31,88		0,0612		0,0395		0,00343		
<hr/>											
Allokering grisar, (sojamjöl, korn) (Flysjö m.fl., 2008)											
Summa: odling, produktion och transport (0)	41143,61	100	2132785	100	9440,61	100	11049,27	100	338,57	100	
Subtraktion av torkning av drank och transport av torkad drank (DDGS) (w1)	-13737,56	-33,39	-73195	-3,43	-1261,47	-13,36	-211,19	-1,91	-60,71	-17,93	
Addition av transport av blöt drank (DGS) (23 % ts) (w2)	968,06	2,35	65134	3,05	442,15	4,68	78,46	0,71	18,11	5,35	7487,53
Produktion av sojamjöl (1) (Flysjö m.fl., 2008)	4541,58	11,04	292347	13,71	2442,82	25,88	1652,80	14,96			
Transport av sojamjöl (2)	36,48	0,09	2639	0,12	17,93	0,19	3,18	0,03			344,059
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	1,30	0,0031	6	0,00029	0,016	0,00017	0,0013	0,00001			
Produktion av korn (4)	2390,18	5,81	330340	15,49	1204,96	12,76	2951,62	26,71			
Transport av korn (5)	122,92	0,30	8894	0,42	60,42	0,64	10,73	0,10			1159,43
Transport av korn, maskininsats (svensk el) (6)	4,37	0,0106	21	0,00097	0,054	0,00057	0,0045	0,00004			
Summa: Systemexpansion, grisar, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	34046,79	82,75	1498538	70,26	5714,41	60,53	6430,92	58,20			
Summa: Systemexpansion, grisar, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	0,7267		31,98		0,1220		0,1373				
Summa: Systemexpansion, grisar, drank (blöt: DGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) + (w1) + (w2) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	21277,29	51,71	1490477	69,88	4895,09	51,85	6298,19	57,00			
Summa: Systemexpansion, grisar, drank (blöt: DGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	0,4541		31,81		0,1045		0,1344				
<hr/>											
Allokering grisar, (sojamjöl, korn) (Jungk m.fl., 2000)											
Summa: odling, produktion och transport (0)	41143,61	100	2132785	100	9440,61	100	11049,27	100	338,57	100	
Subtraktion av torkning av drank och transport av torkad drank (DDGS) (w1)	-13737,56	-33,39	-73195	-3,43	-1261,47	-13,36	-211,19	-1,91	-60,71	-17,93	
Addition av transport av blöt drank (DGS) (23 % ts) (w2)	968,06	2,35	65134	3,05	442,15	4,68	78,46	0,71	18,11	5,35	7487,53

Miljöpåverkanskategori/ Produktionsfaktorer ^a	Insatt energi (MJ/ha)	Insatt energi (%)	GWP (g CO ₂ - ekv/ha)	GWP (%)	AP (g SO ₂ - ekv/ha)	AP (%)	EP (g PO ₄ ³⁻ - ekv/ha)	EP (%)	POCP (g C ₂ H ₄ - ekv/ha)	POCP (%)	Trans- portvikt (massa) (kg)
Produktion av sojamjöl (1) (Jungk m.fl., 2000)	2152,65	5,23	124456	5,84	1670,25	17,69	2377,08	21,51	35,08	10,36	
Transport av sojamjöl (2)	36,48	0,09	2639	0,12	17,93	0,19	3,18	0,03	0,74	0,22	344,06
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	1,30	0,0031	6	0,00029	0,016	0,00017	0,0013	0,00001	0,0015	0,00044	
Produktion av korn (4)	2390,18	5,81	330340	15,49	1204,96	12,76	2951,62	26,71	40,39	11,93	1159,43
Transport av korn (5)	122,92	0,30	8894	0,42	60,42	0,64	10,73	0,10	2,50	0,74	
Transport av korn, ma- skininsats (svensk el) (6)	4,37	0,0106	21	0,00097	0,054	0,00057	0,0045	0,00004	0,0050	0,00147	
Summa: Systemexpansion, grisar, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	36435,72	88,56	1666430	78,13	6486,97	68,71	5706,64	51,65	259,85	76,75	
Summa: Systemexpansion, grisar, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	0,7776		35,57		0,1385		0,1218		0,00555		
Summa: Systemexpansion, grisar, drank (blöt: DGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) + (w1) + (w2) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	23666,22	57,52	1658369	77,76	5667,66	60,03	5573,91	50,45	217,25	64,17	
Summa: Systemexpansion, grisar, drank (blöt: DGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	0,5051		35,39		0,1210		0,1190		0,00464		
Allokering fjäderfä, (sojamjöl, korn) (Flysjö m.fl., 2008)											
Summa: odling, produktion och transport (0)	41143,61	100	2132785	100	9440,61	100	11049,27	100	338,57	100	
Produktion av sojamjöl (1) (Flysjö m.fl., 2008)	4248,42	10,33	273476	12,82	2285,14	24,21	1546,11	13,99			
Transport av sojamjöl (2)	34,12	0,08	2469	0,116	16,77	0,18	2,98	0,027			321,85
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	1,21	0,0029	5,7	0,00027	0,015	0,00016	0,00125	0,0000113			
Produktion av korn (4)	2793,56	6,79	386089	18,10	1408,32	14,92	3449,75	31,22			
Transport av korn (5)	143,66	0,35	10395	0,49	70,62	0,75	12,54	0,11			1355,11
Transport av korn, ma- skininsats (svensk el) (6)	5,10	0,0124	24	0,00113	0,063	0,00066	0,0053	0,00005			
Summa: Systemexpansion, fjäderfä, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	33917,53	82,44	1460326	68,47	5659,69	59,95	6037,88	54,65			
Summa: Systemexpansion, fjäderfä, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	0,7239		31,17		0,1208		0,1289				
Allokering fjäderfä, metionin (sojamjöl, korn) (Flysjö m.fl., 2008)											
Summa: odling, produktion och transport (0)	41143,61	100	2132785	100	9440,61	100	11049,27	100	338,57	100	
Produktion av sojamjöl (1) (Flysjö m.fl., 2008)	15044,67	36,57	968443	45,41	8092,21	85,72	5475,15	49,55			
Transport av sojamjöl (2)	120,83	0,29	8743	0,410	59,40	0,63	10,55	0,095			1139,75
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	4,29	0,0104	20,3	0,00095	0,053	0,00056	0,00444	0,0000402			
Produktion av korn (4)	1478,14	3,59	204289	9,58	745,18	7,89	1825,35	16,52			
Transport av korn (5)	76,02	0,18	5500	0,26	37,37	0,40	6,64	0,06			717,02
Transport av korn, ma- skininsats (svensk el) (6)	2,70	0,0066	13	0,00060	0,033	0,00035	0,0028	0,00003			
Summa: Systemexpansion, fjäderfä, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	24416,97	59,35	945776	44,34	506,38	5,36	3731,57	33,77			
Summa: Systemexpansion, fjäderfä, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn	0,5211		20,19		0,0108		0,0796				

Miljöpåverkanskategori/ Produktionsfaktorer ^a	Insatt energi (MJ/ha)	Insatt energi (%)	GWP (g CO ₂ - ekv/ha)	GWP (%)	AP (g SO ₂ - ekv/ha)	AP (%)	EP (g PO ₄ ³⁻ - ekv/ha)	EP (%)	POCP (g C ₂ H ₄ - ekv/ha)	POCP (%)	Trans- portvikt (massa) (kg)
<i>(g/MJ_{etanol})</i>											
Allokering fjäderfä, (sojamjöl, korn) (Jungk m.fl., 2000)											
Summa: odling, produktion och transport (0)	41143,61	100	2132785	100	9440,61	100	11049,27	100	338,57	100	
Produktion av sojamjöl (1) (Jungk m.fl., 2000)	2013,70	4,89	116422	5,46	1562,44	16,55	2223,64	20,12	32,82	9,69	
Transport av sojamjöl (2)	34,12	0,08	2469	0,116	16,77	0,18	2,98	0,027	0,69	0,21	321,85
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	1,21	0,0029	5,7	0,00027	0,015	0,00016	0,00125	0,0000113	0,00138	0,00041	
Produktion av korn (4)	2793,56	6,79	386089	18,10	1408,32	14,92	3449,75	31,22	47,20	13,94	
Transport av korn (5)	143,66	0,35	10395	0,49	70,62	0,75	12,54	0,11	2,92	0,86	1355,11
Transport av korn, maskininsats (svensk el) (6)	5,10	0,0124	24	0,00113	0,063	0,00066	0,0053	0,00005	0,0058	0,00172	
Summa: Systemexpansion, fjäderfä, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	36152,26	87,87	1617380	75,83	6382,39	67,61	5360,35	48,51	254,92	75,29	
Summa: Systemexpansion, fjäderfä, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn <i>(g/MJ_{etanol})</i>	0,7716		34,52		0,1362		0,1144		0,00544		
Allokering fjäderfä, metionin (sojamjöl, korn) (Jungk m.fl., 2000)											
Summa: odling, produktion och transport (0)	41143,61	100	2132785	100	9440,61	100	11049,27	100	338,57	100	
Produktion av sojamjöl (1) (Jungk m.fl., 2000)	7130,98	17,33	412279	19,33	5532,96	58,61	7874,43	71,27	116,22	34,33	
Transport av sojamjöl (2)	120,83	0,29	8743	0,410	59,40	0,63	10,55	0,095	2,46	0,73	1139,75
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	4,29	0,0104	20,3	0,00095	0,053	0,00056	0,00444	0,0000402	0,00490	0,00145	
Produktion av korn (4)	1478,14	3,59	204289	9,58	745,18	7,89	1825,35	16,52	24,98	7,38	
Transport av korn (5)	76,02	0,18	5500	0,26	37,37	0,40	6,64	0,06	1,55	0,46	717,02
Transport av korn, maskininsats (svensk el) (6)	2,70	0,0066	13	0,00060	0,033	0,00035	0,0028	0,00003	0,0031	0,00091	
Summa: Systemexpansion, fjäderfä, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	32330,65	78,58	1501941	70,42	3065,63	32,47	1332,30	12,06	193,36	57,11	
Summa: Systemexpansion, fjäderfä, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn <i>(g/MJ_{etanol})</i>	0,6900		32,06		0,0654		0,0284		0,00413		
Allokering hästar, (sojamjöl, korn) (Flysjö m.fl., 2008)											
Summa: odling, produktion och transport (0)	41143,61	100	2132785	100	9440,61	100	11049,27	100	338,57	100	
Produktion av sojamjöl (1) (Flysjö m.fl., 2008)	13428,12	32,64	864385	40,53	7222,70	76,51	4886,85	44,23			
Transport av sojamjöl (2)	107,85	0,26	7803	0,37	53,01	0,56	9,42	0,09			1017,28
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	3,83	0,0093	18	0,00085	0,047	0,00050	0,0040	0,000036			
Produktion av korn (4)	1941,41	4,72	268316	12,58	978,72	10,37	2397,43	21,70			
Transport av korn (5)	99,84	0,24	7224	0,34	49,08	0,52	8,72	0,079			941,74
Transport av korn, maskininsats (svensk el) (6)	3,55	0,0086	17	0,00079	0,044	0,00046	0,0037	0,000033			
Summa: Systemexpansion, hästar, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	25559,02	62,12	985022	46,18	1137,00	12,04	3746,84	33,91			
Summa: Systemexpansion, hästar, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn <i>(g/MJ_{etanol})</i>	0,5455		21,02		0,0243		0,0800				

Miljöpåverkanskategori/ Produktionsfaktorer ^a	Insatt energi (MJ/ha)	Insatt energi (%)	GWP (g CO ₂ - ekv/ha)	GWP (%)	AP (g SO ₂ - ekv/ha)	AP (%)	EP (g PO ₄ ³⁻ - ekv/ha)	EP (%)	POCP (g C ₂ H ₄ - ekv/ha)	POCP (%)	Trans- portvikt (massa) (kg)
<hr/>											
Allokering hästar, (soja- mjöl, korn) (Jungk m.fl., 2000)											
Summa: odling, produktion och transport (0)	41143,61	100	2132785	100	9440,61	100	11049,27	100	338,57	100	
Produktion av sojamjöl (1) (Jungk m.fl., 2000)	6364,76	15,47	367979	17,25	4938,45	52,31	7028,32	63,61	103,73	30,64	1017,28
Transport av sojamjöl (2)	107,85	0,26	7803	0,37	53,01	0,56	9,42	0,09	2,19	0,65	
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	3,83	0,0093	18	0,00085	0,047	0,00050	0,0040	0,00004	0,0044	0,0013	
Produktion av korn (4)	1941,41	4,72	268316	12,58	978,72	10,37	2397,43	21,70	32,80	9,69	941,74
Transport av korn (5)	99,84	0,24	7224	0,34	49,08	0,52	8,72	0,079	2,03	0,60	
Transport av korn, ma- skininsats (svensk el) (6)	3,55	0,0086	17	0,00079	0,044	0,00046	0,0037	0,00003	0,0040	0,0012	
Summa: Systemexpansion, hästar, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	32622,38	79,29	1481427	69,46	3421,26	36,24	1605,37	14,53	197,80	58,42	
Summa: Systemexpansion, hästar, drank (DDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	0,6963		31,62		0,0730		0,0343		0,00422		
<hr/>											
Allokering skogsflis (trä) (effektiva värmevärdet)											
Summa: odling, produktion och transport (0)	41143,61	100	2132785	100	9440,61	100	11049,27	100	338,57	100	
Förbränning av drank (DDGS) (1)	0	0,00	72831	3,41	5106,46	54,09	697,58	6,31	664,77	196,35	
Produktion av skogsflis (trä) (2) (Uppenberg m.fl., 2001)	1327,22	3,23	100537	4,71	1181,22	12,51	201,51	1,82	76,98	22,74	
Förbränning av skogsflis (3) (Uppenberg m.fl., 2001)	0	0,00	72831	3,41	2690,93	28,50	251,79	2,28	664,77	196,35	
Transport av skogsflis (trä) (4)	276,98	0,67	20041	0,94	136,15	1,44	24,18	0,22	5,64	1,66	2612,63
Transport av skogsflis (trä), maskininsats (svensk el) (5)	9,84	0,024	47	0,0022	0,12	0,00128	0,010	0,00009	0,011	0,0033	
Summa: Systemexpansion, drank ersätter skogsflis (trä) [(0) + (1) - [(2) + (3) + (4) + (5)]]	39529,58	96,08	2012161	94,34	10538,65	111,63	11269,35	101,99	255,94	75,60	
Summa: Systemexpansion, drank ersätter skogsflis (trä) (g/MJ _{etanol})	0,8437		42,95		0,2249		0,2405		0,00546		
<hr/>											
Allokering skogsflis (trä) (effektiva värmevärdet), blöt drank (DGS), rökgas- kondensering											
Summa: odling, produktion och transport (0)	41143,61	100,00	2132785	100	9440,61	100	11049,27	100	338,57	100	
Subtraktion av torkning av drank och transport av torkad drank (DDGS) (w1)	-13737,56	-33,39	-73195	-3,43	-1261,47	-13,36	-211,19	-1,91	-60,71	-17,93	
Addition av transport av blöt drank (DGS) (23 % ts) (w2)	968,06	2,35	65134	3,05	442,15	4,68	78,46	0,71	18,11	5,35	7487,53
Förbränning av drank (DGS) (3)	0	0,00	70564	3,31	4947,51	52,41	675,87	6,12	644,08	190,24	
Produktion av skogsflis (trä) (4) (Uppenberg m.fl., 2001)	1285,90	3,13	97407	4,57	1144,45	12,12	195,24	1,77	74,58	22,03	
Förbränning av skogsflis (5) (50 % ts) (Uppenberg m.fl., 2001)	0	0,00	70564	3,31	2607,17	27,62	243,95	2,21	644,08	190,24	0
Transport av skogsflis (trä) (50 % ts) (6)	375,70	0,91	27184	1,27	184,68	1,96	32,80	0,30	7,65	2,26	3543,82
Transport av skogsflis (trä) (50 % ts), maskininsats (svensk el) (7)	13,34	0,032	63	0,0030	0,16	0,0017	0,014	0,00012	0,015	0,0045	
Summa: Systemexpansion, drank ersätter skogsflis (trä) (50 % ts) [(0) + (1) + (2) + (3) - [(4) + (5) + (6) + (7)]]	26699,16	64,89	2000070	93,78	9632,34	102,03	11120,39	100,64	213,73	63,13	
Summa: Systemexpansion, drank ersätter skogsflis	0,5698		42,69		0,2056		0,2373		0,00456		

Miljöpåverkanskategori/ Produktionsfaktorer ^a	Insatt energi (MJ/ha)	Insatt energi (%)	GWP (g CO ₂ - ekv/ha)	GWP (%)	AP (g SO ₂ - ekv/ha)	AP (%)	EP (g PO ₄ ³⁻ - ekv/ha)	EP (%)	POCP (g C ₂ H ₄ - ekv/ha)	POCP (%)	Trans- portvikt (massa) (kg)
(trä) (50 % ts) (g/MJ _{etanol})											
Allokering gödselmedel (NPK)											
Summa: odling, produktion och transport (0)	41143,61	100	2132785	100	9440,61	100	11049,27	100	338,57	100	
Produktion av gödselmedel (1) (Börjesson m.fl., 2010; Jenssen & Kongshaug, 2003)	3037,00	7,38	529757	24,84	1863,85	19,74	123,38	1,12	47,80	14,12	
Transport av gödselmedel (2)	36,42	0,089	2635	0,12	17,90	0,19	3,18	0,03	0,74	0,22	343,57
Transport av gödselmedel, maskininsats (svensk el) (3)	1,29	0,0031	6,1	0,00029	0,016	0,00017	0,0013	0,000012	0,0015	0,00044	
Summa: Systemexpansion, drank ersätter gödselmedel [(0) - [(1) + (2) + (3)]]	38068,90	92,53	1600386	75,04	7558,84	80,07	10922,71	98,85	290,02	85,66	
Summa: Systemexpansion, drank ersätter gödselmedel (g/MJ _{etanol})	0,8125		34,16		0,1613		0,2331		0,00619		
Allokering gödselmedel (NPK), blöt drank (DGS)											
Summa: odling, produktion och transport (0)	41143,61	100	2132785	100	9440,61	100	11049,27	100	338,57	100	
Subtraktion av torkning av drank och transport av torkad drank (DDGS) (1)	-13737,56	-33,39	-73195	-3,43	-1261,47	-13,36	-211,19	-1,91	-60,71	-17,93	
Addition av transport av blöt drank (DGS) (23 % ts) (2)	968,06	2,35	65134	3,05	442,15	4,68	78,46	0,71	18,11	5,35	7487,53
Spridning av blöt drank (DGS) (3) (antas vara som för spridning av rötrest (Börjesson & Berglund, 2006))	187,19	0,45	12756	0,60	80,87	0,86	14,51	0,13	2,10	0,62	
Produktion av gödselmedel (4) (Börjesson m.fl., 2010; Jenssen & Kongshaug, 2003)	3037,00	7,38	529757	24,84	1863,85	19,74	123,38	1,12	47,80	14,12	
Transport av gödselmedel (5)	36,42	0,089	2635	0,12	17,90	0,19	3,18	0,03	0,74	0,22	343,57
Transport av gödselmedel, maskininsats (svensk el) (6)	1,29	0,0031	6,1	0,00029	0,016	0,00017	0,0013	0,000012	0,0015	0,00044	
Spridning av gödselmedel (7)	54,00	0,131	2599	0,12	22,16	0,23	3,95	0,04	1,01	0,30	
Summa: Systemexpansion, drank (blöt) ersätter gödselmedel [(0) + (1) + (2) + (3) - [(4) + (5) + (6) + (7)]]	25432,58	61,81	1602483	75,14	6798,23	72,01	10800,54	97,75	248,51	73,40	
Summa: Systemexpansion, drank (blöt) ersätter gödselmedel (g/MJ _{etanol})	0,5428		34,20		0,1451		0,2305		0,00530		
Allokering biogas (80 %, Spöndly, 2003; Hagelberg m.fl., 1988)											
Summa: odling, produktion och transport (0)	41143,61	100	2132785	100	9440,61	100	11049,27	100	338,57	100	
Subtraktion av torkning av drank och transport av torkad drank (DDGS) (1)	-13737,56	-33,39	-73195	-3,43	-1261,47	-13,36	-211,19	-1,91	-60,71	-17,93	
Addition av transport av blöt drank (DGS) (23 % ts) (2)	968,06	2,35	65134	3,05	442,15	4,68	78,46	0,71	18,11	5,35	7487,53
Produktion av biogas från drank (blöt: DGS) (3) (antas ha samma data per ton råmaterial och rötrest som storskalig vallproduktion + rötresttransport + rötrestspridning)	3850,84	9,36	138707	6,50	511,16	5,41	90,44	0,82	16,40	4,84	
Odling av och produktion av biogas från vall (4:1 storskala) (Börjesson & Berglund, 2006)	8818,13	21,43	461954	21,66	2726,72	28,88	1129,97	10,23	93,07	27,49	
Odling av och produktion av biogas från vall (4:2 gårdsskala) (Börjesson & Berglund, 2006)	10654,29	25,90	435025	20,40	2752,12	29,15	1133,40	10,26	101,47	29,97	

Miljöpåverkanskategori/ Produktionsfaktorer ^a	Insatt energi (MJ/ha)	Insatt energi (%)	GWP (g CO ₂ - ekv/ha)	GWP (%)	AP (g SO ₂ - ekv/ha)	AP (%)	EP (g PO ₄ ³⁻ - ekv/ha)	EP (%)	POCP (g C ₂ H ₄ - ekv/ha)	POCP (%)	Trans- portvikt (massa) (kg)
Komprimering och rening av biogas (svensk el) (5)	2277,15	5,53	10775	0,51	27,96	0,30	2,36	0,021	2,60	0,77	
Transport av biogas (6)	142,35	0,346	10300	0,48	69,97	0,74	12,43	0,11	2,90	0,86	1342,72
Transport av biogas, maskininsats (svensk el) (7)	5,06	0,012	24	0,00112	0,062	0,00066	0,0052	0,00005	0,0058	0,0017	
Produktion av gödselmedel (från DGS) (8) (Börjesson m.fl., 2010; Jenssen & Kongshaug, 2003)	3037,00	7,38	529757	24,84	1863,85	19,74	123,38	1,12	47,80	14,12	
Transport av gödselmedel (från DGS) (9)	36,42	0,089	2635	0,12	17,90	0,19	3,18	0,03	0,74	0,22	
Transport av gödselmedel, maskininsats (svensk el) (från DGS) (10)	1,29	0,0031	6,1	0,00029	0,016	0,00017	0,0013	0,000012	0,0015	0,00044	
Produktion av gödselmedel (från vall) (11) (Börjesson m.fl., 2010; Jenssen & Kongshaug, 2003)	1691,96	4,11	265651	12,46	1003,58	10,63	64,52	0,58	26,39	7,79	
Transport av gödselmedel (vall) (12)	17,93	0,044	1297	0,061	8,81	0,093	1,57	0,014	0,36	0,108	169,14
Transport av gödselmedel (vall), maskininsats (svensk el) (13)	0,64	0,0015	3,0	0,00014	0,0078	0,000083	0,00066	0,000006	0,00073	0,00021	
Produktion av gödselmedel (differens gödselmedel) (14) (Börjesson m.fl., 2010; Jenssen & Kongshaug, 2003)	1345,04	3,27	264106	12,38	860,27	9,11	58,86	0,53	21,41	6,32	
Transport av gödselmedel (differens gödselmedel) (15)	18,49	0,045	1338	0,063	9,09	0,096	1,61	0,015	0,38	0,11	174,43
Transport av gödselmedel (differens gödselmedel), maskininsats (svensk el) (16)	0,66	0,0016	3,1	0,00015	0,0081	0,000085	0,00068	0,000006	0,00075	0,00022	
Användning av producerad biogas i lätta fordon (17)	0	0	231044	10,83	436,52	4,62	80,56	0,73	261,38	77,20	
Produktion och användning av bensin, ersatt av biogas från drank (18)	24498,57	59,54	1910688	89,59	1732,72	18,35	195,65	1,77	778,23	229,86	
Transport av bensin, ersatt av biogas från drank (DGS) (19)	61,94	0,15	4482	0,21	30,52	0,32	5,42	0,05	1,25	0,37	517,94 tank
Transport av bensin, ersatt av biogas från drank (DGS), maskininsats (svensk el) (20)	5,02	0,012	24	0,00111	0,062	0,00065	0,0052	0,00005	0,0057	0,0017	
Summa: Systemexpansion, biogas från drank ersätter storskalig biogas från vall [(0) + (1) + (2) + (3) - [(4:1) + (14) + (15) + (16)]]	22042,62	53,57	1536030	72,02	5536,36	58,64	9816,53	88,84	197,51	58,34	
Summa: Systemexpansion, biogas från drank ersätter storskalig biogas från vall (g/MJ _{etanol})	0,4705		32,78		0,1182		0,2095		0,00422		
Summa: Systemexpansion, biogas från drank ersätter småskalig biogas (gårds-skala) från vall [(0) + (1) + (2) + (3) - [(4:2) + (14) + (15) + (16)]]	20206,46	49,11	1562959	73,28	5510,96	58,38	9813,11	88,81	189,11	55,86	
Summa: Systemexpansion, biogas från drank ersätter småskalig biogas (gårds-skala) från vall (g/MJ _{etanol})	0,4313		33,36		0,1176		0,2094		0,00404		
Summa: Systemexpansion, biogas från drank ersätter bensin [(0) + (1) + (2) + (3) + (5) + (6) + (7) + (17) - [(18) + (19) + (20) + (8) + (9) + (10)]]	7009,25	17,04	67981	3,19	6021,89	63,79	10774,69	97,52	-248,78	-73,48	
Summa: Systemexpansion, biogas från drank ersätter bensin (g/MJ _{etanol})	0,1496		1,45		0,1285		0,2300		-0,00531		
Allokering biogas (60 %, Spördly, 2003; Hagelberg m.fl., 1988)											

Miljöpåverkanskategori/ Produktionsfaktorer ^a	Insatt energi (MJ/ha)	Insatt energi (%)	GWP (g CO ₂ - ekv/ha)	GWP (%)	AP (g SO ₂ - ekv/ha)	AP (%)	EP (g PO ₄ ³⁻ - ekv/ha)	EP (%)	POCP (g C ₂ H ₄ - ekv/ha)	POCP (%)	Trans- portvikt (massa) (kg)
Summa: odling, produktion och transport (0)	41143,61	100	2132785	100	9440,61	100	11049,27	100	338,57	100	
Subtraktion av torkning av drank och transport av torkad drank (DDGS) (1)	-13737,56	-33,39	-73195	-3,43	-1261,47	-13,36	-211,19	-1,91	-60,71	-17,93	
Addition av transport av blöt drank (DGS) (23 % ts) (2)	968,06	2,35	65134	3,05	442,15	4,68	78,46	0,71	18,11	5,35	7487,53
Produktion av biogas från drank (blöt: DGS) (3) (antas ha samma data per ton råmaterial och rötrest som storskalig vallproduktion + rötresttransport + rötrestspridning)	3850,84	9,36	138707	6,50	511,16	5,41	90,44	0,82	16,40	4,84	
Odling av och produktion av biogas från vall (4:1 storskala) (Börjesson & Berglund, 2006)	6613,60	16,07	346465	16,24	2045,04	21,66	847,48	7,67	69,80	20,62	
Odling av och produktion av biogas från vall (4:2 gårds skala) (Börjesson & Berglund, 2006)	7990,72	19,42	326269	15,30	2064,09	21,86	850,05	7,69	76,10	22,48	
Komprimering och rening av biogas (svensk el) (5)	1707,86	4,15	8081	0,38	20,97	0,22	1,77	0,016	1,95	0,58	
Transport av biogas (6)	106,76	0,259	7725	0,36	52,48	0,56	9,32	0,08	2,17	0,64	1007,04
Transport av biogas, maskininsats (svensk el) (7)	3,79	0,009	18	0,00084	0,047	0,00049	0,0039	0,00004	0,0043	0,0013	
Produktion av gödselmedel (från DGS) (8) (Börjesson m.fl., 2010; Jenssen & Kongshaug, 2003)	3037,00	7,38	529757	24,84	1863,85	19,74	123,38	1,12	47,80	14,12	
Transport av gödselmedel (från DGS) (9)	36,42	0,089	2635	0,12	17,90	0,19	3,18	0,03	0,74	0,22	
Transport av gödselmedel, maskininsats (svensk el) (från DGS) (10)	1,29	0,0031	6,1	0,00029	0,016	0,00017	0,0013	0,000012	0,0015	0,00044	
Produktion av gödselmedel (från vall) (11) (Börjesson m.fl., 2010; Jenssen & Kongshaug, 2003)	1268,97	3,08	199238	9,34	752,69	7,97	48,39	0,44	19,79	5,85	
Transport av gödselmedel (vall) (12)	13,45	0,033	973	0,046	6,61	0,070	1,17	0,011	0,27	0,081	126,85
Transport av gödselmedel (vall), maskininsats (svensk el) (13)	0,48	0,0012	2,3	0,00011	0,0059	0,000062	0,00049	0,000004	0,00055	0,00016	
Produktion av gödselmedel (differens gödselmedel) (14) (Börjesson m.fl., 2010; Jenssen & Kongshaug, 2003)	1768,03	4,30	330519	15,50	1111,17	11,77	74,99	0,68	28,01	8,27	
Transport av gödselmedel (differens gödselmedel) (15)	22,98	0,056	1662	0,078	11,29	0,120	2,01	0,018	0,47	0,14	216,71
Transport av gödselmedel (differens gödselmedel), maskininsats (svensk el) (16)	0,82	0,0020	3,9	0,00018	0,0100	0,000106	0,00084	0,000008	0,00093	0,00028	
Användning av producerad biogas i lätta fordon (17)	0	0	173283	8,12	327,39	3,47	60,42	0,55	196,03	57,90	
Produktion och användning av bensin, ersatt av biogas från drank (18)	18373,93	44,66	1433016	67,19	1299,54	13,77	146,74	1,33	583,67	172,40	
Transport av bensin, ersatt av biogas från drank (DGS) (19)	46,46	0,11	3361	0,16	22,89	0,24	4,07	0,04	0,94	0,28	388,46 tank
Transport av bensin, ersatt av biogas från drank (DGS), maskininsats (svensk el) (20)	3,77	0,009	18	0,00084	0,046	0,00049	0,0039	0,00004	0,0043	0,0013	
Summa: Systemexpansion, biogas från drank ersätter storskalig biogas från vall [(0) + (1) + (2) + (3) - [(4:1) + (14) + (15) + (16)]]	23819,53	57,89	1584781	74,31	5964,94	63,18	10082,50	91,25	214,09	63,23	
Summa: Systemexpansion, biogas från drank ersätter storskalig biogas från vall (g/MJ _{etanol})	0,5084		33,82		0,1273		0,2152		0,00457		

Miljöpåverkanskategori/ Produktionsfaktorer ^a	Insatt energi (MJ/ha)	Insatt energi (%)	GWP (g CO ₂ - ekv/ha)	GWP (%)	AP (g SO ₂ - ekv/ha)	AP (%)	EP (g PO ₄ ³⁻ - ekv/ha)	EP (%)	POCP (g C ₂ H ₄ - ekv/ha)	POCP (%)	Trans- portvikt (massa) (kg)
Summa: Systemexpansion, biogas från drank ersätter småskalig biogas (gårds- skala) från vall [(0) + (1) + (2) + (3) - [(4:2) + (14) + (15) + (16)]]	22442,41	54,55	1604977	75,25	5945,89	62,98	10079,94	91,23	207,79	61,37	
Summa: Systemexpansion, biogas från drank ersätter småskalig biogas (gårds- skala) från vall (g/MJ _{etanol})	0,4790		34,26		0,1269		0,2151		0,00443		
Summa: Systemexpansion, biogas från drank ersätter bensin [(0) + (1) + (2) + (3) + (5) + (6) + (7) + (17) - [(18) + (19) + (20) + (8) + (9) + (10)]]	12544,50	30,49	483744	22,68	6329,09	67,04	10801,13	97,75	-120,63	-35,63	
Summa: Systemexpansion, biogas från drank ersätter bensin (g/MJ _{etanol})	0,2677		10,32		0,1351		0,2305		-0,00257		

Tabell B9:5. Emissioner vid produktion av etanol då 13 % mer etanol utvinns från spannmålets cellulosa och hemicellulosa (sekundärdrank: eDDGS/eDGS)

Emissioner av substans/ Produktionsfaktorer ^a	CO ₂	CO	HC	CH ₄	NO _x	SO _x	NH ₃	N ₂ O	HCl	PAH	Partiklar	Näring till vatten (g PO ₄ ³⁻ /ha)
Odling av höstvet	767908	390,59	461,37	455,74	3123,57	1333,54	1596,28	3889,37	25,07	0,040	156,06	9607,44
El, storskalig etanoljäsning (svensk el)	10864	24,94	4,02	67,88	20,78	18,01	0,30	0,98	0		3,46	
Ånga (värme), storskalig etanoljäsning	7174	168,82	14,35	1,43	344,81	15,06	0	13,63	7,89		16,26	
El, storskalig etanoldestillering (svensk el)	6495	14,91	2,40	40,59	12,42	10,77	0,18	0,59	0		2,07	
Ånga (värme), storskalig etanoldestillering	42131	991,48	84,26	8,43	2025,08	88,47	0	80,05	46,34		95,50	
El, torkning av drank (svensk el)	8081	18,55	2,99	50,49	15,46	13,40	0,23	0,73	0		2,58	
Ånga (värme), torkning av drank	24226	570,11	48,45	4,85	1164,45	50,87	0	46,03	26,65		54,91	
Maskininsats, etanolproduktion (svensk el)	394	0,90	0,15	2,46	0,75	0,65	0,011	0,036	0		0,13	
Byggmaterial (svensk el)	119	0,27	0,044	0,74	0,23	0,20	0,0033	0,0107	0		0,038	
Hantering av avfallsvatten (svensk el)	1845	4,23	0,68	11,53	3,53	3,06	0,052	0,17	0		0,59	
Produktion av kemikalier för etanolproduktion	8088	2,40	0,29	0,0035	26,49	37,72	0,11				2,56	
Transport av kemikalier för etanolproduktion	334	0,34	0,20	0,0088	3,13	0,085		0,00			0,032	
Transport av kemikalier för etanolproduktion, maskininsats (svensk el)	1,5	0,0035	0,00056	0,0094	0,0029	0,0025	0,000042	0,00014	0		0,00048	
Transport av vete till etanolproduktion	40292	40,20	23,91	1,06	379,18	10,32		0			3,82	
Transport av vete till etanolproduktion, maskininsats (svensk el)	150	0,34	0,056	0,94	0,29	0,25	0,0042	0,014	0		0,048	
Transport av drank från etanolproduktion	7371	6,88	4,16	0,19	70,43	1,89		0			0,71	
Transport av drank från etanolproduktion, maskininsats (svensk el)	22	0,050	0,008	0,14	0,042	0,036	0,00062	0,0020	0		0,0070	
Transport av producerad etanol	17044	17,41	10,14	0,45	160,04	4,36		0			1,61	
Transport av producerad etanol, maskininsats (svensk el)	77	0,18	0,029	0,48	0,15	0,13	0,0022	0,0070	0		0,025	
Summa: odling, produktion och transport	942615	2252,61	657,50	647,42	7350,82	1588,83	1597,17	4031,62	105,95	0,040	340,40	9607,44
Summa: Ingen allokering	942615	2252,61	657,50	647,42	7350,82	1588,83	1597,17	4031,62	105,95	0,040	340,40	9607,44
Summa: Ingen allokering (g/MJ _{eDDGS})	34,39	0,082	0,024	0,0236	0,27	0,058	0,058	0,147	0,00387	0,0000015	0,0124	0,3505
Summa: Ingen allokering (g/MJ _{etanol})	17,80	0,0425	0,0124	0,0122	0,139	0,0300	0,030	0,076	0,00200	0,0000008	0,00643	0,18146
Summa: Allokering energi (MJ _{eDDGS})	325246	811,52	227,87	240,47	2581,56	550,16	544,86	1378,44	37,89	0,014	120,62	3276,97
Summa: Allokering energi (MJ _{etanol})	617369	1441,10	429,62	406,95	4769,27	1038,67	1052,31	2653,18	68,06	0,027	219,78	6330,47
Summa: Allokering energi (g/MJ _{eDDGS})	11,87	0,030	0,008	0,0088	0,09	0,0201	0,020	0,050	0,00138	0,0000005	0,0044	0,1196
Summa: Allokering energi (g/MJ _{etanol})	11,66	0,0272	0,0081	0,0077	0,0901	0,0196	0,0199	0,0501	0,00129	0,0000005	0,00415	0,11957
Summa: Allokering ekonomi (SEK _{eDDGS})	162835	688,71	129,89	135,36	1824,42	274,89	235,09	621,02	31,50	0,006	85,12	1413,12
Summa: Allokering ekonomi (SEK _{etanol})	779780	1563,91	527,61	512,06	5526,41	1313,93	1362,09	3410,60	74,46	0,034	255,28	8194,32
Summa: Allokering ekonomi (g/MJ _{eDDGS})	5,94	0,025	0,005	0,0049	0,067	0,010	0,009	0,023	0,00115	0,0000002	0,0031	0,0516
Summa: Allokering ekonomi (g/MJ _{etanol})	14,73	0,0295	0,0100	0,0097	0,104	0,0248	0,026	0,064	0,00141	0,0000006	0,00482	0,15477
Systemexpansion drank ersätter sojamjöl och sojaolja (original)												
Summa odling, produktion och transport (0)	942615	2252,61	657,50	647,42	7350,82	1588,83	1597,17	4031,62	105,95	0,040	340,40	9607,44
Produktion av sojamjöl med ekvivalent mängd sojaolja (1)	661130	1643,63	355,54	1617,44	5938,79	5764,31	256,04	257,13	41,02	0,00	461,23	14004,27
Transport av sojamjöl med ekvivalent mängd sojaolja (2)	11857	12,07	7,15	0,31	111,04	3,04		0,00			1,12	

Emissioner av substans/ Produktionsfaktorer ^a	CO ₂ (g/ha)	CO (g/ha)	HC (g/ha)	CH ₄ (g/ha)	NO _x (g/ha)	SO _x (g/ha)	NH ₃ (g/ha)	N ₂ O (g/ha)	HCl (g/ha)	PAH (g/ha)	Partiklar (g/ha)	Näring till vatten (g PO ₄ ³⁻ /ha)
Transport av sojamjöl med ekvivalent mängd sojaolja, maskininsats (svensk el) (3)	23,50	0,054	0,0087	0,15	0,045	0,039	0,00066	0,0021	0		0,0075	
Summa: Systemexpansion [(0) - [(1) + (2) + (3)]]	269605	596,86	294,80	-970,48	1300,95	-4178,56	1341,13	3774,49	64,93	0,040	-121,96	-4396,83
Summa: Systemexpansion (g/MJ _{etanol})	5,09	0,0113	0,0056	-0,0183	0,0246	-0,079	0,025	0,071	0,00123	0,0000008	-0,00230	-0,08305
Summa: odling, produktion och transport (0)	942615	2252,61	657,50	647,42	7350,82	1588,83	1597,17	4031,62	105,95	0,040	340,40	9607,44
Körning på etanol (1)	0	16412,83	1111,84	0,00	953,00	105,89	0	0	0	0	95,30	
Produktion och användning av bensin (2)	4198508	9635,92	3653,18	476,50	3600,23	1598,93	0	1058,89	0	0	238,25	
Transport av bensin (3)	10626	10,86	6,32	0,28	99,77	2,72	0	0	0	0	1,01	
Transport av bensin, maskininsats (svensk el) (4)	48,08	0,110	0,0178	0,30	0,092	0,080	0,00135	0,0044	0	0	0,0153	
Summa: Systemexpansion etanol ersätter bensin [(0) + (1) - [(2) + (3) + (4)]]	-3266568	9018,56	-1890,18	170,33	4603,73	92,99	1597,17	2972,72	105,95	0,040	196,42	9607,44
Summa: Systemexpansion etanol ersätter bensin (g/MJ _{eDDGS})	-119,19	0,3291	-0,0690	0,0062	0,1680	0,003	0,058	0,108	0,00387	0,0000015	0,00717	0,35055
Allokering nötkreatur, (sojamjöl, korn) (Flysjö m.fl., 2008)												
Summa: odling, produktion och transport (0)	942615	2252,61	657,50	647,42	7350,82	1588,83	1597,17	4031,62	105,95	0,040	340,40	9607,44
Subtraktion av torkning av drank och transport av torkad drank (eDDGS) (w1)	-39699	-595,59	-55,60	-55,67	-1250,38	-66,19	-0,23	-46,76	-26,65	0	-58,20	
Addition av transport av blöt drank (eDGS) (23 % ts) (w2)	49673	51,03	29,50	2,70	464,73	13,03	0,0063	0,020	0	0	4,75	
Produktion av sojamjöl (1) (Flysjö m.fl., 2008)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transport av sojamjöl (2)	8435	8,58	5,08	0,22	79,00	2,16	0	0	0	0	0,80	
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	17	0,038	0,0062	0,104	0,032	0,028	0,00047	0,0015	0	0	0,0053	
Produktion av korn (4)	29112	16,78	18,25	15,60	136,59	48,13	51,42	123,65	0,80	0,0013	5,70	555,08
Transport av korn (5)	1775	1,81	1,07	0,047	16,62	0,45	0	0	0	0	0,17	
Transport av korn, maskininsats (svensk el) (6)	3,5	0,0081	0,0013	0,022	0,0067	0,0058	0,000099	0,00032	0	0	0,0011	
Summa: Systemexpansion, nötkreatur, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summa: Systemexpansion, nötkreatur, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summa: Systemexpansion, nötkreatur, drank (blöt: eDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) + (w1) + (w2) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summa: Systemexpansion, nötkreatur, drank (blöt: eDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Allokering nötkreatur, (sojamjöl, korn) (Jungk m.fl., 2000)												
Summa: odling, produktion och transport (0)	942615	2252,61	657,50	647,42	7350,82	1588,83	1597,17	4031,62	105,95	0,040	340,40	9607,44

Emissioner av substans/ Produktionsfaktorer ^a	CO ₂ (g/ha)	CO (g/ha)	HC (g/ha)	CH ₄ (g/ha)	NO _x (g/ha)	SO _x (g/ha)	NH ₃ (g/ha)	N ₂ O (g/ha)	HCl (g/ha)	PAH (g/ha)	Partiklar (g/ha)	Näring till vatten (g PO ₄ ³⁻ /ha)
Subtraktion av torkning av drank och transport av torkad drank (eDDGS) (w1)	-39699	-595,59	-55,60	-55,67	-1250,38	-66,19	-0,23	-46,76	-26,65	0	-58,20	
Addition av transport av blöt drank (eDGS) (23 % ts) (w2)	49673	51,03	29,50	2,70	464,73	13,03	0,0063	0,020	0	0	4,75	
Produktion av sojamjöl (1) (Jungk m.fl., 2000)	339030	842,83	182,26	829,27	3045,31	2955,29	131,24	131,85	21,04	0	236,52	7178,14
Transport av sojamjöl (2)	8435	8,58	5,08	0,22	79,00	2,16	0	0	0	0	0,80	
Transport av sojamjöl, maskinsats (svensk el) (3)	17	0,038	0,0062	0,104	0,032	0,028	0,00047	0,0015	0	0	0,0053	
Produktion av korn (4)	29112	16,78	18,25	15,60	136,59	48,13	51,42	123,65	0,80	0,0013	5,70	555,08
Transport av korn (5)	1775	1,81	1,07	0,047	16,62	0,45	0	0	0	0	0,17	
Transport av korn, maskinsats (svensk el) (6)	3,5	0,0081	0,0013	0,022	0,0067	0,0058	0,000099	0,00032	0	0	0,0011	
Summa: System-expansion, nötkreatur, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	564243	1382,56	450,82	-197,85	4073,26	-1417,24	1414,51	3776,13	84,11	0,039	97,21	1874,22
Summa: System-expansion, nötkreatur, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	10,66	0,0261	0,0085	-0,0037	0,0769	-0,027	0,027	0,071	0,00159	0,0000007	0,00184	0,03540
Summa: System-expansion, nötkreatur, drank (blöt: eDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) + (w1) + (w2) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	574218	837,99	424,72	-250,82	3287,62	-1470,40	1414,29	3729,38	57,46	0,039	43,76	1874,22
Summa: System-expansion, nötkreatur, drank (blöt: eDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	10,85	0,0158	0,0080	-0,0047	0,0621	-0,028	0,027	0,070	0,00109	0,0000007	0,00083	0,03540
Allokering grisar, (sojamjöl, korn) (Flysjö m.fl., 2008)												
Summa: odling, produktion och transport (0)	942615	2252,61	657,50	647,42	7350,82	1588,83	1597,17	4031,62	105,95	0,040	340,40	9607,44
Subtraktion av torkning av drank och transport av torkad drank (eDDGS) (w1)	-39699	-595,59	-55,60	-55,67	-1250,38	-66,19	-0,23	-46,76	-26,65	0	-58,20	
Addition av transport av blöt drank (eDGS) (23 % ts) (w2)	49673	51,03	29,50	2,70	464,73	13,03	0,0063	0,020	0	0	4,75	
Produktion av sojamjöl (1) (Flysjö m.fl., 2008)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transport av sojamjöl (2)	3175	3,23	1,91	0,08	29,73	0,81	0	0	0	0	0,30	
Transport av sojamjöl, maskinsats (svensk el) (3)	6,3	0,014	0,0023	0,039	0,012	0,010	0,00018	0,00057	0	0	0,0020	
Produktion av korn (4)	67053	38,66	42,04	35,92	314,61	110,86	118,43	284,79	1,85	0,0030	13,12	1278,52
Transport av korn (5)	4088	4,16	2,46	0,11	38,29	1,05	0	0	0	0	0,39	
Transport av korn, maskinsats (svensk el) (6)	8	0,019	0,0030	0,051	0,015	0,013	0,00023	0,00073	0	0	0,0026	
Summa: System-expansion, grisar, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summa: System-expansion, grisar, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Emissioner av substans/ Produktionsfaktorer ^a	CO ₂ (g/ha)	CO (g/ha)	HC (g/ha)	CH ₄ (g/ha)	NO _x (g/ha)	SO _x (g/ha)	NH ₃ (g/ha)	N ₂ O (g/ha)	HCl (g/ha)	PAH (g/ha)	Partiklar (g/ha)	Näring till vatten (g PO ₄ ³⁻ /ha)
Summa: System-expansion, grisar, drank (blöt: eDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) + (w1) + (w2) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summa: System-expansion, grisar, drank (blöt: eDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Allokering grisar, -50 % lysin, (sojamjöl, korn) (Flysjö m.fl., 2008)												
Summa: odling, produktion och transport (0)	942615	2252,61	657,50	647,42	7350,82	1588,83	1597,17	4031,62	105,95	0,040	340,40	9607,44
Subtraktion av torkning av drank och transport av torkad drank (eDDGS) (w1)	-39699	-595,59	-55,60	-55,67	-1250,38	-66,19	-0,23	-46,76	-26,65	0	-58,20	
Addition av transport av blöt drank (eDGS) (23 % ts) (w2)	49673	51,03	29,50	2,70	464,73	13,03	0,0063	0,020	0	0	4,75	
Produktion av sojamjöl (1) (Flysjö m.fl., 2008)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transport av sojamjöl (2)	1116	1,14	0,67	0,03	10,45	0,29	0	0	0	0	0,11	0
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	2,2	0,005	0,0008	0,014	0,004	0,004	0,00006	0,00020	0	0	0,0007	0
Produktion av korn (4)	101697	58,63	63,76	54,48	477,16	168,14	179,63	431,94	2,81	0,0045	19,90	1939,10
Transport av korn (5)	6201	6,31	3,74	0,16	58,07	1,59	0	0	0	0	0,59	0
Transport av korn, maskininsats (svensk el) (6)	12	0,028	0,0045	0,077	0,024	0,020	0,00034	0,00111	0	0	0,0039	0
Summa: System-expansion, grisar, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summa: System-expansion, grisar, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summa: System-expansion, grisar, drank (blöt: eDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) + (w1) + (w2) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summa: System-expansion, grisar, drank (blöt: eDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Allokering grisar, (sojamjöl, korn) (Jungk m.fl., 2000)												
Summa: odling, produktion och transport (0)	942615	2252,61	657,50	647,42	7350,82	1588,83	1597,17	4031,62	105,95	0,040	340,40	9607,44
Subtraktion av torkning av drank och transport av torkad drank (eDDGS) (w1)	-39699	-595,59	-55,60	-55,67	-1250,38	-66,19	-0,23	-46,76	-26,65	0	-58,20	
Addition av transport av blöt drank (eDGS) (23 % ts) (w2)	49673	51,03	29,50	2,70	464,73	13,03	0,0063	0,020	0	0	4,75	
Produktion av sojamjöl (1) (Jungk m.fl., 2000)	127615	317,25	68,61	312,15	1146,29	1112,41	49,40	49,63	7,92	0	89,03	2701,93
Transport av sojamjöl (2)	3175	3,23	1,91	0,08	29,73	0,81	0	0	0	0	0,30	
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	6,3	0,014	0,0023	0,039	0,012	0,010	0,00018	0,00057	0	0	0,0020	
Produktion av korn (4)	67053	38,66	42,04	35,92	314,61	110,86	118,43	284,79	1,85	0,0030	13,12	1278,52
Transport av korn (5)	4088	4,16	2,46	0,11	38,29	1,05	0	0	0	0	0,39	

Emissioner av substans/ Produktionsfaktorer ^a	CO ₂ (g/ha)	CO (g/ha)	HC (g/ha)	CH ₄ (g/ha)	NO _x (g/ha)	SO _x (g/ha)	NH ₃ (g/ha)	N ₂ O (g/ha)	HCl (g/ha)	PAH (g/ha)	Partiklar (g/ha)	Näring till vatten (g PO ₄ ³⁻ /ha)
Transport av korn, maskininsats (svensk el) (6)	8	0,019	0,0030	0,051	0,015	0,013	0,00023	0,00073	0	0	0,0026	
Summa: System-expansion, grisar, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	740670	1889,28	542,47	299,06	5821,87	363,68	1429,34	3697,20	96,18	0,037	237,56	5626,99
Summa: System-expansion, grisar, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	13,99	0,0357	0,0102	0,0056	0,1100	0,007	0,027	0,070	0,00182	0,0000007	0,00449	0,10628
Summa: System-expansion, grisar, drank (blöt: eDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) + (w1) + (w2) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	750644	1344,71	516,37	246,10	5036,23	310,52	1429,12	3650,45	69,53	0,037	184,11	5626,99
Summa: System-expansion, grisar, drank (blöt: eDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	14,18	0,0254	0,0098	0,0046	0,0951	0,006	0,027	0,069	0,00131	0,0000007	0,00348	0,10628
Allokering grisar, -50 % lysin, (sojamjöl, korn) (Jungk m.fl., 2000)	942615	2252,61	657,50	647,42	7350,82	1588,83	1597,17	4031,62	105,95	0,040	340,40	9607,44
Summa: odling, produktion och transport (0)												
Subtraktion av torkning av drank och transport av torkad drank (eDDGS) (w1)	-39699	-595,59	-55,60	-55,67	-1250,38	-66,19	-0,23	-46,76	-26,65	0	-58,20	
Addition av transport av blöt drank (eDGS) (23 % ts) (w2)	49673	51,03	29,50	2,70	464,73	13,03	0,0063	0,020	0	0	4,75	
Produktion av sojamjöl (1) (Jungk m.fl., 2000)	44845	111,49	24,11	109,69	402,82	390,91	17,36	17,44	2,78	0	31,29	949,48
Transport av sojamjöl (2)	1116	1,14	0,67	0,03	10,45	0,29	0	0	0	0	0,11	0
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	2,2	0,005	0,0008	0,014	0,004	0,004	0,00006	0,00020	0	0	0,0007	0
Produktion av korn (4)	101697	58,63	63,76	54,48	477,16	168,14	179,63	431,94	2,81	0,0045	19,90	1939,10
Transport av korn (5)	6201	6,31	3,74	0,16	58,07	1,59	0	0	0	0	0,59	0
Transport av korn, maskininsats (svensk el) (6)	12	0,028	0,0045	0,077	0,024	0,020	0,00034	0,00111	0	0	0,0039	0
Summa: System-expansion, grisar, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	788741	2075,02	565,21	482,96	6402,30	1027,88	1400,19	3582,24	100,36	0,036	288,51	6718,86
Summa: System-expansion, grisar, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	14,90	0,0392	0,0107	0,0091	0,1209	0,019	0,026	0,068	0,00190	0,0000007	0,00545	0,12690
Summa: System-expansion, grisar, drank (blöt: eDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) + (w1) + (w2) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	798716	1530,45	539,11	429,99	5616,65	974,72	1399,97	3535,50	73,71	0,036	235,06	6718,86
Summa: System-expansion, grisar, drank (blöt: eDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	15,09	0,0289	0,0102	0,0081	0,1061	0,018	0,026	0,067	0,00139	0,0000007	0,00444	0,12690
Allokering fjäderfä, -50 % lysin, (sojamjöl, korn) (Flysjö m.fl., 2008)	942615	2252,61	657,50	647,42	7350,82	1588,83	1597,17	4031,62	105,95	0,040	340,40	9607,44
Summa: odling, produktion och transport (0)												
Produktion av sojamjöl (1) (Flysjö m.fl., 2008)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transport av sojamjöl (2)	1021	1,04	0,62	0,027	9,56	0,26	0	0	0	0	0,10	

Emissioner av substans/ Produktionsfaktorer ^a	CO ₂ (g/ha)	CO (g/ha)	HC (g/ha)	CH ₄ (g/ha)	NO _x (g/ha)	SO _x (g/ha)	NH ₃ (g/ha)	N ₂ O (g/ha)	HCl (g/ha)	PAH (g/ha)	Partiklar (g/ha)	Näring till vatten (g PO ₄ ³⁻ /ha)
Transport av sojämjöl, maskininsats (svensk el) (3)	2,0	0,005	0,0007	0,013	0,004	0,003	0,00006	0,00018	0	0	0,0006	
Produktion av korn (4)	115417	66,54	72,36	61,83	541,53	190,82	203,86	490,21	3,19	0,0051	22,59	2200,69
Transport av korn (5)	7037	7,16	4,24	0,19	65,91	1,80	0	0	0	0	0,66	
Transport av korn, maskininsats (svensk el) (6)	14	0,032	0,0052	0,087	0,027	0,023	0,00039	0,0013	0	0	0,0044	
Summa: System-expansion, fjäderfä, drank (eDDGS) ersätter sojämjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summa: System-expansion, fjäderfä, drank (eDDGS) ersätter sojämjöl och korn (g/MJ _{etanol})	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Allokering fjäderfä, -20 % metionin, (sojämjöl, korn) (Flysjö m.fl., 2008)												
Summa: odling, produktion och transport (0)	942615	2252,61	657,50	647,42	7350,82	1588,83	1597,17	4031,62	105,95	0,040	340,40	9607,44
Produktion av sojämjöl (1) (Flysjö m.fl., 2008)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transport av sojämjöl (2)	7631	7,77	4,60	0,201	71,47	1,95	0	0	0	0	0,72	0
Transport av sojämjöl, maskininsats (svensk el) (3)	15,1	0,035	0,0056	0,094	0,029	0,025	0,00042	0,00137	0	0	0,0048	0
Produktion av korn (4)	30837	17,78	19,33	16,52	144,69	50,98	54,47	130,97	0,85	0,0014	6,04	587,98
Transport av korn (5)	1880	1,91	1,13	0,05	17,61	0,48	0	0	0	0	0,18	0
Transport av korn, maskininsats (svensk el) (6)	4	0,009	0,0014	0,023	0,007	0,006	0,00010	0,0003	0	0	0,0012	0
Summa: System-expansion, fjäderfä, drank (eDDGS) ersätter sojämjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summa: System-expansion, fjäderfä, drank (eDDGS) ersätter sojämjöl och korn (g/MJ _{etanol})	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Allokering fjäderfä, -50 % lysin, (sojämjöl, korn) (Jungk m.fl., 2000)												
Summa: odling, produktion och transport (0)	942615	2252,61	657,50	647,42	7350,82	1588,83	1597,17	4031,62	105,95	0,040	340,40	9607,44
Produktion av sojämjöl (1) (Jungk m.fl., 2000)	41029	102,00	22,06	100,36	368,54	357,64	15,88	15,96	2,55	0	28,62	868,69
Transport av sojämjöl (2)	1021	1,04	0,62	0,027	9,56	0,26	0	0	0	0	0,10	
Transport av sojämjöl, maskininsats (svensk el) (3)	2,0	0,005	0,0007	0,013	0,004	0,003	0,00006	0,00018	0	0	0,0006	
Produktion av korn (4)	115417	66,54	72,36	61,83	541,53	190,82	203,86	490,21	3,19	0,0051	22,59	2200,69
Transport av korn (5)	7037	7,16	4,24	0,19	65,91	1,80	0	0	0	0	0,66	
Transport av korn, maskininsats (svensk el) (6)	14	0,032	0,0052	0,087	0,027	0,023	0,00039	0,0013	0	0	0,0044	
Summa: System-expansion, fjäderfä, drank (eDDGS) ersätter sojämjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	778095	2075,84	558,22	484,91	6365,26	1038,27	1377,43	3525,45	100,22	0,035	288,42	6538,07
Summa: System-expansion, fjäderfä, drank (eDDGS) ersätter sojämjöl och korn (g/MJ _{etanol})	14,70	0,0392	0,0105	0,0092	0,1202	0,020	0,026	0,067	0,00189	0,0000007	0,00545	0,12349
Allokering fjäderfä, -20 % metionin, (soja-												

Emissioner av substans/ Produktionsfaktorer ^a	CO ₂ (g/ha)	CO (g/ha)	HC (g/ha)	CH ₄ (g/ha)	NO _x (g/ha)	SO _x (g/ha)	NH ₃ (g/ha)	N ₂ O (g/ha)	HCl (g/ha)	PAH (g/ha)	Partiklar (g/ha)	Näring till vatten (g PO ₄ ³⁻ /ha)
<hr/>												
mjöl, korn) (Jungk m.fl., 2000)												
Summa: odling, produktion och transport (0)	942615	2252,61	657,50	647,42	7350,82	1588,83	1597,17	4031,62	105,95	0,040	340,40	9607,44
Produktion av sojamjöl (1) (Jungk m.fl., 2000)	306718	762,51	164,89	750,24	2755,08	2673,64	118,74	119,28	19,04	0	213,98	6494,03
Transport av sojamjöl (2)	7631	7,77	4,60	0,201	71,47	1,95	0	0	0	0	0,72	0
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	15,1	0,035	0,0056	0,094	0,029	0,025	0,00042	0,00137	0	0	0,0048	0
Produktion av korn (4)	30837	17,78	19,33	16,52	144,69	50,98	54,47	130,97	0,85	0,0014	6,04	587,98
Transport av korn (5)	1880	1,91	1,13	0,05	17,61	0,48	0	0	0	0	0,18	0
Transport av korn, maskininsats (svensk el) (6)	4	0,009	0,0014	0,023	0,007	0,006	0,00010	0,0003	0	0	0,0012	0
Summa: System-expansion, fjäderfä, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	595529	1462,60	467,53	-119,71	4361,95	-1138,26	1423,97	3781,36	86,06	0,039	119,48	2525,44
Summa: System-expansion, fjäderfä, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	11,25	0,0276	0,0088	-0,0023	0,0824	-0,021	0,027	0,071	0,00163	0,0000007	0,00226	0,04770
<hr/>												
Allokering hästar, (sojamjöl, korn) (Flysjö m.fl., 2008)												
Summa: odling, produktion och transport (0)	942615	2252,61	657,50	647,42	7350,82	1588,83	1597,17	4031,62	105,95	0,040	340,40	9607,44
Produktion av sojamjöl (1) (Flysjö m.fl., 2008)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Transport av sojamjöl (2)	9078	9,24	5,47	0,24	85,02	2,32	0	0	0	0	0,86	-
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	18	0,041	0,0067	0,112	0,034	0,030	0,00050	0,0016	0	0	0,0057	-
Produktion av korn (4)	24829	14,31	15,57	13,30	116,50	41,05	43,85	105,45	0,69	0,0011	4,86	473,42
Transport av korn (5)	1514	1,54	0,91	0,040	14,18	0,39	0	0	0	0	0,14	-
Transport av korn, maskininsats (svensk el) (6)	3,0	0,0069	0,0011	0,019	0,0057	0,0050	0,00008	0,0003	0	0	0,0010	-
Summa: System-expansion, hästar, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Summa: System-expansion, hästar, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<hr/>												
Allokering hästar, (sojamjöl, korn) (Jungk m.fl., 2000)												
Summa: odling, produktion och transport (0)	942615	2252,61	657,50	647,42	7350,82	1588,83	1597,17	4031,62	105,95	0,040	340,40	9607,44
Produktion av sojamjöl (1) (Jungk m.fl., 2000)	364869	907,07	196,15	892,48	3277,42	3180,53	141,25	141,89	22,65	0	254,54	7725,23
Transport av sojamjöl (2)	9078	9,24	5,47	0,24	85,02	2,32	0	0	0	0	0,86	-
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	18	0,041	0,0067	0,11	0,034	0,030	0,00050	0,0016	0	0	0,0057	-
Produktion av korn (4)	24829	14,31	15,57	13,30	116,50	41,05	43,85	105,45	0,69	0,0011	4,86	473,42
Transport av korn (5)	1514	1,54	0,91	0,040	14,18	0,39	0	0	0	0	0,14	-
Transport av korn, maskininsats (svensk el) (6)	3,0	0,0069	0,0011	0,019	0,0057	0,0050	0,00008	0,00027	0	0	0,0010	-
Summa: System-expansion, hästar, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	542304	1320,40	439,39	-258,77	3857,68	-1635,50	1412,07	3784,27	82,62	0,039	79,99	1408,80

Emissioner av substans/ Produktionsfaktorer ^a	CO ₂ (g/ha)	CO (g/ha)	HC (g/ha)	CH ₄ (g/ha)	NO _x (g/ha)	SO _x (g/ha)	NH ₃ (g/ha)	N ₂ O (g/ha)	HCl (g/ha)	PAH (g/ha)	Partiklar (g/ha)	Näring till vatten (g PO ₄ ³⁻ /ha)
Summa: System-expansion, hästar, drank (eDDGS) ersätter sojajmjöl och korn (g/MJ _{etanol})	10,24	0,0249	0,0083	-0,0049	0,0729	-0,031	0,027	0,071	0,00156	0,00000074	0,00151	0,02661
Allokering skogsflis (trä) (effektiva värmevärdet)												
Summa: odling, produktion och transport (0)	942615	2252,61	657,50	647,42	7350,82	1588,83	1597,17	4031,62	105,95	0,040	340,40	9607,44
Förbränning av drank (eDDGS) (1)	0	8222,05	548,14	137,03	4275,47	1096,27	68,52	137,03	0	0	0	
Produktion av skogsflis (trä) (2) (Uppenberg m.fl., 2001)	82221	411,10	117,85	0,00	1288,12	74,00	0	0	0	0	106,89	0,041
Förbränning av skogsflis (3) (Uppenberg m.fl., 2001)	0	8222,05	548,14	137,03	1425,16	1096,27	68,52	137,03	0	0	0	
Transport av skogsflis (trä) (4)	16510	16,80	9,95	0,43	154,62	4,23	0	0	0	0	1,56	
Transport av skogsflis (trä), maskininsats (svensk el) (5)	33	0,075	0,012	0,20	0,063	0,054	0,00092	0,0030	0	0	0,010	
Summa: System-expansion, drank ersätter skogsflis (trä) [(0) + (1) - [(2) + (3) + (4) + (5)]]	843852	1824,63	529,69	646,78	8758,33	1510,55	1597,17	4031,62	105,95	0,040	231,94	9607,40
Summa: System-expansion, drank ersätter skogsflis (trä) (g/MJ _{etanol})	15,94	0,0345	0,0100	0,0122	0,1654	0,0285	0,030	0,076	0,00200	0,00000076	0,00438	0,18146
Allokering skogsflis (trä) (effektiva värmevärdet), blöt drank (eDGS), rökaskondensering												
Summa: odling, produktion och transport (0)	942615	2252,61	657,50	647,42	7350,82	1588,83	1597,17	4031,62	105,95	0,040	340,40	9607,44
Subtraktion av torkning av drank och transport av torkad drank (eDDGS) (w1)	-39699	-595,59	-55,60	-55,67	-1250,38	-66,19	-0,23	-46,76	-26,65	0	-58,20	
Addition av transport av blöt drank (eDGS) (23 % ts) (w2)	49673	51,03	29,50	2,70	464,73	13,03	0,0063	0,020	0	0	4,75	
Förbränning av drank (eDGS) (3)	0	7958,00	530,53	132,63	4138,16	1061,07	66,32	132,63	0	0	0	
Produktion av skogsflis (trä) (4) (Uppenberg m.fl., 2001)	79580	397,90	114,06	0	1246,75	71,62	0	0	0	0	103,45	0,039
Förbränning av skogsflis (5) (50 % ts) (Uppenberg m.fl., 2001)	0	7958,00	530,53	132,63	1379,39	1061,07	66,32	132,63	0	0	0	
Transport av skogsflis (trä) (50 % ts) (6)	22372	22,77	13,48	0,59	209,52	5,73	0	0	0	0	2,11	
Transport av skogsflis (trä) (50 % ts), maskininsats (svensk el) (7)	44	0,10	0,016	0,28	0,085	0,074	0,0012	0,0040	0	0	0,014	
Summa: System-expansion, drank ersätter skogsflis (trä) (50 % ts) [(0) + (1) + (2) + (3) - [(4) + (5) + (6) + (7)]]	850593	1287,28	503,83	593,58	7867,60	1458,24	1596,95	3984,87	79,30	0,040	181,37	9607,40
Summa: System-expansion, drank ersätter skogsflis (trä) (50 % ts) (g/MJ _{etanol})	18,15	0,027	0,011	0,013	0,168	0,031	0,034	0,085	0,0017	0,00000086	0,0039	0,2051
Allokering gödselmedel (NPK)												
Summa: odling, produktion och transport (0)	942615	2252,61	657,50	647,42	7350,82	1588,83	1597,17	4031,62	105,95	0,040	340,40	9607,44
Produktion av gödselmedel (1) (Börjesson m.fl., 2010; Jenssen & Kongsberg, 2003)	285289	128,53	100,08	375,56	955,03	1195,34	0	795,85	0	0	269,74	
Transport av gödselmedel (2)	2628	2,68	1,58	0,069	24,62	0,67	0	0	0	0	0,25	
Transport av gödselmedel, maskininsats (svensk el) (3)	5,2	0,012	0,0019	0,033	0,010	0,0086	0,00015	0,00047	0	0	0,0017	
Summa: System-expansion, drank ersätter gödselmedel [(0) - [(1) + (2) + (3)]]	654692	2121,40	555,83	271,75	6371,17	392,81	1597,17	3235,76	105,95	0,040	70,41	9607,44

Emissioner av substans/ Produktionsfaktorer ^a	CO ₂ (g/ha)	CO (g/ha)	HC (g/ha)	CH ₄ (g/ha)	NO _x (g/ha)	SO _x (g/ha)	NH ₃ (g/ha)	N ₂ O (g/ha)	HCl (g/ha)	PAH (g/ha)	Partiklar (g/ha)	Näring till vatten (g PO ₄ ³⁻ /ha)
Summa: System-expansion, drank ersätter gödselmedel (g/MJ _{etanol})	12,37	0,0401	0,0105	0,0051	0,1203	0,0074	0,030	0,061	0,00200	0,00000076	0,00133	0,18146
Allokering gödselmedel (NPK), blöt drank (eDGS)												
Summa: odling, produktion och transport (0)	942615	2252,61	657,50	647,42	7350,82	1588,83	1597,17	4031,62	105,95	0,040	340,40	9607,44
Subtraktion av torkning av drank och transport av torkad drank (eDDGS) (1)	-39699	-595,59	-55,60	-55,67	-1250,38	-66,19	-0,23	-46,76	-26,65	0	-58,20	
Addition av transport av blöt drank (eDGS) (23 % ts) (2)	49673	51,03	29,50	2,70	464,73	13,03	0,0063	0,020	0	0	4,75	
Spridning av blöt drank (eDGS) (3) (antas vara som för spridning av rötrest (Börjesson & Berglund, 2006))	9741	9,74	3,04	0,057	85,95	1,72	0	0	0	0	1,32	
Produktion av gödselmedel (4) (Börjesson m.fl., 2010; Jenssen & Kongshaug, 2003)	285289	128,53	100,08	375,56	955,03	1195,34	0	795,85	0	0	269,74	
Transport av gödselmedel (5)	2628	2,68	1,58	0,069	24,62	0,67	0	0	0	0	0,25	
Transport av gödselmedel, maskininsats (svensk el) (6)	5,2	0,012	0,0019	0,033	0,010	0,0086	0,00015	0,00047	0	0	0,0017	
Spridning av gödselmedel (7)	2576	3,97	2,13	0,547	30,56	0,77	0,0022	0,0070	0	0	0,42	
Summa: System-expansion, drank (blöt) ersätter gödselmedel [(0) + (1) + (2) + (3) - [(4) + (5) + (6) + (7)]]	671831	1582,61	530,64	218,29	5640,92	340,60	1596,95	3189,02	79,30	0,040	17,86	9607,44
Summa: System-expansion, drank (blöt) ersätter gödselmedel (g/MJ _{etanol})	14,34	0,0338	0,0113	0,0047	0,1204	0,0073	0,034	0,068	0,00169	0,00000086	0,00038	0,20505
Allokering biogas (80 %, Spöndly, 2003; Hagelberg m.fl., 1988)												
Summa: odling, produktion och transport (0)	942615	2252,61	657,50	647,42	7350,82	1588,83	1597,17	4031,62	105,95	0,040	340,40	9607,44
Subtraktion av torkning av drank och transport av torkad drank (eDDGS) (1)	-39699	-595,59	-55,60	-55,67	-1250,38	-66,19	-0,23	-46,76	-26,65	0	-58,20	
Addition av transport av blöt drank (eDGS) (23 % ts) (2)	49673	51,03	29,50	2,70	464,73	13,03	0,0063	0,020	0	0	4,75	
Produktion av biogas från drank (blöt: eDGS) (3) (antas ha samma data per ton råmaterial och rötrest som storskalig vallproduktion + rötresttransport + rötrestspridning)	105658	29,75	28,07	18,60	535,74	16,15	0	0	0	0	11,57	
Odling av och produktion av biogas från vall (4:1 storskala) (Börjesson & Berglund, 2006)	359838	210,22	159,88	93,57	2655,96	279,99	0	0	0	0	86,29	543,37
Odling av och produktion av biogas från vall (4:2 gårdsskala) (Börjesson & Berglund, 2006)	338553	282,32	169,13	94,21	2676,75	285,36	0	0	0	0	89,73	543,37
Komprimering och rening av biogas (svensk el) (5)	7193	16,51	2,66	44,95	13,76	11,92	0,20	0,65	0	0	2,29	
Transport av biogas (6)	8059	8,20	4,86	0,21	75,47	2,06	0	0	0	0	0,76	
Transport av biogas, maskininsats (svensk el) (7)	16	0,037	0,0059	0,100	0,031	0,026	0,00045	0,0014	0	0	0,0051	
Produktion av gödselmedel (från eDGS) (8) (Börjesson m.fl., 2010; Jenssen & Kongshaug, 2003)	285289	128,53	100,08	375,56	955,03	1195,34	0	795,85	0	0	269,74	
Transport av gödselmedel (från eDGS) (9)	2628	2,68	1,58	0,069	24,62	0,67	0	0	0	0	0,25	

Emissioner av substans/ Produktionsfaktorer ^a	CO ₂ (g/ha)	CO (g/ha)	HC (g/ha)	CH ₄ (g/ha)	NO _x (g/ha)	SO _x (g/ha)	NH ₃ (g/ha)	N ₂ O (g/ha)	HCl (g/ha)	PAH (g/ha)	Partiklar (g/ha)	Näring till vatten (g PO ₄ ³⁻ /ha)
Transport av gödselmedel, maskininsats (svensk el) (från eDGS) (10)	5,2	0,012	0,0019	0,033	0,010	0,0086	0,00015	0,00047	0	0	0,0017	
Produktion av gödselmedel (från vall) (11) (Börjesson m.fl., 2010; Jenssen & Kongshaug, 2003)	114048	55,84	43,46	154,89	391,81	513,06	0	306,37	0	0	115,47	
Transport av gödselmedel (vall) (12)	1015	1,03	0,61	0,027	9,51	0,26	0	0	0	0	0,096	
Transport av gödselmedel (vall), maskininsats (svensk el) (13)	2,0	0,0046	0,00074	0,013	0,0038	0,0033	0,000056	0,00018	0	0	0,00064	
Produktion av gödselmedel (differens gödselmedel) (14) (Börjesson m.fl., 2010; Jenssen & Kongshaug, 2003)	171241	72,69	56,62	220,67	563,22	682,28	0	489,48	0	0	154,27	
Transport av gödselmedel (differens gödselmedel) (15)	1613	1,64	0,97	0,042	15,11	0,41	0	0	0	0	0,15	
Transport av gödselmedel (differens gödselmedel), maskininsats (svensk el) (16)	3,2	0,0073	0,0012	0,020	0,0061	0,0053	0,000090	0,00029	0	0	0,0010	
Användning av producerad biogas i lätta fordon (17)	0	611,53	314,50	7827,59	489,22	0	0	0	0	0	33,20	
Produktion och användning av bensin, ersatt av biogas från drank (18)	1385554	3179,96	1205,59	157,25	1188,12	527,66	0	349,45	0	0	78,63	
Transport av bensin, ersatt av biogas från drank (eDGS) (19)	3507	3,58	2,09	0,09	32,93	0,90	0	0	0	0	0,33	
Transport av bensin, ersatt av biogas från drank (eDGS), maskininsats (svensk el) (20)	16	0,036	0,0059	0,099	0,030	0,026	0,00045	0,0014	0	0	0,0051	
Summa: System-expansion, biogas från drank ersätter storskalig biogas från vall [(0) + (1) + (2) + (3) - [(4:1) + (14) + (15) + (16)]]	525551	1453,24	441,99	298,75	3866,62	589,13	1596,95	3495,39	79,30	0,040	57,82	9064,07
Summa: System-expansion, biogas från drank ersätter storskalig biogas från vall (g/MJ _{etanol})	9,93	0,0274	0,0083	0,0056	0,0730	0,011	0,030	0,066	0,00150	0,00000076	0,00109	0,17120
Summa: System-expansion, biogas från drank ersätter småskalig biogas (gårdsskala) från vall [(0) + (1) + (2) + (3) - [(4:2) + (14) + (15) + (16)]]	546836	1381,15	432,75	298,10	3845,84	583,76	1596,95	3495,39	79,30	0,040	54,38	9064,07
Summa: System-expansion, biogas från drank ersätter småskalig biogas (gårdsskala) från vall (g/MJ _{etanol})	10,33	0,0261	0,0082	0,0056	0,0726	0,011	0,030	0,066	0,00150	0,00000076	0,00103	0,17120
Summa: System-expansion, biogas från drank ersätter bensin [(0) + (1) + (2) + (3) + (5) + (6) + (7) + (17) - [(18) + (19) + (20) + (8) + (9) + (10)]]	-603485	-940,71	-327,86	7952,80	5478,68	-158,78	1597,15	2840,23	79,30	0,040	-14,17	9607,44
Summa: System-expansion, biogas från drank ersätter bensin (g/MJ _{etanol})	-11,40	-0,0178	-0,0062	0,1502	0,1035	-0,003	0,030	0,054	0,00150	0,00000076	-0,00027	0,18146
Allokering biogas (60 %, Spöndly, 2003; Hagelberg m.fl., 1988)												
Summa: odling, produktion och transport (0)	942615	2252,61	657,50	647,42	7350,82	1588,83	1597,17	4031,62	105,95	0,040	340,40	9607,44
Subtraktion av torkning av drank och transport av torkad drank (eDDGS)	-39699	-595,59	-55,60	-55,67	-1250,38	-66,19	-0,23	-46,76	-26,65	0	-58,20	

Emissioner av substans/ Produktionsfaktorer ^a	CO ₂ (g/ha)	CO (g/ha)	HC (g/ha)	CH ₄ (g/ha)	NO _x (g/ha)	SO _x (g/ha)	NH ₃ (g/ha)	N ₂ O (g/ha)	HCl (g/ha)	PAH (g/ha)	Partiklar (g/ha)	Näring till vatten (g PO ₄ ³⁻ /ha)
(1)												
Addition av transport av blöt drank (eDGS) (23 % ts) (2)	49673	51,03	29,50	2,70	464,73	13,03	0,0063	0,020	0	0	4,75	
Produktion av biogas från drank (blöt: eDGS) (3) (antas ha samma data per ton råmaterial och rötrest som storskalig vallproduktion + rötresttransport + rötrestspridning)	105658	29,75	28,07	18,60	535,74	16,15	0	0	0	0	11,57	
Odling av och produktion av biogas från vall (4:1 storskala) (Börjesson & Berglund, 2006)	269878	157,66	119,91	70,18	1991,97	209,99	0	0	0	0	64,71	407,53
Odling av och produktion av biogas från vall (4:2 gårdsskala) (Börjesson & Berglund, 2006)	253915	211,74	126,84	70,66	2007,56	214,02	0	0	0	0	67,29	407,53
Komprimering och rening av biogas (svensk el) (5)	5395	12,38	2,00	33,71	10,32	8,94	0,15	0,49	0	0	1,72	
Transport av biogas (6)	6044	6,15	3,64	0,16	56,61	1,55	0	0	0	0	0,57	
Transport av biogas, maskininsats (svensk el) (7)	12	0,027	0,0044	0,075	0,023	0,020	0,00034	0,0011	0	0	0,0038	
Produktion av gödselmedel (från eDGS) (8) (Börjesson m.fl., 2010; Jenssen & Kongshaug, 2003)	285289	128,53	100,08	375,56	955,03	1195,34	0	795,85	0	0	269,74	
Transport av gödselmedel (från eDGS) (9)	2628	2,68	1,58	0,069	24,62	0,67	0	0	0	0	0,25	
Transport av gödselmedel, maskininsats (svensk el) (från eDGS) (10)	5,2	0,012	0,0019	0,033	0,010	0,0086	0,00015	0,00047	0	0	0,0017	
Produktion av gödselmedel (från vall) (11) (Börjesson m.fl., 2010; Jenssen & Kongshaug, 2003)	85536	41,88	32,60	116,17	293,86	384,79	0	229,78	0	0	86,60	
Transport av gödselmedel (vall) (12)	761	0,77	0,46	0,020	7,13	0,19	0	0	0	0	0,072	
Transport av gödselmedel (vall), maskininsats (svensk el) (13)	1,5	0,0035	0,00056	0,009	0,0029	0,0025	0,000042	0,00014	0	0	0,00048	
Produktion av gödselmedel (differens gödselmedel) (14) (Börjesson m.fl., 2010; Jenssen & Kongshaug, 2003)	199753	86,65	67,49	259,39	661,17	810,54	0	566,08	0	0	183,13	
Transport av gödselmedel (differens gödselmedel) (15)	1867	1,90	1,13	0,049	17,49	0,48	0	0	0	0	0,18	
Transport av gödselmedel (differens gödselmedel), maskininsats (svensk el) (16)	3,7	0,0085	0,0014	0,023	0,0071	0,0061	0,000104	0,00034	0	0	0,0012	
Användning av producerad biogas i lätta fordon (17)	0	458,65	235,88	5870,70	366,92	0	0	0	0	0	24,90	
Produktion och användning av bensin, ersatt av biogas från drank (18)	1039166	2384,97	904,19	117,94	891,09	395,75	0	262,08	0	0	58,97	
Transport av bensin, ersatt av biogas från drank (eDGS) (19)	2630	2,69	1,56	0,07	24,69	0,67	0	0	0	0	0,25	
Transport av bensin, ersatt av biogas från drank (eDGS), maskininsats (svensk el) (20)	12	0,027	0,0044	0,074	0,023	0,020	0,00033	0,0011	0	0	0,0038	
Summa: System-expansion, biogas från drank ersätter storskalig biogas från vall [(0) + (1) + (2) + (3) - [(4:1) + (14) + (15) + (16)]]	586744	1491,58	470,94	283,41	4430,28	530,80	1596,95	3418,80	79,30	0,040	50,50	9199,92

Emissioner av substans/ Produktionsfaktorer ^a	CO ₂ (g/ha)	CO (g/ha)	HC (g/ha)	CH ₄ (g/ha)	NO _x (g/ha)	SO _x (g/ha)	NH ₃ (g/ha)	N ₂ O (g/ha)	HCl (g/ha)	PAH (g/ha)	Partiklar (g/ha)	Näring till vatten (g PO ₄ ³⁻ /ha)
Summa: System-expansion, biogas från drank ersätter storskalig biogas från vall (g/MJ _{etanol})	11,08	0,0282	0,0089	0,0054	0,0837	0,010	0,030	0,065	0,00150	0,00000076	0,00095	0,17376
Summa: System-expansion, biogas från drank ersätter småskalig biogas (gårdsskala) från vall [(0) + (1) + (2) + (3) - [(4:2) + (14) + (15) + (16)]]	602708	1437,51	464,01	282,92	4414,69	526,77	1596,95	3418,80	79,30	0,040	47,92	9199,92
Summa: System-expansion, biogas från drank ersätter småskalig biogas (gårdsskala) från vall (g/MJ _{etanol})	11,38	0,0272	0,0088	0,0053	0,0834	0,010	0,030	0,065	0,00150	0,00000076	0,00091	0,17376
Summa: System-expansion, biogas från drank ersätter bensin [(0) + (1) + (2) + (3) + (5) + (6) + (7) + (17) - [(18) + (19) + (20) + (8) + (9) + (10)]]	-260032	-303,89	-106,45	6023,94	5639,32	-30,13	1597,10	2927,43	79,30	0,040	-3,49	9607,44
Summa: System-expansion, biogas från drank ersätter bensin (g/MJ _{etanol})	-4,91	-0,0057	-0,0020	0,1138	0,1065	-0,001	0,030	0,055	0,00150	0,00000076	-0,00007	0,18146

Tabell B9:6. Miljöpåverkanskategorier vid produktion av etanol då 13 % mer etanol utvinns från spannmålets cellulosa och hemicellulosa (sekundärdrink: eDDGS/eDGS)

Miljöpåverkanskategori/ Produktionsfaktorer ^a	Insatt energi (MJ/ha)	Insatt energi (%)	GWP (g CO ₂ -ekv/ha)	GWP (%)	AP (g SO ₂ -ekv/ha)	AP (%)	EP (g PO ₄ ³⁻ -ekv/ha)	EP (%)	POCP (g C ₂ H ₄ -ekv/ha)	POCP (%)	Transportvikt (massa) (kg)
Odling av höstvet	12420,92	27,06	1930426	89,56	6543,10	66,56	10566,99	95,08	203,36	56,86	
El, storskalig etanoljäsning (svensk el)	2698,10	5,88	12767	0,59	33,13	0,337	2,79	0,025	3,08	0,861	
Ånga (värme), storskalig etanoljäsning	2486,85	5,42	11579	0,54	263,38	2,68	44,55	0,40	12,50	3,50	
El, storskalig etanoldestillering (svensk el)	1613,10	3,51	7633	0,35	19,81	0,201	1,67	0,015	1,84	0,515	
Ånga (värme), storskalig etanoldestillering	14605,33	31,81	68002	3,15	1546,82	15,74	261,61	2,35	73,42	20,53	
El, torkning av drank (svensk el)	2006,80	4,37	9496	0,44	24,64	0,25	2,08	0,019	2,29	0,64	
Ånga (värme), torkning av drank	8398,23	18,29	39102	1,81	889,44	9,05	150,43	1,35	42,22	11,80	
Maskininsats, etanolproduktion (svensk el)	97,77	0,21	463	0,021	1,20	0,0122	0,101	0,0009	0,11	0,0312	
Byggmaterial (svensk el)	29,44	0,064	139	0,0065	0,36	0,0037	0,030	0,00027	0,034	0,0094	
Hantering av avfallsvatten (svensk el)	458,09	1,00	2168	0,101	5,62	0,057	0,47	0,0043	0,52	0,146	
Produktion av kemikalier för etanolproduktion	130,88	0,29	8093	0,38	56,47	0,57	3,46	0,031	0,21	0,0593	
Transport av kemikalier för etanolproduktion	4,63	0,010	335	0,016	2,28	0,0232	0,40	0,0036	0,093	0,0260	
Transport av kemikalier för etanolproduktion, maskininsats (svensk el)	0,38	0,0008	1,8	0,000082	0,0046	0,000047	0,00039	0,0000035	0,00043	0,000120	
Transport av vete till etanolproduktion	558,33	1,22	40396	1,87	275,74	2,80	48,98	0,44	11,18	3,13	
Transport av vete till etanolproduktion, maskininsats (svensk el)	37,31	0,08	177	0,0082	0,46	0,0047	0,039	0,00035	0,043	0,0119	
Transport av drank från etanolproduktion	102,14	0,22	7389	0,34	51,19	0,52	9,10	0,08	1,94	0,54	
Transport av drank från etanolproduktion, maskininsats (svensk el)	5,45	0,012	26	0,0012	0,067	0,00068	0,0056	0,00005	0,0062	0,00174	
Transport av producerad etanol	236,19	0,51	17089	0,79	116,39	1,18	20,67	0,19	4,76	1,33	
Transport av producerad etanol, maskininsats (svensk el)	19,15	0,042	91	0,0042	0,24	0,00239	0,020	0,00018	0,022	0,0061	1974,94 tank
Summa: odling, produktion och transport	45909,07	100	2155370	100	9830,33	100	11113,41	100	357,64	100	
Summa: Ingen allokering	45909,07	100	2155370	100	9830,33	100	11113,41	100	357,64	100	
Summa: Ingen allokering (g/MJ _{eDDGS})	1,675		78,64		0,359		0,4055		0,0130		
Summa: Ingen allokering (g/MJ _{etanol})	0,867		40,71		0,186		0,2099		0,0068		
Summa: Allokering energi (MJ _{eDDGS})	16966,90	36,96	740418	34,35	3414,94	34,74	3800,27	34,20	125,29	35,03	
Summa: Allokering energi (MJ _{etanol})	28942,17	63,04	1414952	65,65	6415,40	65,26	7313,14	65,80	232,34	64,97	
Summa: Allokering energi (g/MJ _{eDDGS})	0,619		27,02		0,125		0,1387		0,0046		
Summa: Allokering energi (g/MJ _{etanol})	0,547		26,73		0,121		0,1381		0,0044		
Summa: Allokering ekonomi (SEK _{eDDGS})	13295,88	28,96	351147	16,29	2021,67	20,57	1730,70	15,57	80,45	22,50	
Summa: Allokering ekonomi (SEK _{etanol})	32613,19	71,04	1804223	83,71	7808,66	79,43	9382,71	84,43	277,18	77,50	
Summa: Allokering ekonomi (g/MJ _{eDDGS})	0,485		12,81		0,074		0,0631		0,0029		
Summa: Allokering ekonomi (g/MJ _{etanol})	0,616		34,08		0,147		0,1772		0,0052		
Systemexpansion, drank ersätter sojamjöl och sojaolja (original)											
Summa odling, produktion och transport (0)	45909,07	100	2155370	100	9830,33	100	11113,41	100	357,64	100	
Produktion av sojamjöl med ekvivalent mängd sojaolja (1)	13453,60	29,30	777729	36,08	10438,92	106,19	14860,67	133,72	219,28	61,31	
Transport av sojamjöl med ekvivalent mängd sojaolja (2)	164,30	0,36	11888	0,55	80,76	0,82	14,34	0,13	3,34	0,93	1549,77

Miljöpåverkanskategori/ Produktionsfaktorer ^a	Insatt energi (MJ/ha)	Insatt energi (%)	GWP (g CO ₂ - ekv/ha)	GWP (%)	AP (g SO ₂ - ekv/ha)	AP (%)	EP (g PO ₄ ³⁻ - ekv/ha)	EP (%)	POCP (g C ₂ H ₄ - ekv/ha)	POCP (%)	Trans- portvikt (massa) (kg)
Transport av sojamjöl med ekvivalent mängd sojaolja, maskininsats (svensk el) (3)	5,84	0,013	27,61	0,00128	0,072	0,00073	0,0060	0,00005	0,0067	0,00186	
Summa: Systemexpansion [(0) - [(1) + (2) + (3)]]	32285,33	70,32	1365725	63,36	-689,42	-7,01	-3761,61	-33,85	135,00	37,75	
Summa: Systemexpansion (g/MJ _{etanol})	0,6098		25,80		-0,0130		-0,0710		0,00255		
Summa: odling, produktion och transport (0)	45909,07	100	2155370	100	9830,33	100	11113,41	100	357,64	100	
Körning på etanol (1)	0,00	0,00	32826	1,52	772,99	7,86	123,12	1,11	1101,25	307,92	
Produktion och användning av bensin (2)	5294,46	11,53	4542172	210,74	4119,09	41,90	465,10	4,19	1850,04	517,30	
Transport av bensin (3)	147,25	0,32	10654	0,49	72,56	0,74	12,89	0,12	2,96	0,83	
Transport av bensin, maskininsats (svensk el) (4)	11,94	0,026	56,50	0,00262	0,147	0,00149	0,0124	0,00011	0,0136	0,00381	
Summa: Systemexpansion etanol ersätter bensin [(0) + (1) - [(2) + (3) + (4)]]	40455,42	88,12	-2364687	-109,71	6411,52	65,22	10758,52	96,81	-394,14	-110,21	
Summa: Systemexpansion etanol ersätter bensin (g/MJ _{eDDGS})	1,4761		-86,28		0,2339		0,3925		-0,01438		
Allokering nötkreatur, (sojamjöl, korn) (Flysjö m.fl., 2008)											
Summa: odling, produktion och transport (0)	45909,07	100	2155370	100	9830,33	100	11113,41	100	357,64	100	
Subtraktion av torkning av drank och transport av torkad drank (eDDGS) (w1)	-10512,62	-22,90	-56012	-2,60	-965,33	-9,82	-161,61	-1,45	-46,46	-12,99	
Addition av transport av blöt drank (eDGS) (23 % ts) (w2)	740,80	1,61	49844	2,31	338,36	3,44	60,04	0,54	13,86	3,88	5729,81
Produktion av sojamjöl (1) (Flysjö m.fl., 2008)	14553,35	31,70	936817	43,46	7827,94	79,63	5296,35	47,66			
Transport av sojamjöl (2)	116,89	0,25	8457	0,39	57,46	0,58	10,21	0,09			1102,53
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	4,15	0,0090	20	0,00091	0,051	0,00052	0,0043	0,00004			
Produktion av korn (4)	478,29	1,04	66103	3,07	241,12	2,45	590,64	5,31			
Transport av korn (5)	24,60	0,05	1780	0,08	12,09	0,12	2,15	0,02			232,01
Transport av korn, ma- skininsats (svensk el) (6)	0,87	0,0019	4	0,00019	0,011	0,00011	0,0009	0,00001			
Summa: Systemexpansion, nötkreatur, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	30730,93	66,94	1142189	52,99	1691,67	17,21	5214,07	46,92			
Summa: Systemexpansion, nötkreatur, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	0,5804		21,57		0,0320		0,0985				
Summa: Systemexpansion, nötkreatur, drank (blöt: eDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) + (w1) + (w2) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	20959,11	45,65	1136021	52,71	1064,69	10,83	5112,49	46,00			
Summa: Systemexpansion, nötkreatur, drank (blöt: eDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	0,3959		21,46		0,0201		0,0966				
Allokering nötkreatur, (sojamjöl, korn) (Jungk m.fl., 2000)											
Summa: odling, produktion och transport (0)	45909,07	100	2155370	100	9830,33	100	11113,41	100	357,64	100	
Subtraktion av torkning av drank och transport av torkad drank (eDDGS) (w1)	-10512,62	-22,90	-56012	-2,60	-965,33	-9,82	-161,61	-1,45	-46,46	-12,99	
Addition av transport av blöt drank (eDGS) (23 % ts) (w2)	740,80	1,61	49844	2,31	338,36	3,44	60,04	0,54	13,86	3,88	5729,81
Produktion av sojamjöl (1) (Jungk m.fl., 2000)	6898,10	15,03	398815	18,50	5352,27	54,45	7617,27	68,54	112,42	31,44	

Miljöpåverkanskategori/ Produktionsfaktorer ^a	Insatt energi (MJ/ha)	Insatt energi (%)	GWP (g CO ₂ - ekv/ha)	GWP (%)	AP (g SO ₂ - ekv/ha)	AP (%)	EP (g PO ₄ ³⁻ - ekv/ha)	EP (%)	POCP (g C ₂ H ₄ - ekv/ha)	POCP (%)	Trans- portvikt (massa) (kg)
Transport av sojamjöl (2)	116,89	0,25	8457	0,39	57,46	0,58	10,21	0,09	2,38	0,67	1102,53
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	4,15	0,0090	20	0,00091	0,051	0,00052	0,0043	0,00004	0,0047	0,00133	
Produktion av korn (4)	478,29	1,04	66103	3,07	241,12	2,45	590,64	5,31	8,08	2,26	
Transport av korn (5)	24,60	0,05	1780	0,08	12,09	0,12	2,15	0,02	0,50	0,14	232,01
Transport av korn, ma- skininsats (svensk el) (6)	0,87	0,0019	4	0,00019	0,011	0,00011	0,0009	0,00001	0,0010	0,00028	
Summa: Systemexpansion, nötkreatur, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	38386,17	83,61	1680191	77,95	4167,33	42,39	2893,15	26,03	234,25	65,50	
Summa: Systemexpansion, nötkreatur, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	0,7250		31,73		0,0787		0,0546		0,00442		
Summa: Systemexpansion, nötkreatur, drank (blöt: eDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) + (w1) + (w2) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	28614,36	62,33	1674023	77,67	3540,36	36,01	2791,57	25,12	201,65	56,38	
Summa: Systemexpansion, nötkreatur, drank (blöt: eDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	0,5405		31,62		0,0669		0,0527		0,00381		
<hr/>											
Allokering grisar, (soja- mjöl, korn) (Flysjö m.fl., 2008)											
Summa: odling, produktion och transport (0)	45909,07	100	2155370	100	9830,33	100	11113,41	100	357,64	100	
Subtraktion av torkning av drank och transport av torkad drank (eDDGS) (w1)	-10512,62	-22,90	-56012	-2,60	-965,33	-9,82	-161,61	-1,45	-46,46	-12,99	
Addition av transport av blöt drank (eDGS) (23 % ts) (w2)	740,80	1,61	49844	2,31	338,36	3,44	60,04	0,54	13,86	3,88	5729,81
Produktion av sojamjöl (1) (Flysjö m.fl., 2008)	5478,04	11,93	352628	16,36	2946,52	29,97	1993,60	17,94			
Transport av sojamjöl (2)	44,00	0,10	3183	0,15	21,63	0,22	3,84	0,03			415,00
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	1,56	0,0034	7	0,00034	0,019	0,00020	0,0016	0,000015			
Produktion av korn (4)	1101,65	2,40	152255	7,06	555,37	5,65	1360,42	12,24			
Transport av korn (5)	56,65	0,12	4099	0,19	27,85	0,28	4,95	0,04			534,39
Transport av korn, maskin- insats (svensk el) (6)	2,01	0,0044	10	0,00044	0,025	0,00025	0,0021	0,00002			
Summa: Systemexpansion, grisar, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	39225,16	85,44	1643187	76,24	6278,92	63,87	7750,60	69,74			
Summa: Systemexpansion, grisar, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	0,7409		31,04		0,1186		0,1464				
Summa: Systemexpansion, grisar, drank (blöt: eDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) + (w1) + (w2) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	29453,34	64,16	1637018	75,95	5651,94	57,49	7649,02	68,83			
Summa: Systemexpansion, grisar, drank (blöt: eDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	0,5563		30,92		0,1068		0,1445				
<hr/>											
Allokering grisar -50 % lysin, (sojamjöl, korn) (Flysjö m.fl., 2008)											
Summa: odling, produktion och transport (0)	45909,07	100	2155370	100	9830,33	100	11113,41	100	357,64	100	
Subtraktion av torkning av drank och transport av torkad drank (eDDGS) (w1)	-10512,62	-22,90	-56012	-2,60	-965,33	-9,82	-161,61	-1,45	-46,46	-12,99	

Miljöpåverkanskategori/ Produktionsfaktorer ^a	Insatt energi (MJ/ha)	Insatt energi (%)	GWP (g CO ₂ - ekv/ha)	GWP (%)	AP (g SO ₂ - ekv/ha)	AP (%)	EP (g PO ₄ ³⁻ - ekv/ha)	EP (%)	POCP (g C ₂ H ₄ - ekv/ha)	POCP (%)	Trans- portvikt (massa) (kg)
Addition av transport av blöt drank (eDGS) (23 % ts) (w2)	740,80	1,61	49844	2,31	338,36	3,44	60,04	0,54	13,86	3,88	5729,81
Produktion av sojamjöl (1) (Flysjö m.fl., 2008)	1925,04	4,19	123917	5,75	1035,44	10,53	700,57	6,30			
Transport av sojamjöl (2)	15,46	0,03	1119	0,05	7,60	0,08	1,35	0,01			145,84
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	0,55	0,0012	3	0,00012	0,007	0,00007	0,0006	0,000005			
Produktion av korn (4)	1670,84	3,64	230922	10,71	842,32	8,57	2063,31	18,57			
Transport av korn (5)	85,93	0,19	6217	0,29	42,24	0,43	7,50	0,07			810,49
Transport av korn, maskininsats (svensk el) (6)	3,05	0,0066	14	0,00067	0,037	0,00038	0,0032	0,00003			
Summa: Systemexpansion, grisar, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	42208,21	91,94	1793178	83,20	7902,69	80,39	8340,67	75,05			
Summa: Systemexpansion, grisar, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	0,7972		33,87		0,1493		0,1575				
Summa: Systemexpansion, grisar, drank (blöt: eDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) + (w1) + (w2) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	32436,39	70,65	1787010	82,91	7275,72	74,01	8239,10	74,14			
Summa: Systemexpansion, grisar, drank (blöt: eDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	0,6126		33,75		0,1374		0,1556				
Allokering grisar, (sojamjöl, korn) (Jungk m.fl., 2000)											
Summa: odling, produktion och transport (0)	45909,07	100	2155370	100	9830,33	100	11113,41	100	357,64	100	
Subtraktion av torkning av drank och transport av torkad drank (eDDGS) (w1)	-10512,62	-22,90	-56012	-2,60	-965,33	-9,82	-161,61	-1,45	-46,46	-12,99	
Addition av transport av blöt drank (eDGS) (23 % ts) (w2)	740,80	1,61	49844	2,31	338,36	3,44	60,04	0,54	13,86	3,88	5729,81
Produktion av sojamjöl (1) (Jungk m.fl., 2000)	2596,52	5,66	150118	6,96	2014,65	20,49	2867,22	25,80	42,32	11,83	
Transport av sojamjöl (2)	44,00	0,10	3183	0,15	21,63	0,22	3,84	0,03	0,90	0,25	415,00
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	1,56	0,0034	7	0,00034	0,019	0,00020	0,0016	0,000015	0,0018	0,00050	
Produktion av korn (4)	1101,65	2,40	152255	7,06	555,37	5,65	1360,42	12,24	18,61	5,20	
Transport av korn (5)	56,65	0,12	4099	0,19	27,85	0,28	4,95	0,04	1,15	0,32	534,39
Transport av korn, maskininsats (svensk el) (6)	2,01	0,0044	10	0,00044	0,025	0,00025	0,0021	0,00002	0,0023	0,00064	
Summa: Systemexpansion, grisar, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	42106,68	91,72	1845697	85,63	7210,79	73,35	6876,98	61,88	294,65	82,39	
Summa: Systemexpansion, grisar, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	0,7953		34,86		0,1362		0,1299		0,00557		
Summa: Systemexpansion, grisar, drank (blöt: eDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) + (w1) + (w2) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	32334,86	70,43	1839528	85,35	6583,81	66,97	6775,40	60,97	262,06	73,27	
Summa: Systemexpansion, grisar, drank (blöt: eDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	0,6107		34,74		0,1244		0,1280		0,00495		
Allokering grisar, -50 % lysin, (sojamjöl, korn) (Jungk m.fl., 2000)											
Summa: odling, produktion och transport (0)	45909,07	100	2155370	100	9830,33	100	11113,41	100	357,64	100	

Miljöpåverkanskategori/ Produktionsfaktorer ^a	Insatt energi (MJ/ha)	Insatt energi (%)	GWP (g CO ₂ - ekv/ha)	GWP (%)	AP (g SO ₂ - ekv/ha)	AP (%)	EP (g PO ₄ ³⁻ - ekv/ha)	EP (%)	POCP (g C ₂ H ₄ - ekv/ha)	POCP (%)	Trans- portvikt (massa) (kg)
Subtraktion av torkning av drank och transport av torkad drank (eDDGS) (w1)	-10512,62	-22,90	-56012	-2,60	-965,33	-9,82	-161,61	-1,45	-46,46	-12,99	
Addition av transport av blöt drank (eDGS) (23 % ts) (w2)	740,80	1,61	49844	2,31	338,36	3,44	60,04	0,54	13,86	3,88	5729,81
Produktion av sojamjöl (1) (Jungk m.fl., 2000)	912,44	1,99	52753	2,45	707,97	7,20	1007,57	9,07	14,87	4,16	
Transport av sojamjöl (2)	15,46	0,03	1119	0,05	7,60	0,08	1,35	0,01	0,31	0,09	145,84
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	0,55	0,0012	3	0,00012	0,007	0,00007	0,0006	0,000005	0,0006	0,00018	
Produktion av korn (4)	1670,84	3,64	230922	10,71	842,32	8,57	2063,31	18,57	28,23	7,89	
Transport av korn (5)	85,93	0,19	6217	0,29	42,24	0,43	7,50	0,07	1,75	0,49	810,49
Transport av korn, maskininsats (svensk el) (6)	3,05	0,0066	14	0,00067	0,037	0,00038	0,0032	0,00003	0,0035	0,00097	
Summa: Systemexpansion, grisar, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	43220,80	94,14	1864342	86,50	8230,16	83,72	8033,67	72,29	312,47	87,37	
Summa: Systemexpansion, grisar, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	0,8163		35,21		0,1554		0,1517		0,00590		
Summa: Systemexpansion, grisar, drank (blöt: eDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) + (w1) + (w2) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	33448,99	72,86	1858174	86,21	7603,18	77,34	7932,10	71,37	279,87	78,26	
Summa: Systemexpansion, grisar, drank (blöt: eDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	0,6318		35,10		0,1436		0,1498		0,00529		
Allokering fjäderfä, (sojamjöl, korn) (Flysjö m.fl., 2008)											
Summa: odling, produktion och transport (0)	45909,07	100	2155370	100	9830,33	100	11113,41	100	357,64	100	
Produktion av sojamjöl (1) (Flysjö m.fl., 2008)	1761,22	3,84	113372	5,26	947,32	9,64	640,96	5,77			
Transport av sojamjöl (2)	14,15	0,031	1023	0,05	6,95	0,07	1,24	0,01			133,43
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	0,50	0,0011	2,4	0,00011	0,006	0,00006	0,0005	0,000005			
Produktion av korn (4)	1896,24	4,13	262073	12,16	955,95	9,72	2341,65	21,07			
Transport av korn (5)	97,52	0,21	7056	0,33	47,94	0,49	8,51	0,08			919,83
Transport av korn, maskininsats (svensk el) (6)	3,46	0,0075	16	0,00076	0,043	0,00043	0,0036	0,00003			
Summa: Systemexpansion, fjäderfä, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	42135,98	91,78	1771826	82,21	7872,12	80,08	8121,04	73,07			
Summa: Systemexpansion, fjäderfä, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	0,7959		33,47		0,1487		0,1534				
Allokering fjäderfä, metionin (sojamjöl, korn) (Flysjö m.fl., 2008)											
Summa: odling, produktion och transport (0)	45909,07	100	2155370	100	9830,33	100	11113,41	100	357,64	100	
Produktion av sojamjöl (1) (Flysjö m.fl., 2008)	13166,34	28,68	847534	39,32	7081,90	72,04	4791,58	43,12			
Transport av sojamjöl (2)	105,75	0,230	7651	0,35	51,98	0,53	9,23	0,08			997,45
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	3,76	0,0082	17,8	0,00082	0,046	0,00047	0,0039	0,000035			
Produktion av korn (4)	506,64	1,10	70021	3,25	255,41	2,60	625,64	5,63			
Transport av korn (5)	26,05	0,06	1885	0,09	12,81	0,13	2,27	0,02			245,76
Transport av korn, maskininsats (svensk el) (6)	0,93	0,0020	4	0,00020	0,011	0,00012	0,0010	0,00001			

Miljöpåverkanskategori/ Produktionsfaktorer ^a	Insatt energi (MJ/ha)	Insatt energi (%)	GWP (g CO ₂ - ekv/ha)	GWP (%)	AP (g SO ₂ - ekv/ha)	AP (%)	EP (g PO ₄ ³⁻ - ekv/ha)	EP (%)	POCP (g C ₂ H ₄ - ekv/ha)	POCP (%)	Trans- portvikt (massa) (kg)
Summa: Systemexpansion, fjäderfä, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	32099,61	69,92	1228257	56,99	2428,18	24,70	5684,67	51,15			
Summa: Systemexpansion, fjäderfä, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	0,6063		23,20		0,0459		0,1074				
Allokering fjäderfä, (sojamjöl, korn) (Jungk m.fl., 2000)											
Summa: odling, produktion och transport (0)	45909,07	100	2155370	100	9830,33	100	11113,41	100	357,64	100	
Produktion av sojamjöl (1) (Jungk m.fl., 2000)	834,80	1,82	48264	2,24	647,72	6,59	921,83	8,29	13,61	3,80	
Transport av sojamjöl (2)	14,15	0,03	1023	0,05	6,95	0,07	1,24	0,01	0,29	0,08	133,43
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	0,50	0,0011	2,4	0,00011	0,006	0,00006	0,0005	0,000005	0,0006	0,00016	
Produktion av korn (4)	1896,24	4,13	262073	12,16	955,95	9,72	2341,65	21,07	32,04	8,96	
Transport av korn (5)	97,52	0,21	7056	0,33	47,94	0,49	8,51	0,08	1,98	0,55	919,83
Transport av korn, maskininsats (svensk el) (6)	3,46	0,0075	16	0,00076	0,043	0,00043	0,0036	0,00003	0,0040	0,00111	
Summa: Systemexpansion, fjäderfä, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	43062,41	93,80	1836934	85,23	8171,72	83,13	7840,17	70,55	309,71	86,60	
Summa: Systemexpansion, fjäderfä, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	0,8133		34,70		0,1543		0,1481		0,00585		
Allokering fjäderfä, metionin (sojamjöl, korn) (Jungk m.fl., 2000)											
Summa: odling, produktion och transport (0)	45909,07	100	2155370	100	9830,33	100	11113,41	100	357,64	100	
Produktion av sojamjöl (1) (Jungk m.fl., 2000)	6240,68	13,59	360806	16,74	4842,17	49,26	6891,31	62,01	101,71	28,44	
Transport av sojamjöl (2)	105,75	0,23	7651	0,35	51,98	0,53	9,23	0,08	2,15	0,60	997,45
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	3,76	0,0082	17,8	0,00082	0,046	0,00047	0,0039	0,000035	0,0043	0,00120	
Produktion av korn (4)	506,64	1,10	70021	3,25	255,41	2,60	625,64	5,63	8,56	2,39	
Transport av korn (5)	26,05	0,06	1885	0,09	12,81	0,13	2,27	0,02	0,53	0,15	245,76
Transport av korn, maskininsats (svensk el) (6)	0,93	0,0020	4	0,00020	0,011	0,00012	0,0010	0,00001	0,0011	0,00030	
Summa: Systemexpansion, fjäderfä, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	39025,27	85,01	1714985	79,57	4667,90	47,48	3584,95	32,26	244,68	68,42	
Summa: Systemexpansion, fjäderfä, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	0,7371		32,39		0,0882		0,0677		0,00462		
Allokering hästar, (sojamjöl, korn) (Flysjö m.fl., 2008)											
Summa: odling, produktion och transport (0)	45909,07	100	2155370	100	9830,33	100	11113,41	100	357,64	100	
Produktion av sojamjöl (1) (Flysjö m.fl., 2008)	15662,55	34,12	1008217	46,78	8424,55	85,70	5700,01	51,29			
Transport av sojamjöl (2)	125,79	0,27	9102	0,42	61,84	0,63	10,98	0,10			1186,56
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	4,47	0,010	21	0,0010	0,055	0,00056	0,0046	0,00004			
Produktion av korn (4)	407,92	0,89	56378	2,62	205,65	2,09	503,74	4,53			
Transport av korn (5)	20,98	0,046	1518	0,070	10,31	0,105	1,83	0,016			197,88
Transport av korn, maskininsats (svensk el) (6)	0,75	0,0016	3,5	0,00016	0,009	0,000093	0,0008	0,000007			
Summa: Systemexpansion, hästar, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn	29686,62	64,66	1080130	50,11	1127,92	11,47	4896,83	44,06			

Miljöpåverkanskategori/ Produktionsfaktorer ^a	Insatt energi (MJ/ha)	Insatt energi (%)	GWP (g CO ₂ - ekv/ha)	GWP (%)	AP (g SO ₂ - ekv/ha)	AP (%)	EP (g PO ₄ ³⁻ - ekv/ha)	EP (%)	POCP (g C ₂ H ₄ - ekv/ha)	POCP (%)	Trans- portvikt (massa) (kg)
[(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]] Summa: Systemexpansion, hästar, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	0,5607		20,40		0,0213		0,0925				
Allokering hästar, (soja- mjöl, korn) (Jungk m.fl., 2000) Summa: odling, produktion och transport (0)	45909,07	100	2155370	100	9830,33	100	11113,41	100	357,64	100	
Produktion av sojamjöl (1) (Jungk m.fl., 2000)	7423,85	16,17	429211	19,91	5760,20	58,60	8197,83	73,77	120,99	33,83	
Transport av sojamjöl (2)	125,79	0,27	9102	0,42	61,84	0,63	10,98	0,10	2,56	0,72	1186,56
Transport av sojamjöl, maskininsats (svensk el) (3)	4,47	0,010	21	0,0010	0,055	0,00056	0,0046	0,00004	0,0051	0,0014	
Produktion av korn (4)	407,92	0,89	56378	2,62	205,65	2,09	503,74	4,53	6,89	1,93	
Transport av korn (5)	20,98	0,046	1518	0,070	10,31	0,105	1,83	0,016	0,43	0,12	197,88
Transport av korn, ma- skininsats (svensk el) (6)	0,75	0,0016	3,5	0,00016	0,009	0,000093	0,0008	0,000007	0,0009	0,00024	
Summa: Systemexpansion, hästar, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn [(0) - [(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6)]]	37925,31	82,61	1659137	76,98	3792,28	38,58	2399,02	21,59	226,76	63,40	
Summa: Systemexpansion, hästar, drank (eDDGS) ersätter sojamjöl och korn (g/MJ _{etanol})	0,7163		31,34		0,0716		0,0453		0,00428		
Allokering skogsflis (trä) (effektiva värmevärdet) Summa: odling, produktion och transport (0)	45909,07	100	2155370	100	9830,33	100	11113,41	100	357,64	100	
Förbränning av drank (eDDGS) (1)	0	0,00	60158	2,79	4217,91	42,91	576,20	5,18	549,10	153,53	
Produktion av skogsflis (trä) (2) (Uppenbergs m.fl., 2001)	1096,27	2,39	83043	3,85	975,68	9,93	166,45	1,50	63,58	17,78	
Förbränning av skogsflis (3) (Uppenbergs m.fl., 2001)	0	0,00	60158	2,79	2222,70	22,61	207,98	1,87	549,10	153,53	
Transport av skogsflis (trä) (4)	228,78	0,50	16554	0,77	112,46	1,14	19,97	0,18	4,66	1,30	2158,02
Transport av skogsflis (trä), maskininsats (svensk el) (5)	8,13	0,018	38	0,0018	0,10	0,00102	0,0084	0,00008	0,0093	0,0026	
Summa: Systemexpansion, drank ersätter skogsflis (trä) [(0) + (1) - [(2) + (3) + (4) + (5)]]	44575,89	97,10	2055735	95,38	10737,30	109,23	11295,20	101,64	289,39	80,92	
Summa: Systemexpansion, drank ersätter skogsflis (trä) (g/MJ _{etanol})	0,8419		38,83		0,2028		0,2133		0,00547		
Allokering skogsflis (trä) (effektiva värmevärdet), blöt drank (eDGS), rökgas- kondensering Summa: odling, produktion och transport (0)	45909,07	100,00	2155370	100	9830,33	100	11113,41	100	357,64	100	
Subtraktion av torkning av drank och transport av torkad drank (eDDGS) (w1)	-10512,62	-22,90	-56012	-2,60	-965,33	-9,82	-161,61	-1,45	-46,46	-12,99	
Addition av transport av blöt drank (eDGS) (23 % ts) (w2)	740,80	1,61	49844	2,31	338,36	3,44	60,04	0,54	13,86	3,88	5729,81
Förbränning av drank (eDGS) (3)	0	0,00	58226	2,70	4082,45	41,53	557,69	5,02	531,46	148,60	
Produktion av skogsflis (trä) (4) (Uppenbergs m.fl., 2001)	1061,07	2,31	80376	3,73	944,35	9,61	161,10	1,45	61,54	17,21	
Förbränning av skogsflis (5) (50 % ts) (Uppenbergs m.fl., 2001)	0	0,00	58226	2,70	2151,31	21,88	201,30	1,81	531,46	148,60	
Transport av skogsflis (trä) (50 % ts) (6)	310,01	0,68	22431	1,04	152,39	1,55	27,07	0,24	6,31	1,76	2924,20
Transport av skogsflis (trä) (50 % ts), maskininsats (svensk el) (7)	11,01	0,024	52	0,0024	0,14	0,00138	0,011	0,00010	0,013	0,0035	

Miljöpåverkanskategori/ Produktionsfaktorer ^a	Insatt energi (MJ/ha)	Insatt energi (%)	GWP (g CO ₂ - ekv/ha)	GWP (%)	AP (g SO ₂ - ekv/ha)	AP (%)	EP (g PO ₄ ³⁻ - ekv/ha)	EP (%)	POCP (g C ₂ H ₄ - ekv/ha)	POCP (%)	Trans- portvikt (massa) (kg)
Summa: Systemexpansion, drank ersätter skogsflis (trä) (50 % ts) [(0) + (1) + (2) + (3) - [(4) + (5) + (6) + (7)]]	34755,17	75,70	2046342	94,94	10037,62	102,11	11180,05	100,60	257,18	71,91	
Summa: Systemexpansion, drank ersätter skogsflis (trä) (50 % ts) (g/MJ _{spann})	0,7418		43,68		0,2142		0,2386		0,00549		
Allokering gödselmedel (NPK)											
Summa: odling, produktion och transport (0)	45909,07	100	2155370	100	9830,33	100	11113,41	100	357,64	100	
Produktion av gödselmedel (1) (Börjesson m.fl., 2010; Jenssen & Kongshaug, 2003)	3037,00	6,62	529757	24,58	1863,85	18,96	123,38	1,11	47,80	13,37	
Transport av gödselmedel (2)	36,42	0,08	2635	0,12	17,90	0,18	3,18	0,03	0,74	0,21	343,57
Transport av gödselmedel, maskininsats (svensk el) (3)	1,29	0,0028	6,1	0,00028	0,016	0,00016	0,0013	0,000012	0,0015	0,00041	
Summa: Systemexpansion, drank ersätter gödselmedel [(0) - [(1) + (2) + (3)]]	42834,36	93,30	1622971	75,30	7948,56	80,86	10986,85	98,86	309,09	86,43	
Summa: Systemexpansion, drank ersätter gödselmedel (g/MJ _{etanol})	0,8090		30,65		0,1501		0,2075		0,00584		
Allokering gödselmedel (NPK), blöt drank (eDGS)											
Summa: odling, produktion och transport (0)	45909,07	100	2155370	100	9830,33	100	11113,41	100	357,64	100	
Subtraktion av torkning av drank och transport av torkad drank (eDDGS) (1)	-10512,62	-22,90	-56012	-2,60	-965,33	-9,82	-161,61	-1,45	-46,46	-12,99	
Addition av transport av blöt drank (eDGS) (23 % ts) (2)	740,80	1,61	49844	2,31	338,36	3,44	60,04	0,54	13,86	3,88	5729,81
Spridning av blöt drank (eDGS) (3) (antas vara som för spridning av rötrest (Börjesson & Berglund, 2006))	143,25	0,31	9761	0,45	61,88	0,63	11,10	0,10	1,60	0,45	
Produktion av gödselmedel (4) (Börjesson m.fl., 2010; Jenssen & Kongshaug, 2003)	3037,00	6,62	529757	24,58	1863,85	18,96	123,38	1,11	47,80	13,37	
Transport av gödselmedel (5)	36,42	0,079	2635	0,12	17,90	0,18	3,18	0,03	0,74	0,21	343,57
Transport av gödselmedel, maskininsats (svensk el) (6)	1,29	0,0028	6,1	0,00028	0,016	0,00016	0,0013	0,000012	0,0015	0,00041	
Spridning av gödselmedel (7)	54,00	0,118	2599	0,12	22,16	0,23	3,95	0,04	1,01	0,28	
Summa: Systemexpansion, drank (blöt) ersätter gödsel- medel [(0) + (1) + (2) + (3) - [(4) + (5) + (6) + (7)]]	33151,79	72,21	1623966	75,35	7361,30	74,88	10892,43	98,01	277,09	77,48	
Summa: Systemexpansion, drank (blöt) ersätter gödselmedel (g/MJ _{etanol})	0,7076		34,66		0,1571		0,2325		0,00591		
Allokering biogas (80 %, Spörndly, 2003; Hagelberg m.fl., 1988)											
Summa: odling, produktion och transport (0)	45909,07	100	2155370	100	9830,33	100	11113,41	100	357,64	100	
Subtraktion av torkning av drank och transport av torkad drank (eDDGS) (1)	-10512,62	-22,90	-56012	-2,60	-965,33	-9,82	-161,61	-1,45	-46,46	-12,99	
Addition av transport av blöt drank (eDGS) (23 % ts) (2)	740,80	1,61	49844	2,31	338,36	3,44	60,04	0,54	13,86	3,88	5729,81
Produktion av biogas från drank (blöt: eDGS) (3) (antas ha samma data per ton råmaterial och rötrest som storskalig vallproduk- tion + rötresttransport + rötrestspridning)	2946,84	6,42	106145	4,92	391,16	3,98	69,21	0,62	12,55	3,51	
Odling av och produktion av biogas från vall (4:1 storskala) (Börjesson & Berglund, 2006)	6917,97	15,07	362410	16,81	2139,16	21,76	886,48	7,98	73,02	20,42	

Miljöpåverkanskategori/ Produktionsfaktorer ^a	Insatt energi (MJ/ha)	Insatt energi (%)	GWP (g CO ₂ - ekv/ha)	GWP (%)	AP (g SO ₂ - ekv/ha)	AP (%)	EP (g PO ₄ ³⁻ - ekv/ha)	EP (%)	POCP (g C ₂ H ₄ - ekv/ha)	POCP (%)	Transportvikt (massa) (kg)
Odling av och produktion av biogas från vall (4:2 gårdsskala) (Börjesson & Berglund, 2006)	8358,47	18,21	341284	15,83	2159,08	21,96	889,17	8,00	79,60	22,26	
Komprimering och rening av biogas (svensk el) (5)	1786,46	3,89	8453	0,39	21,94	0,22	1,85	0,017	2,04	0,57	
Transport av biogas (6)	111,68	0,243	8080	0,37	54,90	0,56	9,75	0,09	2,27	0,64	1053,38
Transport av biogas, maskininsats (svensk el) (7)	3,97	0,0086	19	0,00087	0,049	0,00050	0,0041	0,00004	0,0045	0,0013	
Produktion av gödselmedel (från eDGS) (8) (Börjesson m.fl., 2010; Jenssen & Kongshaug, 2003)	3037,00	6,62	529757	24,58	1863,85	18,96	123,38	1,11	47,80	13,37	
Transport av gödselmedel (från eDGS) (9)	36,42	0,079	2635	0,12	17,90	0,18	3,18	0,03	0,74	0,21	
Transport av gödselmedel, maskininsats (svensk el) (från eDGS) (10)	1,29	0,0028	6,1	0,00028	0,016	0,00016	0,0013	0,000012	0,0015	0,00041	
Produktion av gödselmedel (från vall) (11) (Börjesson m.fl., 2010; Jenssen & Kongshaug, 2003)	1327,37	2,89	208408	9,67	787,33	8,01	50,62	0,46	20,70	5,79	
Transport av gödselmedel (vall) (12)	14,07	0,031	1018	0,047	6,91	0,070	1,23	0,011	0,29	0,080	132,69
Transport av gödselmedel (vall), maskininsats (svensk el) (13)	0,50	0,0011	2,4	0,000110	0,0061	0,000062	0,00052	0,000005	0,00057	0,00016	
Produktion av gödselmedel (differens gödselmedel) (14) (Börjesson m.fl., 2010; Jenssen & Kongshaug, 2003)	1709,63	3,72	321349	14,91	1076,53	10,95	72,76	0,65	27,10	7,58	
Transport av gödselmedel (differens gödselmedel) (15)	22,36	0,049	1618	0,075	10,99	0,112	1,95	0,018	0,45	0,13	210,87
Transport av gödselmedel (differens gödselmedel), maskininsats (svensk el) (16)	0,79	0,0017	3,8	0,00017	0,0098	0,000099	0,00082	0,000007	0,00091	0,00025	
Användning av producerad biogas i lätta fordon (17)	0	0	181258	8,41	342,46	3,48	63,20	0,57	205,06	57,34	
Produktion och användning av bensin, ersatt av biogas från drank (18)	19219,54	41,86	1498967	69,55	1359,35	13,83	153,49	1,38	610,53	170,71	
Transport av bensin, ersatt av biogas från drank (eDGS) (19)	48,59	0,11	3516	0,16	23,95	0,24	4,25	0,04	0,98	0,27	406,33 tank
Transport av bensin, ersatt av biogas från drank (eDGS), maskininsats (svensk el) (20)	3,94	0,0086	19	0,00087	0,048	0,00049	0,0041	0,00004	0,0045	0,0013	
Summa: Systemexpansion, biogas från drank ersätter storskalig biogas från vall [(0) + (1) + (2) + (3) - [(4:1) + (14) + (15) + (16)]]	30433,34	66,29	1569965	72,84	6367,83	64,78	10119,85	91,06	237,02	66,27	
Summa: Systemexpansion, biogas från drank ersätter storskalig biogas från vall (g/MJ _{etanol})	0,5748		29,65		0,1203		0,1911		0,00448		
Summa: Systemexpansion, biogas från drank ersätter småskalig biogas (gårds-skala) från vall [(0) + (1) + (2) + (3) - [(4:2) + (14) + (15) + (16)]]	28992,84	63,15	1591091	73,82	6347,90	64,57	10117,16	91,04	230,43	64,43	
Summa: Systemexpansion, biogas från drank ersätter småskalig biogas (gårds-skala) från vall (g/MJ _{etanol})	0,5476		30,05		0,1199		0,1911		0,00435		
Summa: Systemexpansion, biogas från drank ersätter bensin [(0) + (1) + (2) + (3) + (5) + (6) + (7) + (17) - [(18) + (19) + (20) + (8) + (9) + (10)]]	18639,41	40,60	418256	19,41	6748,74	68,65	10871,54	97,82	-113,10	-31,63	
Summa: Systemexpansion, biogas från drank ersätter bensin (g/MJ _{etanol})	0,3521		7,90		0,1275		0,2053		-0,00214		

Miljöpåverkanskategori/ Produktionsfaktorer ^a	Insatt energi (MJ/ha)	Insatt energi (%)	GWP (g CO ₂ - ekv/ha)	GWP (%)	AP (g SO ₂ - ekv/ha)	AP (%)	EP (g PO ₄ ³⁻ - ekv/ha)	EP (%)	POCP (g C ₂ H ₄ - ekv/ha)	POCP (%)	Trans- portvikt (massa) (kg)
Allokering biogas (60 %, Spörndly, 2003; Hagelberg m.fl., 1988)											
Summa: odling, produktion och transport (0)	45909,07	100	2155370	100	9830,33	100	11113,41	100	357,64	100	
Subtraktion av torkning av drank och transport av torkad drank (eDDGS) (1)	-10512,62	-22,90	-56012	-2,60	-965,33	-9,82	-161,61	-1,45	-46,46	-12,99	
Addition av transport av blöt drank (eDGS) (23 % ts) (2)	740,80	1,61	49844	2,31	338,36	3,44	60,04	0,54	13,86	3,88	5729,81
Produktion av biogas från drank (blöt: eDGS) (3) (antas ha samma data per ton råmaterial och rötrest som storskalig vallproduktion + rötresttransport + rötrestspridning)	2946,84	6,42	106145	4,92	391,16	3,98	69,21	0,62	12,55	3,51	
Odling av och produktion av biogas från vall (4:1 storskala) (Börjesson & Berglund, 2006)	5188,48	11,30	271808	12,61	1604,37	16,32	664,86	5,98	54,76	15,31	
Odling av och produktion av biogas från vall (4:2 gårds skala) (Börjesson & Berglund, 2006)	6268,85	13,65	255963	11,88	1619,31	16,47	666,88	6,00	59,70	16,69	
Komprimering och rening av biogas (svensk el) (5)	1339,85	2,92	6340	0,29	16,45	0,17	1,39	0,012	1,53	0,43	
Transport av biogas (6)	83,76	0,182	6060	0,28	41,17	0,42	7,31	0,07	1,70	0,48	790,04
Transport av biogas, maskininsats (svensk el) (7)	2,97	0,0065	14	0,00065	0,037	0,00037	0,0031	0,00003	0,0034	0,0009	
Produktion av gödselmedel (från eDGS) (8) (Börjesson m.fl., 2010; Jenssen & Kongshaug, 2003)	3037,00	6,62	529757	24,58	1863,85	18,96	123,38	1,11	47,80	13,37	
Transport av gödselmedel (från eDGS) (9)	36,42	0,079	2635	0,12	17,90	0,18	3,18	0,03	0,74	0,21	
Transport av gödselmedel, maskininsats (svensk el) (från eDGS) (10)	1,29	0,0028	6,1	0,00028	0,016	0,00016	0,0013	0,000012	0,0015	0,00041	
Produktion av gödselmedel (från vall) (11) (Börjesson m.fl., 2010; Jenssen & Kongshaug, 2003)	995,53	2,17	156306	7,25	590,49	6,01	37,96	0,34	15,53	4,34	
Transport av gödselmedel (vall) (12)	10,55	0,023	763	0,035	5,19	0,053	0,92	0,008	0,21	0,060	99,52
Transport av gödselmedel (vall), maskininsats (svensk el) (13)	0,37	0,0008	1,8	0,000082	0,0046	0,000047	0,00039	0,000003	0,00043	0,00012	
Produktion av gödselmedel (differens gödselmedel) (14) (Börjesson m.fl., 2010; Jenssen & Kongshaug, 2003)	2041,47	4,45	373451	17,33	1273,36	12,95	85,41	0,77	32,28	9,02	
Transport av gödselmedel (differens gödselmedel) (15)	25,87	0,056	1872	0,087	12,72	0,129	2,26	0,020	0,53	0,15	244,05
Transport av gödselmedel (differens gödselmedel), maskininsats (svensk el) (16)	0,92	0,0020	4,3	0,00020	0,0113	0,000115	0,00095	0,000009	0,00105	0,00029	
Användning av producerad biogas i lätta fordon (17)	0	0	135943	6,31	256,84	2,61	47,40	0,43	153,79	43,00	
Produktion och användning av bensin, ersatt av biogas från drank (18)	14414,66	31,40	1124225	52,16	1019,51	10,37	115,12	1,04	457,90	128,04	
Transport av bensin, ersatt av biogas från drank (eDGS) (19)	36,45	0,08	2637	0,12	17,96	0,18	3,19	0,03	0,73	0,21	304,7 tank
Transport av bensin, ersatt av biogas från drank (eDGS), maskininsats (svensk el) (20)	2,96	0,0064	14	0,00065	0,036	0,00037	0,0031	0,00003	0,0034	0,0009	
Summa: Systemexpansion, biogas från drank ersätter storskalig biogas från vall [(0) + (1) + (2) + (3) - [(4:1) + (14) + (15) + (16)]]	31827,35	69,33	1608211	74,61	6704,06	68,20	10328,51	92,94	250,02	69,91	

Miljöpåverkanskategori/ Produktionsfaktorer ^a	Insatt energi (MJ/ha)	Insatt energi (%)	GWP (g CO ₂ - ekv/ha)	GWP (%)	AP (g SO ₂ - ekv/ha)	AP (%)	EP (g PO ₄ ³⁻ - ekv/ha)	EP (%)	POCP (g C ₂ H ₄ - ekv/ha)	POCP (%)	Trans- portvikt (massa) (kg)
Summa: Systemexpansion, biogas från drank ersätter storskalig biogas från vall (g/MJ _{etanol})	0,6011		30,38		0,1266		0,1951		0,00472		
Summa: Systemexpansion, biogas från drank ersätter småskalig biogas (gårds- skala) från vall [(0) + (1) + (2) + (3) - [(4:2) + (14) + (15) + (16)]]	30746,98	66,97	1624055	75,35	6689,11	68,05	10326,49	92,92	245,08	68,53	
Summa: Systemexpansion, biogas från drank ersätter småskalig biogas (gårds- skala) från vall (g/MJ _{etanol})	0,5807		30,67		0,1263		0,1950		0,00463		
Summa: Systemexpansion, biogas från drank ersätter bensin [(0) + (1) + (2) + (3) + (5) + (6) + (7) + (17) - [(18) + (19) + (20) + (8) + (9) + (10)]]	22981,90	50,06	744429	34,54	6989,74	71,10	10892,28	98,01	-12,57	-3,51	
Summa: Systemexpansion, biogas från drank ersätter bensin (g/MJ _{etanol})	0,4341		14,06		0,1320		0,2057		-0,00024		

BILAGA 10. KÄNSLIGHETSANALYS AV LIVSCYKELANALYSERNA

Nedan följer i tabellerna B10:1-8 känslighetsanalyser redovisade som de fullständiga livscykelanalystabellerna. I analyserna studeras följande förändringar av indata: skörd av höstvetete +20 %, skörd av höstvetete -20 %, konstgödselmedel insats +20 %, markemissioner +20 %, dragkraft +20 %, el och värme +20 % (omfattar även eventuell torkning av drank), emissioner från produktion av kemikalier och enzymer +20 %, och alla transporter +20 % (omfattar även transport av gödselmedel och transporten av höstvetetet till etanolanläggningen vid odlingen av höstvetetet). Efter dessa redovisas i tabellerna B10:9-14 inverkan av känslighetsanalyserna för några användningsområden för dranken separat tabellvis. Motsvarande data men som procentuell förändring redovisas i kapitel 13.4 Känslighetsanalyser LCA (tabellerna 34-39).

Tabell B10:1. Livscykelanalys av produktion av etanol med systemutvidgning för olika användning av dranken med olika antaganden. Känslighetsanalys: skörd av höstvetete +20 %. Miljöpåverkan mäts i g/MJ_{etanol} eller i MJ/MJ_{etanol}

Typ av process etanolproduktion Miljöpåverkanskategori/ allokering	Etanol/DDGS eller Etanol/DGS						Etanol (+13 %)/eDDGS eller Etanol (+13 %)/eDGS					
	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^j	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^j
Ingen allokering	39,1	0,178	0,197	0,0066	0,845	47521	35,1	0,165	0,176	0,0062	0,838	53238
Allokering enl. energi innehåll (effektiva värmevärdet)	22,4	0,098	0,114	0,0036	0,416	23369	23,0	0,108	0,116	0,0040	0,527	33510
Ekonomisk allokering	30,2	0,125	0,154	0,0045	0,486	27310	29,3	0,130	0,148	0,0048	0,591	37556
Nötkreatur (Flysjö) ^a	15,6	0,009	0,047	-	0,528	29679	15,9	0,011	0,064	-	0,551	35024
Nötkreatur (Jungk) ^b	25,7	0,055	0,004	0,0037	0,671	37710	26,1	0,058	0,020	0,0039	0,696	44211
Nötkreatur (Flysjö) blöt ^{ac}	15,5	-0,008	0,044	-	0,255	14356	15,8	-0,001	0,062	-	0,367	23298
Nötkreatur (Jungk) blöt ^{bc}	25,5	0,038	0,001	0,0028	0,398	22387	26,0	0,046	0,018	0,0033	0,511	32484
Gris (Flysjö) ^{ad}	25,6	0,099	0,099	-	0,694	39005	25,4	0,098	0,112	-	0,712	45217
Gris (Jungk) ^{bd}	29,2	0,115	0,083	0,0050	0,745	41872	29,2	0,116	0,096	0,0050	0,766	48675
Gris (Flysjö) lysin ^{ae}	-	-	-	-	-	-	28,2	0,129	0,123	-	0,768	48797
Gris (Jungk) lysin ^{be}	-	-	-	-	-	-	29,6	0,135	0,117	0,0054	0,787	50012
Gris (Flysjö) blöt ^{acd}	25,4	0,081	0,096	-	0,421	23682	25,3	0,086	0,110	-	0,527	33491
Gris (Jungk) blöt ^{bcd}	29,0	0,098	0,080	0,0040	0,472	26548	29,1	0,104	0,094	0,0044	0,582	36949
Gris (Flysjö) lysin blöt ^{ace}	-	-	-	-	-	-	28,1	0,117	0,121	-	0,583	37071
Gris (Jungk) lysin blöt ^{bce}	-	-	-	-	-	-	29,4	0,123	0,116	0,0048	0,603	38286
Fjäderfä (Flysjö) lysin ^{ae}	24,8	0,097	0,090	-	0,691	38850	27,8	0,128	0,119	-	0,767	48710
Fjäderfä (Jungk) lysin ^{be}	28,1	0,113	0,076	0,0048	0,739	41532	29,0	0,134	0,114	0,0053	0,784	49822
Fjäderfä (Flysjö) metionin ^{af}	13,8	-0,012	0,041	-	0,488	27449	17,5	0,025	0,073	-	0,577	36667
Fjäderfä (Jungk) metionin ^{bf}	25,7	0,042	-0,010	0,0035	0,657	36946	26,7	0,068	0,033	0,0041	0,708	44978
Häst (Flysjö) ^a	14,6	0,001	0,041	-	0,513	28820	14,7	0,001	0,058	-	0,532	33771
Häst (Jungk) ^b	25,2	0,050	-0,004	0,0036	0,663	37296	25,7	0,051	0,011	0,0038	0,687	43658
Förbränning skogsflis	36,6	0,202	0,202	0,0049	0,811	45585	33,2	0,182	0,179	0,0049	0,813	51638
Förbränning skogsflis blöt ^c	36,3	0,182	0,199	0,0040	0,537	30188	37,3	0,191	0,200	0,0049	0,709	39853
Gödselmedel	27,8	0,138	0,194	0,0056	0,780	43832	25,0	0,130	0,173	0,0053	0,780	49548
Gödselmedel blöt ^c	27,8	0,122	0,192	0,0047	0,510	28679	28,3	0,134	0,194	0,0053	0,675	37940
Biogas (80 %) stor ^{ec}	26,4	0,095	0,171	0,0036	0,438	24600	24,0	0,100	0,157	0,0040	0,546	34667
Biogas (80 %) liten ^{hc}	27,0	0,094	0,171	0,0034	0,398	22397	24,4	0,099	0,157	0,0038	0,518	32939
Biogas (80 %) bensin ^{ic}	-4,9	0,105	0,191	-0,0059	0,117	6560	2,2	0,107	0,171	-0,0027	0,323	20515
Biogas (60 %) stor ^{ec}	27,4	0,104	0,176	0,0040	0,475	26732	24,7	0,106	0,161	0,0042	0,572	36340
Biogas (60 %) liten ^{hc}	27,9	0,104	0,176	0,0038	0,446	25080	25,0	0,106	0,161	0,0041	0,552	35044
Biogas (60 %) bensin ^{ic}	3,9	0,112	0,192	-0,0032	0,235	13202	8,4	0,111	0,171	-0,0008	0,405	25726

^a Systemutvidgning sojamjöl från Flysjö m.fl. (2008), samt korn (egen beräkning).

^b Systemutvidgning sojamjöl från Jungk m.fl. (2000), samt korn (egen beräkning).

^c Blöt drank (DGS eller eDGS).

^d Vid extra process för 13 % högre etanolutbyte antas mängden lysin i sekundärdrank (eDDGS/eDGS) ej påverkats.

^e Vid extra process för 13 % högre etanolutbyte antas mängden lysin i sekundärdrank (eDDGS/eDGS) minskat med 50 %.

^f Vid extra process för 13 % högre etanolutbyte antas mängden metionin i sekundärdrank (eDDGS) minskat med 20 %.

^g Biogas som ersätter biogas producerad från vall i en stor anläggning.

^h Biogas som ersätter biogas producerad från vall i en liten anläggning.

ⁱ Biogas som ersätter bensin till fordonsbränsle.

^j Energiinsats efter allokering eller systemutvidgning mätt som MJ/ha (1 ha åkermark med etanolhöstvetete).

I jämförelse med basalalternativet påverkas ej ordningsföljden.

Tabell B10:2. Livscykelanalys av produktion av etanol med systemutvidgning för olika användning av dranken med olika antaganden. Känslighetsanalys: skörd av höstvetete -20 %. Miljöpåverkan mäts i g/MJ_{etanol} eller i MJ/MJ_{etanol}

Typ av process etanolproduktion Miljöpåverkanskategori/ allokering	Etanol/DDGS eller Etanol/DGS						Etanol (+13 %)/eDDGS eller Etanol (+13 %)/eDGS					
	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^j	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^j
Ingen allokering	55,3	0,237	0,295	0,0081	0,928	34796	49,3	0,217	0,262	0,0076	0,912	38610
Allokering enl. energi innehåll (effektiva värmevärdet)	31,8	0,132	0,171	0,0044	0,464	17393	32,4	0,142	0,173	0,0049	0,576	24394
Ekonomisk allokering	43,1	0,172	0,232	0,0057	0,552	20690	41,4	0,174	0,222	0,0059	0,654	27696
Nötkreatur (Flysjö) ^a	31,8	0,068	0,145	-	0,611	22901	30,2	0,063	0,151	-	0,625	26467
Nötkreatur (Jungk) ^b	41,8	0,114	0,101	0,0052	0,754	28255	40,4	0,110	0,107	0,0052	0,769	32591
Nötkreatur (Flysjö) blöt ^{ac}	31,6	0,051	0,142	-	0,338	12685	30,1	0,052	0,149	-	0,440	18650
Nötkreatur (Jungk) blöt ^{bc}	41,6	0,097	0,098	0,0043	0,481	18039	40,2	0,098	0,105	0,0046	0,585	24774
Gris (Flysjö) ^{ad}	41,7	0,157	0,196	-	0,777	29118	39,7	0,150	0,199	-	0,785	33263
Gris (Jungk) ^{bd}	45,3	0,174	0,181	0,0064	0,828	31029	43,5	0,168	0,182	0,0064	0,840	35568
Gris (Flysjö) lysin ^{ae}	-	-	-	-	-	-	42,5	0,181	0,210	-	0,842	35649
Gris (Jungk) lysin ^{be}	-	-	-	-	-	-	43,8	0,187	0,204	0,0067	0,861	36459
Gris (Flysjö) blöt ^{acd}	41,6	0,140	0,193	-	0,504	18903	39,5	0,138	0,197	-	0,601	25445
Gris (Jungk) blöt ^{bcd}	45,1	0,156	0,178	0,0055	0,555	20814	43,4	0,156	0,180	0,0057	0,655	27750
Gris (Flysjö) lysin blöt ^{ace}	-	-	-	-	-	-	42,4	0,169	0,208	-	0,657	27832
Gris (Jungk) lysin blöt ^{bce}	-	-	-	-	-	-	43,7	0,175	0,202	0,0061	0,676	28642
Fjäderfä (Flysjö) lysin ^{ae}	40,9	0,156	0,188	-	0,774	29015	42,1	0,180	0,206	-	0,840	35591
Fjäderfä (Jungk) lysin ^{be}	44,3	0,172	0,173	0,0063	0,822	30803	43,3	0,186	0,200	0,0066	0,858	36332
Fjäderfä (Flysjö) metionin ^{af}	29,9	0,046	0,139	-	0,571	21414	31,8	0,077	0,160	-	0,651	27562
Fjäderfä (Jungk) metionin ^{bf}	41,8	0,101	0,087	0,0050	0,740	27745	41,0	0,120	0,120	0,0054	0,782	33103
Häst (Flysjö) ^a	30,8	0,060	0,139	-	0,596	22328	29,0	0,053	0,145	-	0,605	25632
Häst (Jungk) ^b	41,4	0,109	0,093	0,0051	0,746	27979	40,0	0,103	0,098	0,0051	0,761	32223
Förbränning skogsflis	52,7	0,260	0,300	0,0064	0,894	33504	47,4	0,234	0,266	0,0063	0,886	37543
Förbränning skogsflis blöt ^c	52,4	0,241	0,296	0,0055	0,620	23240	53,4	0,250	0,298	0,0064	0,792	29687
Gödselmedel	43,9	0,197	0,292	0,0071	0,863	32336	39,3	0,182	0,260	0,0066	0,853	36150
Gödselmedel blöt ^c	43,9	0,180	0,289	0,0062	0,593	22216	44,4	0,193	0,291	0,0068	0,757	28393
Biogas (80 %) stor ^{ec}	42,5	0,154	0,269	0,0051	0,521	19515	38,3	0,152	0,243	0,0053	0,619	26229
Biogas (80 %) liten ^{hc}	43,1	0,153	0,268	0,0049	0,481	18046	38,7	0,151	0,243	0,0052	0,592	25077
Biogas (80 %) bensin ^{ic}	11,2	0,164	0,289	-0,0044	0,200	7488	16,5	0,159	0,258	-0,0013	0,397	16794
Biogas (60 %) stor ^{ec}	43,6	0,163	0,274	0,0055	0,559	20936	39,0	0,158	0,247	0,0055	0,646	27344
Biogas (60 %) liten ^{hc}	44,0	0,162	0,274	0,0053	0,529	19835	39,3	0,158	0,247	0,0054	0,625	26480
Biogas (60 %) bensin ^{ic}	20,1	0,171	0,290	-0,0017	0,318	11916	22,7	0,163	0,258	0,0006	0,479	20268

^a Systemutvidgning sojamjöl från Flysjö m.fl. (2008), samt korn (egen beräkning).

^b Systemutvidgning sojamjöl från Jungk m.fl. (2000), samt korn (egen beräkning).

^c Blöt drank (DGS eller eDGS).

^d Vid extra process för 13 % högre etanolutbyte antas mängden lysin i sekundärdrank (eDDGS/eDGS) ej påverkats.

^e Vid extra process för 13 % högre etanolutbyte antas mängden lysin i sekundärdrank (eDDGS/eDGS) minskat med 50 %.

^f Vid extra process för 13 % högre etanolutbyte antas mängden metionin i sekundärdrank (eDDGS) minskat med 20 %.

^g Biogas som ersätter biogas producerad från vall i en stor anläggning.

^h Biogas som ersätter biogas producerad från vall i en liten anläggning.

ⁱ Biogas som ersätter bensin till fordonsbränsle.

^j Energiinsats efter allokering eller systemutvidgning mätt som MJ/ha (1 ha åkermark med etanolhöstvetete).

I jämförelse med basalalternativet påverkas ej ordningsföljden.

Tabell B10:3. Livscykelanalys av produktion av etanol med systemutvidgning för olika användning av dranken med olika antaganden. Känslighetsanalys: konstgödselmedel insats +20 %. Miljöpåverkan mäts i g/MJ_{etanol} eller i MJ/MJ_{etanol}

Typ av process etanol- produktion Miljöpåverkanskategori/ allokering	Etanol/DDGS eller Etanol/DGS						Etanol (+13 %)/eDDGS eller Etanol (+13 %)/eDGS					
	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^j	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^j
Ingen allokering	52,1	0,222	0,239	0,0076	0,901	42196	46,5	0,204	0,212	0,0071	0,887	46962
Allokering enl. energi innehåll (effektiva värmevärdet)	30,0	0,123	0,138	0,0042	0,448	20986	30,6	0,133	0,140	0,0046	0,560	29636
Ekonomisk allokering	40,6	0,160	0,187	0,0053	0,530	24827	39,0	0,163	0,179	0,0055	0,633	33511
Nötkreatur (Flysjö) ^a	27,8	0,050	0,088	-	0,580	27195	27,2	0,049	0,101	-	0,600	31751
Nötkreatur (Jungk) ^b	37,8	0,096	0,045	0,0047	0,723	33888	37,4	0,096	0,057	0,0048	0,744	39406
Nötkreatur (Flysjö) blöt ^{ac}	27,6	0,033	0,085	-	0,308	14426	27,1	0,038	0,099	-	0,415	21979
Nötkreatur (Jungk) blöt ^{bc}	37,7	0,079	0,042	0,0038	0,451	21118	37,3	0,084	0,055	0,0042	0,560	29634
Gris (Flysjö) ^{ad}	37,6	0,139	0,140	-	0,746	34936	36,5	0,135	0,149	-	0,759	40202
Gris (Jungk) ^{bd}	41,1	0,156	0,124	0,0059	0,797	37325	40,3	0,153	0,132	0,0059	0,814	43084
Gris (Flysjö) lysin ^{ae}	-	-	-	-	-	-	39,1	0,165	0,160	-	0,815	43147
Gris (Jungk) lysin ^{be}	-	-	-	-	-	-	40,4	0,171	0,154	0,0062	0,834	44159
Gris (Flysjö) blöt ^{acd}	37,4	0,122	0,137	-	0,473	22166	36,3	0,123	0,147	-	0,575	30431
Gris (Jungk) blöt ^{bcd}	41,0	0,138	0,121	0,0050	0,524	24555	40,2	0,141	0,130	0,0053	0,629	33312
Gris (Flysjö) lysin blöt ^{ace}	-	-	-	-	-	-	39,0	0,153	0,158	-	0,630	33375
Gris (Jungk) lysin blöt ^{bce}	-	-	-	-	-	-	40,3	0,160	0,152	0,0056	0,649	34387
Fjäderfä (Flysjö) lysin ^{ae}	36,6	0,137	0,131	-	0,742	34779	38,6	0,164	0,156	-	0,813	43059
Fjäderfä (Jungk) lysin ^{be}	39,9	0,153	0,117	0,0058	0,790	37014	39,8	0,170	0,150	0,0062	0,831	43985
Fjäderfä (Flysjö) metionin ^{af}	26,1	0,029	0,082	-	0,541	25368	28,8	0,063	0,110	-	0,626	33118
Fjäderfä (Jungk) metionin ^{bf}	38,0	0,084	0,031	0,0045	0,710	33282	38,0	0,106	0,070	0,0050	0,756	40043
Häst (Flysjö) ^a	26,8	0,042	0,082	-	0,565	26479	26,1	0,039	0,095	-	0,580	30711
Häst (Jungk) ^b	37,4	0,091	0,037	0,0046	0,716	33542	37,0	0,089	0,048	0,0046	0,736	38950
Förbränning skogsflis	49,5	0,245	0,243	0,0059	0,866	40582	44,7	0,221	0,216	0,0058	0,862	45629
Förbränning skogsflis blöt ^c	49,3	0,226	0,240	0,0050	0,592	27752	50,3	0,235	0,241	0,0059	0,764	35808
Gödselmedel	40,7	0,182	0,236	0,0066	0,835	39122	36,5	0,168	0,210	0,0062	0,829	43887
Gödselmedel blöt ^c	40,8	0,165	0,233	0,0057	0,565	26485	41,2	0,177	0,235	0,0063	0,730	34205
Biogas (80 %) stor ^{ec}	39,4	0,139	0,212	0,0046	0,493	23095	35,5	0,138	0,194	0,0048	0,595	31486
Biogas (80 %) liten ^{hc}	39,9	0,138	0,212	0,0045	0,454	21259	35,9	0,138	0,194	0,0047	0,567	30046
Biogas (80 %) bensin ^{ic}	8,0	0,149	0,233	-0,0049	0,172	8062	13,7	0,146	0,208	-0,0018	0,372	19692
Biogas (60 %) stor ^{ec}	40,4	0,148	0,218	0,0050	0,531	24872	36,2	0,145	0,198	0,0051	0,621	32880
Biogas (60 %) liten ^{hc}	40,8	0,147	0,218	0,0048	0,501	23495	36,5	0,144	0,198	0,0050	0,601	31800
Biogas (60 %) bensin ^{ic}	16,9	0,155	0,233	-0,0022	0,290	13597	19,9	0,150	0,208	0,0001	0,454	24035

^a Systemutvidgning sojamjöl från Flysjö m.fl. (2008), samt korn (egen beräkning).

^b Systemutvidgning sojamjöl från Jungk m.fl. (2000), samt korn (egen beräkning).

^c Blöt drank (DGS eller eDGS).

^d Vid extra process för 13 % högre etanolutbyte antas mängden lysin i sekundärdrank (eDDGS/eDGS) ej påverkats.

^e Vid extra process för 13 % högre etanolutbyte antas mängden lysin i sekundärdrank (eDDGS/eDGS) minskat med 50 %.

^f Vid extra process för 13 % högre etanolutbyte antas mängden metionin i sekundärdrank (eDDGS) minskat med 20 %.

^g Biogas som ersätter biogas producerad från vall i en stor anläggning.

^h Biogas som ersätter biogas producerad från vall i en liten anläggning.

ⁱ Biogas som ersätter bensin till fordonsbränsle.

^j Energiinsats efter allokering eller systemutvidgning mätt som MJ/ha (1 ha åkermark med etanolhöstvet).

I jämförelse med basalalternativet påverkas ej ordningsföljden.

Tabell B10:4. Livscykelanalys av produktion av etanol med systemutvidgning för olika användning av dranken med olika antaganden. Känslighetsanalys: markemissioner +20 %. Miljöpåverkan mäts i g/MJ_{etanol} eller i MJ/MJ_{etanol}

Typ av process etanolproduktion Miljöpåverkanskategori/ allokering	Etanol/DDGS eller Etanol/DGS						Etanol (+13 %)/eDDGS eller Etanol (+13 %)/eDGS					
	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^j	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^j
Ingen allokering	48,0	0,214	0,279	0,0072	0,878	41144	42,9	0,196	0,248	0,0068	0,867	45909
Allokering enl. energi innehåll (effektiva värmevärdet)	27,6	0,119	0,162	0,0039	0,435	20373	28,2	0,128	0,163	0,0044	0,547	28942
Ekonomisk allokering	37,3	0,154	0,220	0,0050	0,512	23988	35,9	0,157	0,210	0,0052	0,616	32613
Nötkreatur (Flysjö) ^a	24,5	0,045	0,129	-	0,561	26275	23,8	0,043	0,137	-	0,580	30731
Nötkreatur (Jungk) ^b	34,5	0,091	0,086	0,0043	0,704	32968	33,9	0,089	0,093	0,0044	0,725	38386
Nötkreatur (Flysjö) blöt ^{ac}	24,3	0,027	0,126	-	0,288	13505	23,6	0,031	0,135	-	0,396	20959
Nötkreatur (Jungk) blöt ^{bc}	34,4	0,073	0,083	0,0034	0,431	20198	33,8	0,078	0,091	0,0038	0,540	28614
Gris (Flysjö) ^{ad}	34,5	0,134	0,181	-	0,727	34047	33,2	0,129	0,185	-	0,741	39225
Gris (Jungk) ^{bd}	38,0	0,151	0,165	0,0055	0,778	36436	37,0	0,147	0,168	0,0056	0,795	42107
Gris (Flysjö) lysin ^{ae}	-	-	-	-	-	-	36,1	0,160	0,196	-	0,797	42208
Gris (Jungk) lysin ^{be}	-	-	-	-	-	-	37,4	0,166	0,190	0,0059	0,816	43221
Gris (Flysjö) blöt ^{acd}	34,3	0,117	0,178	-	0,454	21277	33,1	0,118	0,183	-	0,556	29453
Gris (Jungk) blöt ^{bcd}	37,9	0,133	0,162	0,0046	0,505	23666	36,9	0,135	0,166	0,0049	0,611	32335
Gris (Flysjö) lysin blöt ^{ace}	-	-	-	-	-	-	35,9	0,148	0,194	-	0,613	32436
Gris (Jungk) lysin blöt ^{bce}	-	-	-	-	-	-	37,3	0,154	0,188	0,0053	0,632	33449
Fjäderfä (Flysjö) lysin ^{ae}	33,6	0,133	0,172	-	0,724	33918	35,7	0,159	0,192	-	0,796	42136
Fjäderfä (Jungk) lysin ^{be}	37,0	0,148	0,158	0,0054	0,772	36152	36,9	0,165	0,186	0,0058	0,813	43062
Fjäderfä (Flysjö) metionin ^{af}	22,7	0,023	0,123	-	0,521	24417	25,4	0,057	0,146	-	0,606	32100
Fjäderfä (Jungk) metionin ^{bf}	34,5	0,078	0,072	0,0041	0,690	32331	34,6	0,099	0,106	0,0046	0,737	39025
Häst (Flysjö) ^a	23,5	0,036	0,123	-	0,546	25559	22,6	0,032	0,131	-	0,561	29687
Häst (Jungk) ^b	34,1	0,085	0,078	0,0042	0,696	32622	33,5	0,082	0,084	0,0043	0,716	37925
Förbränning skogsflis	45,4	0,237	0,284	0,0055	0,844	39530	41,0	0,214	0,252	0,0055	0,842	44576
Förbränning skogsflis blöt ^c	45,2	0,218	0,281	0,0046	0,570	26699	46,1	0,226	0,282	0,0055	0,742	34755
Gödselmedel	36,6	0,173	0,276	0,0062	0,813	38069	32,8	0,161	0,246	0,0058	0,809	42834
Gödselmedel blöt ^c	36,7	0,157	0,274	0,0053	0,543	25433	37,1	0,169	0,276	0,0059	0,708	33152
Biogas (80 %) stor ^{ec}	35,3	0,130	0,253	0,0042	0,470	22043	31,8	0,131	0,229	0,0045	0,575	30433
Biogas (80 %) liten ^{hc}	35,8	0,130	0,253	0,0040	0,431	20206	32,2	0,131	0,229	0,0044	0,548	28993
Biogas (80 %) bensin ^{ic}	3,9	0,141	0,273	-0,0053	0,150	7009	10,1	0,138	0,244	-0,0021	0,352	18639
Biogas (60 %) stor ^{ec}	36,3	0,139	0,258	0,0046	0,508	23820	32,6	0,137	0,233	0,0047	0,601	31827
Biogas (60 %) liten ^{hc}	36,7	0,139	0,258	0,0044	0,479	22442	32,9	0,137	0,233	0,0046	0,581	30747
Biogas (60 %) bensin ^{ic}	12,8	0,147	0,274	-0,0026	0,268	12544	16,2	0,143	0,244	-0,0002	0,434	22982

^a Systemutvidgning sojamjöl från Flysjö m.fl. (2008), samt korn (egen beräkning).

^b Systemutvidgning sojamjöl från Jungk m.fl. (2000), samt korn (egen beräkning).

^c Blöt drank (DGS eller eDGS).

^d Vid extra process för 13 % högre etanolutbyte antas mängden lysin i sekundärdrank (eDDGS/eDGS) ej påverkats.

^e Vid extra process för 13 % högre etanolutbyte antas mängden lysin i sekundärdrank (eDDGS/eDGS) minskat med 50 %.

^f Vid extra process för 13 % högre etanolutbyte antas mängden metionin i sekundärdrank (eDDGS) minskat med 20 %.

^g Biogas som ersätter biogas producerad från vall i en stor anläggning.

^h Biogas som ersätter biogas producerad från vall i en liten anläggning.

ⁱ Biogas som ersätter bensin till fordonsbränsle.

^j Energiinsats efter allokering eller systemutvidgning mätt som MJ/ha (1 ha åkermark med etanolhöstvet).

I jämförelse med basalalternativet påverkas ej ordningsföljden.

Tabell B10:5. Livscykelanalys av produktion av etanol med systemutvidgning för olika användning av dranken med olika antaganden. Känslighetsanalys: dragkraft +20 %. Miljöpåverkan mäts i g/MJ_{etanol} eller i MJ/MJ_{etanol}

Typ av process etanolproduktion Miljöpåverkanskategori/ allokering	Etanol/DDGS eller Etanol/DGS						Etanol (+13 %)/eDDGS eller Etanol (+13 %)/eDGS					
	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^j	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^j
Ingen allokering	46,3	0,208	0,237	0,0075	0,889	41660	41,4	0,192	0,211	0,0070	0,877	46426
Allokering enl. energi innehåll (effektiva värmevärdet)	26,6	0,115	0,137	0,0041	0,441	20674	27,2	0,125	0,139	0,0045	0,553	29283
Ekonomisk allokering	35,9	0,149	0,186	0,0052	0,521	24400	34,7	0,153	0,178	0,0054	0,624	33054
Nötkreatur (Flysjö) ^a	22,7	0,038	0,087	-	0,570	26696	22,2	0,038	0,100	-	0,590	31224
Nötkreatur (Jungk) ^b	32,7	0,084	0,043	0,0046	0,713	33389	32,4	0,084	0,056	0,0047	0,734	38879
Nötkreatur (Flysjö) blöt ^{ac}	22,5	0,020	0,084	-	0,297	13927	22,1	0,026	0,098	-	0,405	21452
Nötkreatur (Jungk) blöt ^{bc}	32,5	0,067	0,040	0,0037	0,440	20620	32,3	0,073	0,054	0,0040	0,550	29108
Gris (Flysjö) ^{ad}	32,6	0,127	0,138	-	0,735	34446	31,7	0,124	0,147	-	0,750	39688
Gris (Jungk) ^{bd}	36,2	0,144	0,123	0,0058	0,786	36835	35,5	0,142	0,131	0,0058	0,804	42569
Gris (Flysjö) lysin ^{ae}	-	-	-	-	-	-	34,5	0,154	0,158	-	0,805	42643
Gris (Jungk) lysin ^{be}	-	-	-	-	-	-	35,8	0,160	0,153	0,0061	0,825	43655
Gris (Flysjö) blöt ^{acd}	32,4	0,110	0,135	-	0,463	21676	31,6	0,112	0,145	-	0,565	29916
Gris (Jungk) blöt ^{bcd}	36,0	0,126	0,120	0,0048	0,514	24065	35,4	0,130	0,129	0,0052	0,619	32797
Gris (Flysjö) lysin blöt ^{ace}	-	-	-	-	-	-	34,3	0,142	0,157	-	0,621	32871
Gris (Jungk) lysin blöt ^{bce}	-	-	-	-	-	-	35,7	0,149	0,151	0,0055	0,640	33884
Fjäderfä (Flysjö) lysin ^{ae}	31,8	0,126	0,130	-	0,732	34297	34,0	0,154	0,154	-	0,804	42559
Fjäderfä (Jungk) lysin ^{be}	35,1	0,141	0,115	0,0056	0,780	36532	35,3	0,159	0,149	0,0060	0,821	43486
Fjäderfä (Flysjö) metionin ^{af}	20,9	0,017	0,081	-	0,531	24861	23,9	0,052	0,108	-	0,616	32592
Fjäderfä (Jungk) metionin ^{bf}	32,7	0,071	0,029	0,0044	0,700	32775	33,1	0,094	0,069	0,0049	0,746	39517
Häst (Flysjö) ^a	21,7	0,030	0,081	-	0,554	25980	21,1	0,027	0,094	-	0,570	30183
Häst (Jungk) ^b	32,3	0,079	0,035	0,0044	0,705	33044	32,0	0,077	0,046	0,0045	0,726	38422
Förbränning skogsflis	43,7	0,232	0,242	0,0057	0,855	40046	39,5	0,209	0,214	0,0057	0,852	45093
Förbränning skogsflis blöt ^c	43,5	0,212	0,239	0,0048	0,581	27216	44,5	0,221	0,240	0,0058	0,753	35272
Gödselmedel	35,0	0,168	0,234	0,0065	0,824	38586	31,4	0,156	0,209	0,0061	0,819	43351
Gödselmedel blöt ^c	35,0	0,152	0,232	0,0056	0,554	25949	35,5	0,164	0,234	0,0062	0,719	33669
Biogas (80 %) stor ^{ec}	33,6	0,125	0,211	0,0045	0,481	22559	30,4	0,126	0,192	0,0047	0,585	30950
Biogas (80 %) liten ^{hc}	34,2	0,124	0,211	0,0043	0,442	20723	30,8	0,126	0,192	0,0046	0,557	29510
Biogas (80 %) bensin ^{ic}	2,2	0,135	0,231	-0,0050	0,161	7526	8,6	0,133	0,206	-0,0019	0,362	19156
Biogas (60 %) stor ^{ec}	34,6	0,134	0,216	0,0048	0,519	24336	31,1	0,133	0,196	0,0050	0,611	32344
Biogas (60 %) liten ^{hc}	35,1	0,134	0,216	0,0047	0,490	22959	31,4	0,132	0,196	0,0049	0,591	31264
Biogas (60 %) bensin ^{ic}	11,1	0,142	0,232	-0,0023	0,279	13061	14,8	0,138	0,207	5,6*10 ⁻⁶	0,444	23499

^a Systemutvidgning sojamjöl från Flysjö m.fl. (2008), samt korn (egen beräkning).

^b Systemutvidgning sojamjöl från Jungk m.fl. (2000), samt korn (egen beräkning).

^c Blöt drank (DGS eller eDGS).

^d Vid extra process för 13 % högre etanolutbyte antas mängden lysin i sekundärdrank (eDDGS/eDGS) ej påverkats.

^e Vid extra process för 13 % högre etanolutbyte antas mängden lysin i sekundärdrank (eDDGS/eDGS) minskat med 50 %.

^f Vid extra process för 13 % högre etanolutbyte antas mängden metionin i sekundärdrank (eDDGS) minskat med 20 %.

^g Biogas som ersätter biogas producerad från vall i en stor anläggning.

^h Biogas som ersätter biogas producerad från vall i en liten anläggning.

ⁱ Biogas som ersätter bensin till fordonsbränsle.

^j Energiinsats efter allokering eller systemutvidgning mätt som MJ/ha (1 ha åkermark med etanolhöstvet).

I jämförelse med basalalternativet påverkas ej ordningsföljden.

Tabell B10:6. Livscykelanalys av produktion av etanol med systemutvidgning för olika användning av dranken med olika antaganden. Känslighetsanalys: el och värme +20 %. Miljöpåverkan mäts i g/MJ_{etanol} eller i MJ/MJ_{etanol}

Typ av process etanolproduktion Miljöpåverkanskategori/ allokering	Etanol/DDGS eller Etanol/DGS						Etanol (+13 %)/eDDGS eller Etanol (+13 %)/eDGS					
	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^j	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^j
Ingen allokering	46,1	0,212	0,238	0,0077	0,994	46566	41,3	0,196	0,212	0,0073	0,987	52271
Allokering enl. energi innehåll (effektiva värmevärdet)	26,4	0,116	0,137	0,0042	0,487	22810	27,1	0,128	0,139	0,0047	0,621	32869
Ekonomisk allokering	35,6	0,149	0,186	0,0052	0,567	26562	34,4	0,154	0,178	0,0056	0,694	36741
Nötkreatur (Flysjö) ^a	22,6	0,043	0,087	-	0,677	31697	22,1	0,042	0,100	-	0,701	37093
Nötkreatur (Jungk) ^b	32,6	0,089	0,044	0,0048	0,819	38390	32,3	0,089	0,056	0,0049	0,845	44748
Nötkreatur (Flysjö) blöt ^{ac}	22,1	0,020	0,084	-	0,346	16208	21,8	0,027	0,098	-	0,477	25240
Nötkreatur (Jungk) blöt ^{bc}	32,2	0,066	0,040	0,0037	0,489	22901	32,0	0,074	0,054	0,0042	0,621	32895
Gris (Flysjö) ^{ad}	32,5	0,132	0,139	-	0,842	39469	31,6	0,129	0,148	-	0,861	45587
Gris (Jungk) ^{bd}	36,1	0,149	0,124	0,0060	0,893	41858	35,4	0,147	0,132	0,0061	0,915	48468
Gris (Flysjö) lysin ^{ae}	-	-	-	-	-	-	34,4	0,160	0,159	-	0,917	48570
Gris (Jungk) lysin ^{be}	-	-	-	-	-	-	35,8	0,166	0,153	0,0064	0,936	49582
Gris (Flysjö) blöt ^{acd}	32,1	0,110	0,135	-	0,512	23980	31,3	0,114	0,146	-	0,637	33734
Gris (Jungk) blöt ^{bcd}	35,7	0,126	0,120	0,0049	0,563	26369	35,1	0,131	0,129	0,0053	0,692	36616
Gris (Flysjö) lysin blöt ^{ace}	-	-	-	-	-	-	34,1	0,144	0,157	-	0,693	36717
Gris (Jungk) lysin blöt ^{bce}	-	-	-	-	-	-	35,5	0,151	0,151	0,0056	0,713	37730
Fjäderfä (Flysjö) lysin ^{ae}	31,7	0,131	0,131	-	0,840	39340	34,0	0,159	0,155	-	0,916	48498
Fjäderfä (Jungk) lysin ^{be}	35,1	0,146	0,116	0,0059	0,887	41574	35,3	0,165	0,150	0,0064	0,934	49424
Fjäderfä (Flysjö) metionin ^{af}	20,7	0,021	0,081	-	0,637	29839	23,8	0,056	0,109	-	0,726	38461
Fjäderfä (Jungk) metionin ^{bf}	32,6	0,076	0,030	0,0046	0,806	37753	33,0	0,099	0,069	0,0051	0,857	45387
Häst (Flysjö) ^a	21,6	0,034	0,082	-	0,661	30981	21,0	0,032	0,094	-	0,681	36048
Häst (Jungk) ^b	32,2	0,083	0,036	0,0047	0,812	38045	31,9	0,082	0,047	0,0048	0,836	44287
Förbränning skogsflis	43,5	0,235	0,242	0,0060	0,959	44952	39,4	0,213	0,215	0,0060	0,962	50938
Förbränning skogsflis blöt ^c	43,0	0,211	0,238	0,0048	0,628	29402	44,1	0,222	0,240	0,0059	0,833	39036
Gödselmedel	34,7	0,172	0,235	0,0067	0,928	43491	31,2	0,161	0,209	0,0063	0,929	49196
Gödselmedel blöt ^c	34,5	0,150	0,231	0,0056	0,600	28135	35,1	0,165	0,234	0,0063	0,799	37432
Biogas (80 %) stor ^{ec}	33,1	0,123	0,210	0,0045	0,528	24745	30,0	0,127	0,192	0,0048	0,656	34714
Biogas (80 %) liten ^{hc}	33,6	0,123	0,210	0,0043	0,489	22909	30,4	0,127	0,192	0,0047	0,628	33274
Biogas (80 %) bensin ^{ic}	1,7	0,134	0,231	-0,0051	0,207	9712	8,3	0,135	0,207	-0,0018	0,433	22920
Biogas (60 %) stor ^{ec}	34,1	0,132	0,216	0,0048	0,566	26522	30,8	0,134	0,196	0,0051	0,682	36108
Biogas (60 %) liten ^{hc}	34,5	0,132	0,216	0,0047	0,537	25145	31,1	0,133	0,196	0,0050	0,662	35028
Biogas (60 %) bensin ^{ic}	10,6	0,140	0,231	-0,0023	0,325	15247	14,4	0,139	0,207	0,0001	0,515	27263

^a Systemutvidgning sojamjöl från Flysjö m.fl. (2008), samt korn (egen beräkning).

^b Systemutvidgning sojamjöl från Jungk m.fl. (2000), samt korn (egen beräkning).

^c Blöt drank (DGS eller eDGS).

^d Vid extra process för 13 % högre etanolutbyte antas mängden lysin i sekundärdrank (eDDGS/eDGS) ej påverkats.

^e Vid extra process för 13 % högre etanolutbyte antas mängden lysin i sekundärdrank (eDDGS/eDGS) minskat med 50 %.

^f Vid extra process för 13 % högre etanolutbyte antas mängden metionin i sekundärdrank (eDDGS) minskat med 20 %.

^g Biogas som ersätter biogas producerad från vall i en stor anläggning.

^h Biogas som ersätter biogas producerad från vall i en liten anläggning.

ⁱ Biogas som ersätter bensin till fordonsbränsle.

^j Energiinsats efter allokering eller systemutvidgning mätt som MJ/ha (1 ha åkermark med etanolhöstvet).

För GWP (DDGS) ändras ordningsföljden mellan biogas och grisar och fjäderfän (lysin), i förhållande till basalalternativet, till biogas-alternativens fördel. Även i basalalternativet ligger dessa nära varandra med överlapp.

Tabell B10:7. Livscykelanalys av produktion av etanol med systemutvidgning för olika användning av dranken med olika antaganden. Känslighetsanalys: emissioner kemikalier och enzymer +20 %. Miljöpåverkan mäts i g/MJ_{etanol} eller i MJ/MJ_{etanol}

Typ av process etanolproduktion Miljöpåverkanskategori/ allokering	Etanol/DDGS eller Etanol/DGS						Etanol (+13 %)/eDDGS eller Etanol (+13 %)/eDGS					
	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^j	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^j
Ingen allokering	45,6	0,202	0,236	0,0072	0,879	41169	40,7	0,186	0,210	0,0068	0,868	45936
Allokering enl. energi innehåll (effektiva värmevärdet)	26,2	0,112	0,136	0,0039	0,435	20387	26,7	0,121	0,138	0,0044	0,547	28960
Ekonomisk allokering	35,3	0,144	0,185	0,0050	0,512	24008	34,1	0,148	0,177	0,0052	0,616	32636
Nötkreatur (Flysjö) ^a	22,0	0,033	0,086	-	0,561	26300	21,6	0,032	0,098	-	0,581	30758
Nötkreatur (Jungk) ^b	32,1	0,079	0,042	0,0043	0,704	32993	31,8	0,079	0,055	0,0044	0,726	38413
Nötkreatur (Flysjö) blöt ^{ac}	21,9	0,015	0,083	-	0,289	13531	21,5	0,020	0,097	-	0,396	20986
Nötkreatur (Jungk) blöt ^{bc}	31,9	0,061	0,039	0,0034	0,432	20223	31,7	0,067	0,053	0,0038	0,541	28642
Gris (Flysjö) ^{ad}	32,0	0,122	0,137	-	0,727	34072	31,1	0,119	0,146	-	0,741	39252
Gris (Jungk) ^{bd}	35,6	0,139	0,122	0,0055	0,778	36461	34,9	0,136	0,130	0,0056	0,796	42134
Gris (Flysjö) lysin ^{ae}	-	-	-	-	-	-	33,9	0,149	0,158	-	0,798	42235
Gris (Jungk) lysin ^{be}	-	-	-	-	-	-	35,2	0,156	0,152	0,0059	0,817	43248
Gris (Flysjö) blöt ^{acd}	31,8	0,105	0,134	-	0,455	21302	31,0	0,107	0,144	-	0,557	29481
Gris (Jungk) blöt ^{bcd}	35,4	0,121	0,119	0,0046	0,506	23691	34,8	0,125	0,128	0,0050	0,611	32362
Gris (Flysjö) lysin blöt ^{ace}	-	-	-	-	-	-	33,8	0,138	0,156	-	0,613	32464
Gris (Jungk) lysin blöt ^{bce}	-	-	-	-	-	-	35,1	0,144	0,150	0,0053	0,632	33476
Fjäderfä (Flysjö) lysin ^{ae}	31,2	0,121	0,129	-	0,724	33943	33,5	0,149	0,153	-	0,796	42163
Fjäderfä (Jungk) lysin ^{be}	34,6	0,136	0,114	0,0054	0,772	36177	34,7	0,155	0,148	0,0059	0,814	43090
Fjäderfä (Flysjö) metionin ^{af}	20,2	0,011	0,080	-	0,522	24442	23,2	0,046	0,107	-	0,607	32127
Fjäderfä (Jungk) metionin ^{bf}	32,1	0,066	0,028	0,0041	0,691	32356	32,4	0,088	0,068	0,0046	0,738	39052
Häst (Flysjö) ^a	21,1	0,024	0,080	-	0,546	25584	20,4	0,022	0,093	-	0,561	29714
Häst (Jungk) ^b	31,7	0,073	0,034	0,0042	0,697	32648	31,4	0,072	0,045	0,0043	0,717	37952
Förbränning skogsflis	43,0	0,225	0,241	0,0055	0,844	39555	38,9	0,203	0,213	0,0055	0,842	44603
Förbränning skogsflis blöt ^c	42,7	0,206	0,237	0,0046	0,570	26724	43,7	0,214	0,239	0,0055	0,742	34782
Gödselmedel	34,2	0,162	0,233	0,0062	0,813	38094	30,7	0,150	0,208	0,0058	0,810	42862
Gödselmedel blöt ^c	34,2	0,145	0,231	0,0053	0,543	25458	34,7	0,157	0,232	0,0059	0,708	33179
Biogas (80 %) stor ^{ec}	32,8	0,118	0,210	0,0042	0,471	22068	29,7	0,120	0,191	0,0045	0,575	30461
Biogas (80 %) liten ^{hc}	33,4	0,118	0,209	0,0040	0,432	20232	30,1	0,120	0,191	0,0044	0,548	29020
Biogas (80 %) bensin ^{ic}	1,5	0,129	0,230	-0,0053	0,150	7034	7,9	0,128	0,205	-0,0021	0,353	18667
Biogas (60 %) stor ^{ec}	33,9	0,128	0,215	0,0046	0,509	23845	30,4	0,127	0,195	0,0047	0,602	31855
Biogas (60 %) liten ^{hc}	34,3	0,127	0,215	0,0044	0,480	22468	30,7	0,127	0,195	0,0046	0,581	30774
Biogas (60 %) bensin ^{ic}	10,4	0,135	0,231	-0,0026	0,268	12570	14,1	0,132	0,206	-0,0002	0,435	23009

^a Systemutvidgning sojamjöl från Flysjö m.fl. (2008), samt korn (egen beräkning).

^b Systemutvidgning sojamjöl från Jungk m.fl. (2000), samt korn (egen beräkning).

^c Blöt drank (DGS eller eDGS).

^d Vid extra process för 13 % högre etanolutbyte antas mängden lysin i sekundärdrank (eDDGS/eDGS) ej påverkats.

^e Vid extra process för 13 % högre etanolutbyte antas mängden lysin i sekundärdrank (eDDGS/eDGS) minskat med 50 %.

^f Vid extra process för 13 % högre etanolutbyte antas mängden metionin i sekundärdrank (eDDGS) minskat med 20 %.

^g Biogas som ersätter biogas producerad från vall i en stor anläggning.

^h Biogas som ersätter biogas producerad från vall i en liten anläggning.

ⁱ Biogas som ersätter bensin till fordonsbränsle.

^j Energiinsats efter allokering eller systemutvidgning mätt som MJ/ha (1 ha åkermark med etanolhöstvet).

I jämförelse med basalalternativet påverkas ej ordningsföljden.

Tabell B10:8. Livscykelanalys av produktion av etanol med systemutvidgning för olika användning av dranken med olika antaganden. Känslighetsanalys: alla transporter +20 %. Miljöpåverkan mäts i g/MJ_{etanol} eller i MJ/MJ_{etanol}

Typ av process etanolproduktion Miljöpåverkanskategori/ allokering	Etanol/DDGS eller Etanol/DGS						Etanol (+13 %)/eDDGS eller Etanol (+13 %)/eDGS					
	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^j	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^j
Ingen allokering	45,8	0,203	0,236	0,0073	0,882	41344	41,0	0,187	0,210	0,0068	0,871	46109
Allokering enl. energi innehåll (effektiva värmevärdet)	26,3	0,113	0,137	0,0040	0,437	20492	26,9	0,122	0,138	0,0044	0,549	29077
Ekonomisk allokering	35,5	0,145	0,185	0,0050	0,515	24135	34,3	0,149	0,177	0,0053	0,619	32773
Nötkreatur (Flysjö) ^a	22,3	0,034	0,086	-	0,565	26475	21,8	0,034	0,099	-	0,584	30931
Nötkreatur (Jungk) ^b	32,3	0,081	0,043	0,0044	0,708	33168	32,0	0,080	0,055	0,0045	0,729	38586
Nötkreatur (Flysjö) blöt ^{ac}	22,4	0,019	0,083	-	0,296	13871	21,9	0,023	0,097	-	0,402	21286
Nötkreatur (Jungk) blöt ^{bc}	32,4	0,065	0,040	0,0036	0,439	20564	32,0	0,070	0,053	0,0039	0,547	28941
Gris (Flysjö) ^{ad}	32,3	0,124	0,138	-	0,731	34247	31,3	0,120	0,147	-	0,745	39425
Gris (Jungk) ^{bd}	35,9	0,140	0,122	0,0056	0,782	36636	35,1	0,138	0,130	0,0056	0,799	42306
Gris (Flysjö) lysin ^{ae}	-	-	-	-	-	-	34,1	0,151	0,158	-	0,801	42408
Gris (Jungk) lysin ^{be}	-	-	-	-	-	-	35,5	0,157	0,152	0,0060	0,820	43421
Gris (Flysjö) blöt ^{acd}	32,3	0,108	0,135	-	0,462	21643	31,3	0,110	0,145	-	0,562	29780
Gris (Jungk) blöt ^{bcd}	35,9	0,125	0,120	0,0048	0,513	24032	35,2	0,127	0,128	0,0051	0,617	32661
Gris (Flysjö) lysin blöt ^{ace}	-	-	-	-	-	-	34,2	0,140	0,156	-	0,619	32763
Gris (Jungk) lysin blöt ^{bce}	-	-	-	-	-	-	35,5	0,146	0,150	0,0054	0,638	33775
Fjäderfä (Flysjö) lysin ^{ae}	31,5	0,123	0,129	-	0,728	34118	33,7	0,150	0,154	-	0,800	42336
Fjäderfä (Jungk) lysin ^{be}	34,8	0,138	0,115	0,0055	0,776	36353	34,9	0,156	0,148	0,0059	0,817	43262
Fjäderfä (Flysjö) metionin ^{af}	20,5	0,013	0,080	-	0,525	24617	23,5	0,048	0,108	-	0,610	32299
Fjäderfä (Jungk) metionin ^{bf}	32,3	0,067	0,029	0,0042	0,694	32531	32,6	0,090	0,068	0,0047	0,741	39225
Häst (Flysjö) ^a	21,3	0,026	0,080	-	0,550	25759	20,7	0,023	0,093	-	0,564	29886
Häst (Jungk) ^b	31,9	0,075	0,035	0,0043	0,701	32823	31,6	0,073	0,046	0,0044	0,720	38125
Förbränning skogsflis	43,2	0,227	0,241	0,0055	0,848	39730	39,1	0,205	0,214	0,0055	0,846	44776
Förbränning skogsflis blöt ^c	43,2	0,209	0,238	0,0047	0,578	27065	44,1	0,217	0,239	0,0056	0,749	35082
Gödselmedel	34,4	0,163	0,233	0,0063	0,817	38269	30,9	0,152	0,208	0,0059	0,813	43034
Gödselmedel blöt ^c	34,7	0,149	0,231	0,0054	0,551	25799	35,1	0,160	0,233	0,0060	0,715	33478
Biogas (80 %) stor ^{ec}	33,3	0,122	0,210	0,0044	0,478	22409	30,1	0,123	0,192	0,0046	0,581	30760
Biogas (80 %) liten ^{hc}	33,9	0,121	0,210	0,0042	0,439	20572	30,5	0,123	0,192	0,0045	0,554	29319
Biogas (80 %) bensin ^{ic}	2,0	0,132	0,231	-0,0052	0,157	7362	8,3	0,130	0,206	-0,0020	0,358	18955
Biogas (60 %) stor ^{ec}	34,3	0,131	0,216	0,0047	0,516	24185	30,8	0,129	0,196	0,0048	0,607	32154
Biogas (60 %) liten ^{hc}	34,8	0,130	0,216	0,0046	0,487	22808	31,1	0,129	0,196	0,0047	0,587	31073
Biogas (60 %) bensin ^{ic}	10,8	0,139	0,231	-0,0024	0,275	12900	14,5	0,135	0,206	-0,0001	0,440	23300

^a Systemutvidgning sojamjöl från Flysjö m.fl. (2008), samt korn (egen beräkning).

^b Systemutvidgning sojamjöl från Jungk m.fl. (2000), samt korn (egen beräkning).

^c Blöt drank (DGS eller eDGS).

^d Vid extra process för 13 % högre etanolutbyte antas mängden lysin i sekundärdrank (eDDGS/eDGS) ej påverkats.

^e Vid extra process för 13 % högre etanolutbyte antas mängden lysin i sekundärdrank (eDDGS/eDGS) minskat med 50 %.

^f Vid extra process för 13 % högre etanolutbyte antas mängden metionin i sekundärdrank (eDDGS) minskat med 20 %.

^g Biogas som ersätter biogas producerad från vall i en stor anläggning.

^h Biogas som ersätter biogas producerad från vall i en liten anläggning.

ⁱ Biogas som ersätter bensin till fordonsbränsle.

^j Energiinsats efter allokering eller systemutvidgning mätt som MJ/ha (1 ha åkermark med etanolhöstvet).

I jämförelse med basalalternativet påverkas ej ordningsföljden.

Tabell B10:9. Livscykelanalys av produktion av etanol med allokering efter produkternas energiinnehåll (effektiva värmevärdet). Inverkan av känslighetsanalyser. Miljöpåverkan mäts i g/MJ_{etanol} eller i MJ/MJ_{etanol}

Typ av process etanol- produktion Miljöpåverkanskategori/ känslighetsanalyser	Etanol/DDGS eller Etanol/DGS						Etanol (+13 %)/eDDGS eller Etanol (+13 %)/eDGS					
	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^a	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^a
Basalternativ	26,2	0,112	0,136	0,0039	0,435	20373	26,7	0,121	0,138	0,0044	0,547	28942
Skörd av höstvetete +20 %	22,4	0,098	0,114	0,0036	0,416	23369	23,0	0,108	0,116	0,0040	0,527	33510
Skörd av höstvetete -20 %	31,8	0,132	0,171	0,0044	0,464	17393	32,4	0,142	0,173	0,0049	0,576	24394
Konstgödselmedel, insats +20 %	30,0	0,123	0,138	0,0042	0,448	20986	30,6	0,133	0,140	0,0046	0,560	29636
Markemissioner +20 %	27,6	0,119	0,162	0,0039	0,435	20373	28,2	0,128	0,163	0,0044	0,547	28942
Dragkraft +20 %	26,6	0,115	0,137	0,0041	0,441	20674	27,2	0,125	0,139	0,0045	0,553	29283
El och värme +20 %, Emissioner, kemikalier och enzymer +20 %	26,4	0,116	0,137	0,0042	0,487	22810	27,1	0,128	0,139	0,0047	0,621	32869
Alla transporter +20 %	26,2	0,112	0,136	0,0039	0,435	20387	26,7	0,121	0,138	0,0044	0,547	28960
Alla transporter +20 %	26,3	0,113	0,137	0,0040	0,437	20492	26,9	0,122	0,138	0,0044	0,549	29077

^a Energiinsats efter allokering eller systemutvidgning mätt som MJ/ha (1 ha åkermark med etanolhöstvetete).

Tabell B10:10. Livscykelanalys av produktion av etanol med systemutvidgning utfodring av nötkreatur där dranken (torr) ersätter sojamjöl (Flysjö m.fl., 2008) samt korn (egen beräkning). Inverkan av känslighetsanalyser. Miljöpåverkan mäts i g/MJ_{etanol} eller i MJ/MJ_{etanol}

Typ av process etanol- produktion Miljöpåverkanskategori/ känslighetsanalyser	Etanol/DDGS eller Etanol/DGS						Etanol (+13 %)/eDDGS eller Etanol (+13 %)/eDGS					
	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^a	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^a
Basalternativ	22,0	0,032	0,086	-	0,561	26275	21,6	0,032	0,098	-	0,580	30731
Skörd av höstvetete +20 %	15,6	0,009	0,047	-	0,528	29679	15,9	0,011	0,064	-	0,551	35024
Skörd av höstvetete -20 %	31,8	0,068	0,145	-	0,611	22901	30,2	0,063	0,151	-	0,625	26467
Konstgödselmedel, insats +20 %	27,8	0,050	0,088	-	0,580	27195	27,2	0,049	0,101	-	0,600	31751
Markemissioner +20 %	24,5	0,045	0,129	-	0,561	26275	23,8	0,043	0,137	-	0,580	30731
Dragkraft +20 %	22,7	0,038	0,087	-	0,570	26696	22,2	0,038	0,100	-	0,590	31224
El och värme +20 %, Emissioner, kemikalier och enzymer +20 %	22,6	0,043	0,087	-	0,677	31697	22,1	0,042	0,100	-	0,701	37093
Alla transporter +20 %	22,0	0,033	0,086	-	0,561	26300	21,6	0,032	0,098	-	0,581	30758
Alla transporter +20 %	22,3	0,034	0,086	-	0,565	26475	21,8	0,034	0,099	-	0,584	30931

^a Energiinsats efter allokering eller systemutvidgning mätt som MJ/ha (1 ha åkermark med etanolhöstvetete).

Tabell B10:11. Livscykelanalys av produktion av etanol med systemutvidgning utfodring av nötkreatur där dranken (torr) ersätter sojamjöl (Jungk m.fl., 2000) samt korn (egen beräkning). Inverkan av känslighetsanalyser. Miljöpåverkan mäts i g/MJ_{etanol} eller i MJ/MJ_{etanol}

Typ av process etanolproduktion Miljöpåverkanskategori/ känslighetsanalyser	Etanol/DDGS eller Etanol/DGS						Etanol (+13 %)/eDDGS eller Etanol (+13 %)/eDGS					
	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^a	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^a
Basalternativ	32,1	0,079	0,042	0,0043	0,704	32968	31,7	0,079	0,055	0,0044	0,725	38386
Skörd av höstvetete +20 %	25,7	0,055	0,004	0,0037	0,671	37710	26,1	0,058	0,020	0,0039	0,696	44211
Skörd av höstvetete -20 %	41,8	0,114	0,101	0,0052	0,754	28255	40,4	0,110	0,107	0,0052	0,769	32591
Konstgödselmedel, insats +20 %	37,8	0,096	0,045	0,0047	0,723	33888	37,4	0,096	0,057	0,0048	0,744	39406
Markemissioner +20 %	34,5	0,091	0,086	0,0043	0,704	32968	33,9	0,089	0,093	0,0044	0,725	38386
Dragkraft +20 %	32,7	0,084	0,043	0,0046	0,713	33389	32,4	0,084	0,056	0,0047	0,734	38879
El och värme +20 %, Emissioner, kemikalier och enzymer +20 %	32,6	0,089	0,044	0,0048	0,819	38390	32,3	0,089	0,056	0,0049	0,845	44748
Alla transporter +20 %	32,1	0,079	0,042	0,0043	0,704	32993	31,8	0,079	0,055	0,0044	0,726	38413
Alla transporter +20 %	32,3	0,081	0,043	0,0044	0,708	33168	32,0	0,080	0,055	0,0045	0,729	38586

^a Energiinsats efter allokering eller systemutvidgning mätt som MJ/ha (1 ha åkermark med etanolhöstvetete).

Tabell B10:12. Livscykelanalys av produktion av etanol med systemutvidgning utfodring av grisar där dranken (torr) ersätter sojamjöl (Flysjö m.fl., 2008) samt korn (egen beräkning). Inverkan av känslighetsanalyser. Miljöpåverkan mäts i g/MJ_{etanol} eller i MJ/MJ_{etanol}

Typ av process etanolproduktion Miljöpåverkanskategori/ känslighetsanalyser	Etanol/DDGS eller Etanol/DGS						Etanol (+13 %)/eDDGS eller Etanol (+13 %)/eDGS					
	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^a	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^a
Basalternativ	32,0	0,122	0,137	-	0,727	34047	33,9	0,149	0,158	-	0,797	42208
Skörd av höstvetete +20 %	25,6	0,099	0,099	-	0,694	39005	28,2	0,129	0,123	-	0,768	48797
Skörd av höstvetete -20 %	41,7	0,157	0,196	-	0,777	29118	42,5	0,181	0,210	-	0,842	35649
Konstgödselmedel, insats +20 %	37,6	0,139	0,140	-	0,746	34936	39,1	0,165	0,160	-	0,815	43147
Markemissioner +20 %	34,5	0,134	0,181	-	0,727	34047	36,1	0,160	0,196	-	0,797	42208
Dragkraft +20 %	32,6	0,127	0,138	-	0,735	34446	34,5	0,154	0,158	-	0,805	42643
El och värme +20 %, Emissioner, kemikalier och enzymer +20 %	32,5	0,132	0,139	-	0,842	39469	34,4	0,160	0,159	-	0,917	48570
Alla transporter +20 %	32,0	0,122	0,137	-	0,727	34072	33,9	0,149	0,158	-	0,798	42235
Alla transporter +20 %	32,3	0,124	0,138	-	0,731	34247	34,1	0,151	0,158	-	0,801	42408

^a Energiinsats efter allokering eller systemutvidgning mätt som MJ/ha (1 ha åkermark med etanolhöstvetete).

Tabell B10:13. Livscykelanalys av produktion av etanol med systemutvidgning utfodring av grisar där dranken (torr) ersätter sojamjöl (Jungk m.fl., 2000) samt korn (egen beräkning). Inverkan av känslighetsanalyser. Miljöpåverkan mäts i g/MJ_{etanol} eller i MJ/MJ_{etanol}

Typ av process etanol- produktion Miljöpåverkanskategori/ känslighetsanalyser	Etanol/DDGS eller Etanol/DGS						Etanol (+13 %)/eDDGS eller Etanol (+13 %)/eDGS					
	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^a	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^a
Basalternativ	35,6	0,138	0,122	0,0055	0,778	36436	35,2	0,155	0,152	0,0059	0,816	43221
Skörd av höstvetete +20 %	29,2	0,115	0,083	0,0050	0,745	41872	29,6	0,135	0,117	0,0054	0,787	50012
Skörd av höstvetete -20 %	45,3	0,174	0,181	0,0064	0,828	31029	43,8	0,187	0,204	0,0067	0,861	36459
Konstgödselmedel, insats +20 %	41,1	0,156	0,124	0,0059	0,797	37325	40,4	0,171	0,154	0,0062	0,834	44159
Markemissioner +20 %	38,0	0,151	0,165	0,0055	0,778	36436	37,4	0,166	0,190	0,0059	0,816	43221
Dragkraft +20 %	36,2	0,144	0,123	0,0058	0,786	36835	35,8	0,160	0,153	0,0061	0,825	43655
El och värme +20 %, Emissioner, kemikalier och enzymer +20 %	36,1	0,149	0,124	0,0060	0,893	41858	35,8	0,166	0,153	0,0064	0,936	49582
Alla transporter +20 %	35,6	0,139	0,122	0,0055	0,778	36461	35,2	0,156	0,152	0,0059	0,817	43248
Alla transporter +20 %	35,9	0,140	0,122	0,0056	0,782	36636	35,5	0,157	0,152	0,0060	0,820	43421

^a Energiinsats efter allokering eller systemutvidgning mätt som MJ/ha (1 ha åkermark med etanolhöstvetete).

Tabell B10:14. Livscykelanalys av produktion av etanol med systemutvidgning biogas (80 % utbyte) (blöt drank) som ersätter storskaligt producerad biogas från vall. Inverkan av känslighetsanalyser. Miljöpåverkan mäts i g/MJ_{etanol} eller i MJ/MJ_{etanol}

Typ av process etanol- produktion Miljöpåverkanskategori/ känslighetsanalyser	Etanol/DDGS eller Etanol/DGS						Etanol (+13 %)/eDDGS eller Etanol (+13 %)/eDGS					
	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^a	GWP	AP	EP	POCP	Energi	Energi ^a
Basalternativ	32,8	0,118	0,210	0,0042	0,470	22043	29,7	0,120	0,191	0,0045	0,575	30433
Skörd av höstvetete +20 %	26,4	0,095	0,171	0,0036	0,438	24600	24,0	0,100	0,157	0,0040	0,546	34667
Skörd av höstvetete -20 %	42,5	0,154	0,269	0,0051	0,521	19515	38,3	0,152	0,243	0,0053	0,619	26229
Konstgödselmedel, insats +20 %	39,4	0,139	0,212	0,0046	0,493	23095	35,5	0,138	0,194	0,0048	0,595	31486
Markemissioner +20 %	35,3	0,130	0,253	0,0042	0,470	22043	31,8	0,131	0,229	0,0045	0,575	30433
Dragkraft +20 %	33,6	0,125	0,211	0,0045	0,481	22559	30,4	0,126	0,192	0,0047	0,585	30950
El och värme +20 %, Emissioner, kemikalier och enzymer +20 %	33,1	0,123	0,210	0,0045	0,528	24745	30,0	0,127	0,192	0,0048	0,656	34714
Alla transporter +20 %	32,8	0,118	0,210	0,0042	0,471	22068	29,7	0,120	0,191	0,0045	0,575	30461
Alla transporter +20 %	33,3	0,122	0,210	0,0044	0,478	22409	30,1	0,123	0,192	0,0046	0,581	30760

^a Energiinsats efter allokering eller systemutvidgning mätt som MJ/ha (1 ha åkermark med etanolhöstvetete).

SLU
Institutionen för energi och teknik
Box 7032
75007 UPPSALA
Tel. 018-671000
www.slu.se/energioghteknik

SLU
Department of Energy and Technology
Box 7032
S-75007 UPPSALA
SWEDEN
Phone +46 18 671000
