

**JTI-rapport**  
Lantbruk & Industri  
**272**

# Livscykelanalys av gödsel från slaktskyckling

*Life-Cycle Assessment of broiler manure*

Erika Vestgöte

© **JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik 2000**

Enligt lagen om upphovsrätt är det förbjudet  
att utan skriftligt tillstånd från copyrightinnehavaren  
helt eller delvis mångfaldiga detta arbete.

ISSN 1401-4963



# Innehåll

Förord.....	5
Sammanfattning .....	7
Summary .....	8
Inledning .....	10
Bakgrund .....	10
Syfte .....	10
Litteraturgenomgång.....	11
Produktion av slaktkyckling och ägg i Sverige.....	11
Slaktkyckling .....	11
Värphöns.....	11
Gödsel från slaktkycklingar.....	11
Ekologisk odling .....	12
Torkad, pelleterad gödsel .....	13
Försäljning av färsk gödsel .....	14
Hygieniska aspekter på hantering av gödsel från fjäderfä .....	15
Allmänt om livscykelanalys.....	15
Livscykelanalys av jordbruksprodukter .....	15
Livscykelanalysens struktur .....	16
Funktionell enhet.....	16
Torkning av kycklinggödsel i laboratorietork – experimentell studie.....	17
Utförande.....	17
Resultat.....	18
Genomförande av LCA av gödsel .....	19
Syfte med LCA av kycklinggödsel .....	19
Metod .....	19
Scenarier .....	20
Känslighetsanalys .....	20
Omfattning och systemgränser.....	21
Från vaggan till graven .....	21
Omfattning .....	21
Tillverkning av kapitalvaror .....	21
Geografiska avgränsningar .....	22
Beskrivning av de studerade systemen.....	22
Datainsamling.....	23
Näringsinnehåll i gödsel .....	23
Elektricitet .....	24
Transporter.....	24
Lagring av gödsel .....	25

Spridning av gödsel .....	25
Produktion av pelleterad gödsel .....	27
Produktion av konstgödsel.....	28
Paketering .....	29
Miljöpåverkansbeskrivning.....	29
Klassificering .....	29
Karakterisering .....	29
Resultat .....	32
Scenario 1, grundscenario .....	32
Scenario 2.....	37
Scenario 3.....	37
Scenario 4.....	39
Jämförelse mellan kycklinggödsel och konstgödsel .....	40
Känslighetsanalys.....	43
Ökning av energiåtgången vid torkning .....	43
Emissionerna relaterade till förpackningen halveras.....	43
Ammoniakavgången vid torkning minimeras .....	43
Gödselmedlens verkan i odlingen beaktas med avseende på utförda odlingsförsök .....	44
Fosfor som funktionell enhet.....	44
Diskussion.....	45
Slutsatser.....	47
Referenser .....	48
Litteratur.....	48
Personliga meddelanden.....	50
Internetadresser .....	50
Bilaga 1. Näringsinnehåll i gödsel.....	51
Bilaga 2. Elektricitet .....	53
Bilaga 3. Transport .....	55
Bilaga 4. Lagring och spridning .....	57
Bilaga 5. Torkning av gödsel.....	59
Bilaga 6. Pelletering.....	61
Bilaga 7. Framställning av konstgödsel.....	63
Bilaga 8. Förpackning.....	67

## Förord

Gödsel från slaktkyckling är efterfrågad främst inom ekologisk växtodling. Gödseln köps ofta in färsk eller i förädlad form. Vilken hantering som är att föredra är relativt outforskad och syftet med denna rapport är att bidra till ökad kunskap om miljöbelastningen. De olika gödselmedlen studerades ur ett livscykel-perspektiv. De alternativ som jämfördes var försäljning av färsk gödsel och försäljning av torkad, pelleterad gödsel. Kycklinggödseln jämfördes även med två konstgödselmedel.

Rapporten redovisar resultatet av ett examensarbete för agronomprogrammet med teknisk inriktning vid Sveriges lantbruksuniversitet, SLU. Arbetet utfördes av agronomie studerande Erika Vestgöte under vårterminen år 2000. Initiativtagare till studien var JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik. Forskningsledarna Lena Rodhe och Anna Richert Stintzing vid JTI, samt t.f. professor Per-Anders Hansson vid institutionen för lantbruksteknik, SLU, har varit handledare för examensarbetet. Per-Anders Hansson har även varit examinator.

JTI har finansierat detta projekt med undantag för gödselanalyserna som har finansierats av institutionen för lantbruksteknik.

Till alla som bidragit med information och uppbackning under arbetets gång riktas ett varmt tack!

Ultuna, Uppsala i juni 2000

*Björn Sundell*

Chef för JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik



## Sammanfattning

Syftet med examensarbetet var att jämföra två olika alternativ för omhändertagande av gödsel från slaktkycklingar. Jämförelsen gjordes ur ett livscykelperspektiv. Funktionell enhet var 1 kg totalkväve, vilket avser det kväve som tillförts grödan efter spridningsförluster. Studien initierades av JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik. Målgrupp var främst jordbrukare och rådgivare inom ekologisk växtodling.

Produktionen av slaktkyckling i Sverige sker i regel i stora anläggningar och gödselproduktionen på en och samma plats är betydande. Gödsel från slaktkyckling är godkänd inom ekologisk växtodling eftersom uppfödningen av slaktkycklingar sker frigående på golv. Gödsel från slaktkyckling säljs färsk och i förädlad form, t.ex. torkad eller komposterad. Den torkade eller komposterade gödseln pelleteras ofta. Den förädlade gödseln säljs ofta förpackad men försäljning i lösvikt förekommer.

Livscykelanalys är en metod för att beskriva de miljö- och resurskonsekvenser som en aktivitet ger upphov till. Den ska ge en helhetsbild av en vara eller tjänsts livscykel, från ”vaggan till graven”. Även om livscykelanalyser har utförts under nästan tre decennier kan metoden anses vara ett nytt redskap i miljöarbetet.

De alternativ som jämfördes i examensarbetet var färsk gödsel och torkad, pelleterad gödsel. I studien ingick även en jämförelse med konstgödselmedlen NPS (27-5-3) och NPK (21-3-10). Anledningen till att NPS (27-5-3) valdes var att gödselmedlet använts som referens i odlingsförsök. Det var därför möjligt att ta med gödselmedlens verkan i odlingen i livscykelanalysen. NPK (21-3-10) valdes på grund av dess likheter med torkad, pelleterad gödsel vad gäller relationen mellan de olika näringsämnena i gödseln. Gödslingseffektiviteten för NPK (21-3-10) kunde dock ej beaktas i studien.

De olika gödselmedlen jämfördes med avseende på energiåtgång, växthuseffekt, försurning, eutrofiering samt bildning av fotokemiska oxidanter. Livscykelns startpunkt var, för färsk och torkad, pelleterad gödsel från slaktkyckling, tidpunkten närmast efter utgödsling. För konstgödsel var livscykelns startpunkt brytningen av råvaror. Livscykeln slutade, för samtliga alternativ, vid tidpunkten närmast efter spridning av gödseln på åkern. Livscykelanalysen omfattade energi- och resursåtgång från samtliga delprocesser som krävs för att erhålla produkten och sprida den i fält.

Den utförda livscykelanalysen är generell och gäller inte för någon specifik förädlingsanläggning för kycklinggödsel. Tillfredsställande datakvalitet har dock kunnat erhållas hos de flesta delprocesserna genom litteraturstudie, studiebesök och samtal med sakkunniga. Dessutom utfördes en experimentell studie där kväveförlusten vid torkning av gödsel mättes genom analys av halten totalkväve i färsk gödsel och i gödsel torkad i torkskåp utrustad med fläkt. Proverna togs ur samma parti gödsel som hämtades direkt ur ett slaktkycklingstall i samband med utgödslingen. Kvävet antas ha förlorats i form av ammoniak. Giltigheten av resultaten framtagna i laboratorieskala för en verklig tork är osäker eftersom förhållandena i torkskåpet skiljer sig mot de som råder i en hetluftstork. I verklig tork är temperaturen högre och uppehållstiden kortare. I en verklig tork sker dessutom ofta kontinuerlig omblandning av materialet.

Det visade sig att alternativ torkad, pelleterad gödsel är betydligt mer energi-krävande än alternativ färsk gödsel. Energiåtgången för alternativ torkad, pelleterad gödsel är också större än för produktion och användning av konstgödsel. Den delprocess som visade sig vara mest energikrävande är torkningen av gödsel. Även val av förpackning är av betydelse för energiförbrukningen.

Alternativ torkad, pelleterad gödsel ger också störst potentiellt bidrag till växthuseffekten jämfört med färsk gödsel. Det delmoment som har störst betydelse är valet av förpackning. Produktion och användning av konstgödsel ger dock större potentiellt bidrag till växthuseffekten än torkad, pelleterad gödsel. Orsaken är att framställningen av konstgödsel medför stora emissioner av växthusgaserna koldioxid, metan och lustgas.

Livscykelanalysen visar att torkad, pelleterad gödsel ger störst potentiellt bidrag till försurningen och eutrofieringen. Den delprocess som visade sig ha störst betydelse är torkningen. Slutsatsen som kan dras är att det är av största vikt att kontrollera kväveavgången från torken för att hålla det potentiella bidraget på en låg nivå. Konstgödsel visade sig ge ett mycket litet potentiellt bidrag till försurningen och eutrofieringen.

Störst potentiellt bidrag till bildningen av fotokemiska oxidanter ger torkad, pelleterad kycklinggödsel vilket beror på att gödseln förpackas. När emissionerna av kolväten och metan i känslighetsanalysen halverades, minskade bidraget betydligt. Dock är en halvering av utsläppen långt ifrån tillräcklig för att torkad, pelleterad gödsel ska ge samma potentiella bidrag som färsk gödsel. Det minsta potentiella bidraget till bildningen av fotokemiska oxidanter visade sig konstgödsel ge.

Sammanfattningsvis kan sägas att torkad, pelleterad gödsel har större potentiell miljöpåverkan än färsk gödsel med avseende på valda påverkanskategorier. Den torkade, pelleterade gödseln har också större potentiell miljöpåverkan än konstgödsel med undantag av bidrag till växthuseffekten. Konstgödsel ger ett betydligt större potentiellt bidrag till växthuseffekten än torkad, pelleterad kycklinggödsel.

## Summary

The purpose of this study was to give farmers and advisors a better basis concerning the environmental issues related to the choice of fertilisers. JTI – the Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering initiated the study. The study was conducted as a thesis for a MSc degree at the Swedish University of Agricultural Sciences, SLU.

The thesis deals with a Life-Cycle Assessment, LCA, on two alternatives of handling broiler manure. The question to be answered was as follows: Should the manure be spread fresh or is it preferable to dry and pelletize the manure first? The study also includes a comparison with chemical fertilisers. The chemical fertilisers are NPK 21-3-10 and NPS 27-5-3. The NPK fertiliser is chosen because of the similarity to dried and pelleted broiler manure regarding the relation between the nutrients. The fact that the NPS fertiliser has been valued in field trials, together with dried and pelleted broiler manure, made it possible to include the nitrogen efficiency of the fertilisers in the LCA. The nitrogen efficiency of the NPK fertiliser has not been valued in the LCA.

The broiler production normally takes place in big houses. The production of manure is high and the concentration of nutrients at one location is big. Today the broiler manure is in demand in organic farming, especially by producers of cereals and vegetables. The manure is often spread after being stored for some weeks or months. The manure is also distributed refined to the farmers. In Sweden composted and pelleted manure is used and there is also a market for dried and pelleted manure. The manure is normally dried in drying plants at high temperature and airflow.

In a Life-Cycle Assessment, LCA, the product or the service is studied from the “cradle to the grave”. It includes the energy consumption, use of resources and emissions from all processes, from the extraction of raw material to the handling of waste. Even if Life-Cycle Assessments have been carried out during almost three decades, it is considered to be a new method of quantifying the environmental burden.

The functional unit of the LCA is one kilo of the total quantity of nitrogen in the fertilisers available to plants. The life cycle of broiler manure starts some hours after the mucking out of the broiler house and ends some hours after the spreading. The life cycle of chemical fertilisers starts at the extraction of raw materials and ends the moment shortly after the spreading.

The impact categories considered are energy consumption, global warming, acidification, eutrophication and photo-oxidant formation (production of ozone). The LCA carried out is general. It has not been possible to study a particular refinement company. It has been possible to obtain satisfying data quality by studying literature, interviewing experts, visiting refinement companies and doing an experimental study in lab scale.

An experimental study in lab scale was performed to measure the ammonia losses during the drying process. The manure came from the same broiler house and was gathered before the mucking out. The broiler manure was dried in an elaboration drier. Fresh manure and dried manure were analysed and the difference in nitrogen content was calculated. The loss of nitrogen during the drying process was presumed to be ammonia. The experimental study was performed during different conditions than in reality and the applicability to full scale is unsure. In reality the manure is normally dried quickly at high temperature and during constant mixing.

The LCA shows that the energy consumption is several times higher for the dried and pelleted broiler manure than for the fresh manure. The energy consumption is also higher for dried and pelleted broiler manure than for chemical fertilisers. The energy consumption is especially high for the drying process but the use of packaging of the dried pellets is also of importance.

The contribution to the global warming is bigger from dried and pelleted broiler manure than from fresh manure. The most important process is the packaging. The choice of packaging material to be used is of great importance. But the contribution from chemical fertilisers is even higher. While chemical fertilisers are produced, big quantities of the greenhouse gases CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O are emitted.

The contribution to the acidification and the eutrophication is far higher from dried broiler manure than from fresh broiler manure because of the high ammonia losses during the drying process. The conclusion of the experimental study is that

it is of great importance to take the ammonia losses into consideration to minimise the contribution to the acidification and the eutrophication.

The contribution to the photo-oxidant formation from dried and pelleted broiler manure is big compared to the fresh manure. This is due to the emissions of CH<sub>3</sub> and CH<sub>4</sub> related to the packaging. The contribution to the formation of oxidants, the acidification and the eutrophication is very small from chemical fertilisers.

In summary dried and pelleted broiler manure has a bigger environmental burden than fresh manure regarding the impact categories considered. Dried and pelleted broiler manure also has a bigger contribution to the chosen impact categories than chemical fertilisers, except the contribution to the global warming. The chemical fertilisers have a much bigger contribution to the global warming than dried and pelleted broiler manure.

## Inledning

### Bakgrund

Både slaktkycklingar och värphöns återfinns främst i södra Sverige. Besättningarna är stora och gödselproduktionen är hög. För att undvika stor koncentration av näringsämnen på en liten yta krävs att gödseln används på växtodlingsgårdar utan djur. Inköp av stallgödsel är i dagsläget intressant främst för gårdar med ekologisk produktion där konstgödsel inte är tillåtet. Företagare som driver ett ekologiska jordbruk ställs dock inför svåra val. Vid inköp av gödselmedel finns ett begränsat utbud av godkända produkter. Vilken produkt som är bäst ur miljösynpunkt och som bidrar till en god avkastning är inte självklart. Kanske är obehandlad kycklinggödsel att föredra. Eller är det bättre att välja en förädlad produkt? En viktig fråga är också hur stor den potentiella miljöpåverkan är vid hantering av stallgödsel jämfört med konstgödsel. Målgrupp för detta examensarbete är framför allt ekologiska odlare och rådgivare inom ekologisk växtodling.

Föreliggande arbete inleds med en översiktlig information om produktion av slaktkyckling och ägg i Sverige, ekologisk odling samt hygieniska aspekter på hantering av gödsel från fjäderfä. Litteraturstudien innehåller även en översiktlig information om utförande av livscykelanalyser. Efter litteraturgenomgången beskrivs den utförda torkstudien och en beskrivning ges av livscykelanalys av gödsel från slaktkyckling med systemgränser, antaganden, beräkningar och datakvalitet.

### Syfte

Syftet med detta examensarbete är att göra en livscykelanalys av hanteringen av gödsel från slaktkycklingar. Analysen ska ge underlag för att underlätta valet av gödselmedel för odlaren. Analysen ska även kunna vara vägledande vid planering av verksamheten hos producent av slaktkycklingar. Dock ska resultatet av analysen inte ses som det enda underlaget vid beslut, utan som ett hjälpmedel. Hanteringen av gödsel från kyckling ställs även i relation till produktion och användning av konstgödsel NPS (27-5-3) och NPK (21-3-10).

# Litteraturgenomgång

## Produktion av slaktkyckling och ägg i Sverige

### Slaktkyckling

Kycklingar som föds upp enbart för köttproduktion kallades tidigare för broiler vilket är ett begrepp som inte längre används. Idag är benämningen slaktkyckling eller gödkyckling (Charpentier m.fl., 2000).

Vidare skriver Charpentier att i Sverige produceras årligen 65 miljoner slaktkycklingar och konsumtionen är 8,7 kg per person och år. Uppfödningen av slaktkyckling sker främst hos 170 olika uppfödare. Besättningsstorleken varierar mellan 10 000 och 40 000 djur per omgång, med 6-8 omgångar per år. Uppfödningen sker i stora flockar. Burar förekommer inte vid produktion av slaktkyckling. Slakten sker normalt vid 5-6 veckors ålder. Eftersom den snabbväxande slaktkycklingen lätt drabbas av tarmparasiter, koccidier, ges ett antibiotikapreparat som kallas för koccidiostatika i allt foder till slaktkyckling. Inom fem dagar före slakt måste allt koccidiostatikaberikat foder bytas ut. Den höga tillväxttakten medför hög foderkonsumtion och mycket hög gödselproduktion.

### Värphöns

Enligt Statens Jordbruksverk (1996:6) fanns år 1995 drygt sex miljoner värphöns i Sverige. Utvecklingen går mot allt större djurenheter. Om man undantar besättningarna mindre än 200 djur var den genomsnittliga besättningsstorleken 8461 höns år 1995. Av landets sex miljoner värphöns finns ca 40 % i Östergötlands län, Malmöhus och Hallands län. År 1988 beslutade regering och riksdag att värphöns inte får inhysas i burar. Övergången till alternativ inhysning har dock inte kunnat genomföras som förväntat, och endast drygt tio procent av hönsen finns i alternativa system. 1997 ändrades djurskyddsförordningen, och värphöns får endast inhysas i burar om dessa innehåller rede, sittpinne och sandbad. Dispens har lämnats efter särskild prövning om krav på djurhälsa och djurskydd uppfyllts. I framtiden kommer dock ombyggnation av många fjäderfästallar att bli nödvändig. Vilken teknik som skall tillämpas för framtida fjäderfästallar är osäkert. Sedan 1990 är det krav enligt djurskyddsförordningen på förprovning av ny teknik. Eftersom alla typer av intensivsystem för frigående höns är ny teknik måste de godkännas av Jordbruksverket ur djurhälso- och djurskyddssynpunkt.

I dagsläget är gödsel från burhöns inte tillåten i ekologisk produktion. När alternativ inhysning av värphöns har slagit igenom kommer en stor kvantitet gödsel från värphöns vara tillgänglig för den ekologiske växtodlaren. Gödsel från slaktkyckling är tillåten inom ekologisk växtodling eftersom kycklingarna inhyses på golv utan burar (www.krav.se, 2000).

### Gödsel från slaktkycklingar

Mängden gödsel från kyckling och höns är betydligt mindre än den från svin och nöt. Koncentrationen av växtnäring i kycklinggödsel är dock flera gånger större än den från fast svin- och nötgödsel (Hansson, 1997). En uppskattning av producerad mängd gödsel från slaktkycklingar under ett år är, enligt Claesson och Steineck

(1991), ca 10 m<sup>3</sup> per 1000 platser och 5,5 omgångar. Siffrorna är dock mycket osäkra. Eftersom de flesta anläggningarna är stora blir koncentrationen av växt-näring på en och samma plats betydande. Kycklinggödselns sammansättning varierar mellan olika uppfödare och mellan årstider. Information om närings-innehåll i stallgödsel från slaktkyckling återfinns i tabell 8, bilaga 1.

Kycklinggödsel är enligt Mondini m.fl. (1996) ett effektivt gödselmedel på grund av sin låga kol-kväve-kvot och sitt höga innehåll av kväve. När kvoten mellan kol och kväve överskrider 20 med god marginal binds kvävet i marken. Om växterna ska få del av tillgängligt kväve måste kol-kväve-kvoten vara lägre än 20. Enligt en undersökning utförd vid JTI ligger kol-kväve-kvoten i kycklinggödsel i medeltal på 11 (Rodhe m.fl., 2000).

Till skillnad från nötkreatur och grisar lämnar fjäderfä ifrån sig urinen i en halv-fast form tillsammans med fekalierna. Kväve återfinns i kycklinggödseln främst i form av urinsyra. Urinsyra bryts ned till ammonium och koldioxid. Nedbrytningen sker med hjälp av enzymet urikas och fordrar tillgång på vatten. Nedbrytning av urinsyra sker främst vid 40-60 % torrsbstanshalt och med ett temperaturoptima på 35-37°C. En snabb nedtorkning av gödseln hämmar nedbrytningen av urinsyra till ammonium. Risken är dock stor att det kväve som redan finns i form av ammonium förloras under torkningen (Petersen & Kjellerup, 1996).

Under 1997 genomfördes en enkätundersökning av JTI, där åtta uppfödare besvarade frågor angående gödselhantering. Medelstorleken på gårdarna var 145 000 djurplatser och medelproduktionen av gödsel var 1 047 ton gödsel per år. Det visade sig att de flesta uppfödarna använde kutterspån som strömaterial. Endast en uppfödare använde hackad halm som strö. Inblandningen av spån var 2-5 % av producerad mängd gödsel. Dock besvarades frågan om förbrukningen av spån per djurplats endast av tre uppfödare. Utgödsling skedde med hjullastare eller med traktor utrustad med lastare. De uppfödare som deltog i studien sålde sin gödsel via en förmedling varför gödseln ofta lastades direkt i containers (Rodhe m.fl., 2000).

## Ekologisk odling

Enligt KRAV ([www.krav.se](http://www.krav.se), 2000) är grunden för ekologisk växtodling att bevara jordens bördighet genom att recirkulera näring, utnyttja biologisk kvävefixering samt variera växtföljden. Konstgödsel och syntetiska bekämpningsmedel är inte tillåtna, ej heller gödsel från specialiserade djurbesättningar såsom icke KRAV-godkända slaktsvin, burhöns eller pälsdjur i bur. Lantbrukaren strävar genom odlingsåtgärderna efter att i möjligaste mån förebygga problem med skadegörare och ogräs.

En begränsande faktor vid ekologisk odling är enligt Bergman (2000) bristen på lättillgängligt kväve. Främst sker tillförseln av kväve till marken med den stallgödsel som finns eller genom grön gödselingsvall. Kväve förekommer i gödsel från fjäderfä både i organiskt bunden form som måste mineraliseras innan det kan tas upp av grödan, och i mineralisk form som lätt tas upp av grödan. I konstgödsel finns kväve endast i en lättillgänglig form som snabbt tas upp av grödan. En svårighet ligger i att avgöra långtidseffekten av organiskt bunden kväve i gödseln. Vid ekologisk växtodling där djur saknas på den egna gården köps ofta gödsel in, färsk eller i förädlad form, t.ex. torkad, pelleterad gödsel.

## Torkad, pelleterad gödsel

Torkning och pelletering av gödsel från fjäderfä förekommer på minst tre platser i Norden. I Blekinge torkas och pelleteras gödsel, främst från kyckling, av Sjöbohms naturgödsel AB. I Danmark sker torkning av gödsel av företaget Binadan A/S. Produktion av torkad gödsel från slaktkyckling sker även i Finland av företaget Biolan OY. Torkad, pelleterad gödsel från fjäderfä säljs i Sverige av ett flertal grossister och under olika namn, t.ex. Binadan och Biokomb. Ofta sker tillsatser av t.ex. slaktbiprodukter i gödseln innan den pelleteras.

Vid utgödsling mellan omgångarna hos producenten av slaktkycklingar lastas, enligt Johansson (pers.medd., 2000), gödseln i containers och fraktas direkt till torkanläggningen med lastbil, ofta utan någon föregående lagring eller omlastning. Väl framme vid torkanläggningen placeras gödseln lämpligen på en hårdgjord yta under tak. Från plattan, som bör ligga i direkt anslutning till torkanläggningen för att underlätta hanteringen, transporteras gödseln med t.ex. frontlastare till en inmatningsficka. Från fickan transporteras gödseln med skruv in i torken.

Traditionellt har hetluftstorkar för vallfoder använts vid torkning av gödsel (bild 1). Trumtorken föregås av en panna med en brännare för t.ex. bränslepellets eller olja. Temperaturen i pannen är enligt Modén och Nybrandt (1981) ca 800°C och utgående luft har en temperatur på ca 130°C. Den torkade produkten har en temperatur på ca 85°C. Luftflödet varierar beroende på ingående vattenhalt. I en av trumtorkarna på Bobergs valltork är luftflödet ca 45 500 m<sup>3</sup>/h (Gustavsson, pers.medd., 2000).

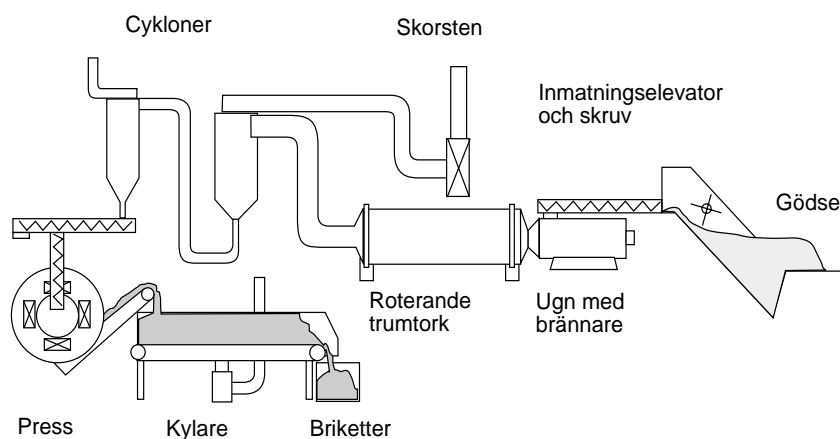


Bild 1. Torkanläggning där briketter och pelletter framställs. Bilden är ritad av Kim Gutekunst, 2000, efter Modén och Nybrandt, 1981.

Från torken transporteras den torra gödseln till pelletpressen, där gödseln pressas och erhåller formen av små cylindrar. Matrisdiametern är ofta 3-5 mm. Pelletering av gödseln kan ske utan tillsats av bindemedel (Johansson, pers.medd., 2000). Pelletering sker ofta med el som energikälla. Efter pelletering kyls gödseln exempelvis på ett band med en fläkt som blåser kall luft på gödseln. Transport inom anläggningen kan ske med skrapor och skruvar eller pneumatiskt som hos Bobergs valltork AB.

Den pelleterade gödseln transporteras vidare till paketeringsmaskinen. Gödseln paketeras i olika förpackningar beroende på önskemål från uppköpare. Efter paketering lagras gödseln ofta en tid på lastpallar. Hantering i lös vikt förekommer också.

En stor uppköpare av torkad och pelleterad kycklinggödsel är Odal, som säljer produkten främst till ekologiska jordbrukare. Odal strävar efter att leverera gödselmedel direkt till kund utan omlastning och mellanlagring. Många transporter är dessutom fyllda med andra produkter under returresan. Ett exempel är Odals spannmålstransporter till södra Sverige, som kan transportera förädlad gödsel från fjäderfä tillbaka (Åkesson, pers.medd., 2000).

För att maximera utbytet av näring inom jordbruket är det viktigt att sprida gödselmedlen med god precision. Det är viktigt att maximera utbytet inte bara ur ekonomisk synvinkel utan även för att minska läckaget av växtnäring till vattendragen. Spridning av torkad och pelleterad gödsel kan ske med samma typ av spridare som används till konstgödsel, t.ex. rampspridare, centrifugalspridare och kombisåmaskin (Algerbo & Lundin, 1999). Vid provning av olika spridartyper visade det sig att rampspridare av fabrikat Överum-Tive 4012 fungerade bäst. Det konstaterades dock att de provade spridarna endast matade ut halva mängden pelleterad gödsel jämfört med konventionella gödselmedel. Den maximala kvävegivan var 60 kg/ha.

## Försäljning av färsk gödsel

Färsk kycklinggödsel förmedlas bl.a. av RJ Natur i Gyllebo AB, ett företag som drivs av Rune Johansson. Företaget marknadsför kycklinggödsel till ekologiska odlare. Information om gödseln näringsinnehåll och adresser till producenter lämnas till kunderna (Johansson, pers.medd., 2000). Samma typ av förmedling sker även genom Odal (Åkesson, pers.medd., 2000).

Hos kycklinguppfödaren sker lagringen ofta utan tak. Lagringstiden varierar mellan olika producenter. I vissa fall transporteras gödseln direkt efter utgödsling till lantbrukaren. Det förekommer dock att lagringstiden är upp till nio månader lång. Kycklinggödsel från producent levereras vanligen från sex djurgrupper per år (Johansson, pers.medd., 2000).

Genom företagets marknadsföring får odlare reda på var närmaste kycklingproducent finns varför transportavstånden minimeras. Transporten av gödsel sker direkt från kycklingproducent till odlare utan omlastning. I genomsnitt är transportavståndet 6-7 mil enkel resa. Eftersom det av hygieniska skäl inte sker någon returtransport av andra varor med lastbilen, belastar även returresan gödseln. Lastbilarna är antingen täckta med presenning eller slutna (container) (Johansson, pers.medd., 2000).

Lagringen sker hos odlaren, på fältet eller på hårdgjord platta på gården, under varierande tid (Johansson, pers.medd., 2000). Önskad giva är vid spridning av kycklinggödsel 2-10 ton per ha. För att kunna sprida önskad giva är det nödvändigt att använda en spridare med stor arbetsbredd. I tyska försök har gott resultat uppnåtts vid givor på 10 ton per ha med s.k. tvåmomentsspridare. Spridningsarbetet utförs i två moment, först sönderdelning med två horisontella rivar-

valsar sen utmatning till ett spridarbord. Spridarbordet är försett med horisontella vingar, som kastar ut gödseln (Rodhe m.fl., 2000).

## Hygieniska aspekter på hantering av gödsel från fjäderfä

Samtliga uppgifter om hygieniska aspekter på hantering av gödsel härrör från Ann Albihn vid Statens Veterinärmedicinska Anstalt (Richert Stintzing, 2000). Vid användning av organiska gödselmedel inom jordbruket bör vissa hygieniska aspekter beaktas. Gödsel kan innehålla sjukdomsframkallande mikroorganismer såsom *Salmonella*, *Campylobacter* och *parasiter*. Vid användning av gödsel från slaktkyckling finns även en risk för spridning av antibiotikapreparatet koccidostatika i naturen. Ovisshet råder dock vad gäller risk för spridning av antibiotikaresistens.

I Sverige är förekomsten av *Salmonella* låg. Under 1999 konstaterades förekomst av *Salmonella* i 12 fjäderfäbesättningar. Det som är utmärkande för *Salmonella* är bl.a. att den överlever väl i miljöer utanför kroppen. Förekomsten av *Campylobacter* har minskat i Sverige men var tidigare vanlig i slaktkycklingflockar. *Campylobacter* är en vanlig orsak till maginfluensa hos människor. Bekämpning av parasiter i slaktkycklingbesättningar har beskrivits närmare under rubrik ”Slaktkyckling”.

I dag finns inga krav på hygienisering av svensk gödsel innan spridning. Vid import av gödsel måste dock någon form av hygienbehandling ske. Hygienisering kan ske genom värmebehandling eller pH-höjning. Värmebehandling sker t.ex. till följd av den värmeutveckling som uppstår vid kompostering. Upphettnings av gödseln sker även vid torkning och eventuellt vid pelletering. Lagring av gödsel efter sista tillförseln kan även i viss utsträckning verka hygieniserande eftersom patogenerna dör av med tiden. Vid användning av komposterad, torkad och pellerad gödsel bör ändå viss försiktighet iaktas. I foderindustrin har ibland *Salmonella* påvisats trots strikta hanteringsrutiner och kontrollprogram. Återinfektering av behandlad gödsel kan ske och maskinsamarbete kan bidra till smittspridning mellan gårdar.

## Allmänt om livscykelanalys

Livscykelanalys är en metod för att beskriva de miljö- och resurskonsekvenser som en aktivitet ger upphov till. Syftet med LCA är att ge en helhetsbild av en process från ”vaggan till graven”. Vaggan och graven är det studerade systemets egentliga systemgränser. LCA beskriver de summerade, potentiella resurs- och miljökonsekvenserna kopplade till samtliga aktiviteter som behövs för att en produkt eller tjänst skall uppfylla sin funktion. En livscykelanalys är alltid en förenkling av verkligheten som kräver kompletterande insatser för att fungera som beslutsunderlag (Lindfors m.fl., 1995).

## Livscykelanalys av jordbruksprodukter

Livscykelanalyser har utförts sen 1970-talet men kan ändå anses vara ett nytt redskap i miljöarbetet. På senare år har livscykelanalyser genomförts av jord-

bruksprodukter. Nedan följer några exempel på tidigare utförda livscykelanalyser av jordbruksprodukter.

Vid livscykelanalys av äppelproduktion (Stadig, 1997), som genomfördes som examensarbete vid SLU, jämfördes äppelproduktionen i Sverige med äppelproduktionen i Frankrike och på Nya Zeeland. Exempel på tidigare utförda analyser av växtnäring är *Växtnäring i livscykelanalys* (Välímáa, 1998), ett examensarbete utfört vid institutionen för markvetenskap. Välímáa analyserade användningen av konstgödsel i spannmålsodling i olika regioner i Sverige. Ett annat exempel på en studie ur ett livscykelperspektiv är en livscykelinventering av konventionella gödselmedel utförd av Davis & Haglund (1999). Ett flertal olika gödselmedel producerade av Hydro Agri AB analyserades.

## Livscykelanalysens struktur

En livscykelanalys innehåller enligt Lindfors (1995) följande delar:

**Studiens mål och omfattning:** I det inledande skedet av en livscykelanalys ska studiens mål och omfattning tydligt definieras. Vilken eller vilka frågor ska besvaras, vilket eller vilka system ska studeras samt hur ska resultatet användas? Studien ska anpassas så att det angivna målet uppfylls. En viktig del i inledningsfasen är att definiera den funktion eller nytthet som utgör studiens bas.

**Inventeringsanalys:** analys av material- och energiflöden inom de fastlagda systemgränserna. I denna fas ingår sammanställning av alla materialflöden såsom produkter, avfall, emissioner till luft och vatten. Allokering sker vilket innebär att materialflöden fördelas på systemets produkter eller funktioner.

**Miljöpåverkansbeskrivning:** inkluderar även resursanvändning och delas in i tre delmoment:

- *Klassificering* av resurser och utflöden i påverkanskategorier.
- *Karakterisering* innebär en kvantitativ eller kvalitativ uppskattning av bidraget till varje kategori.
- *Värdering* innebär att bidragen från de olika faserna viktas samman till en uppskattning av total påverkan.

För att en studie skall få kallas för LCA måste den inkludera klassificering och karakterisering. Ibland avgränsas studier till en inventeringsanalys och benämns då livscykelinventering, LCI (Astrup Jensen m.fl., 1997).

## Funktionell enhet

Efter att ha definierat den funktion eller nytthet, som ska studeras återstår att bestämma funktionell enhet. Funktionell enhet skall vara ett så entydigt mått på det studerade systemets funktion att den utgör analysens bas. Den funktionella enheten kan se olika ut beroende på hur genomföraren uppfattar funktionen (Astrup Jensen m.fl., 1997). Exempel på funktionell enhet är 1 kg vete som i Välímáas livscykelanalys av konventionella gödselmedel i spannmålsodling. Ett annat exempel är 1 kg äpple som i Stadigs livscykelanalys av äppelproduktion.

# Torkning av kycklinggödsel i laboratorietork – experimentell studie

## Utförande

För att få en indikation på hur mycket ammoniak som förloras under torkning av kycklinggödsel utfördes ett försök där gödsel torkades i torkskåp. Torkskåpet från företaget ”Elvärmedetaljer” i Skurup var utrustat med sugfläkt. Luftflödet genom torken var av storleksordningen någon kubikmeter per sekund. Genom att mäta halten totalkväve i gödseln, före och efter torkning, kunde förlusten av kväve beräknas. Kväveförlusten antogs utgöras av ammoniak.

Gödsel hämtades från en slaktkycklingproducent utanför Västerås. Som ström-material användes kutterspån. Gödseln blandades i en cementblandare och 12 prov på vardera 300 g togs ut och placerades i plastburkar. Ur samma parti togs även 12 prover ut som torkades på plåtar, 400 g per plåt, under 1,5 h i 130°C. Under torkningen reducerades vikten till ca 300 g per plåt. Lämplig mängd gödsel per plåt samt torktid uppskattades genom ”prov-torkning” av gödsel i torkskåp. Den torkade gödseln placerades i 12 plastburkar. Samtliga prover frystes, direkt efter torkningen, i väntan på analys.

Analys av gödselns torrsbstanshalt skedde genom att mindre prover togs ut och torkades i torkskåp i 105°C i 12 timmar. Genom att väga gödseln före och efter torkning erhöles torrsbstanshalten. Eftersom gödseln innehöll fjädrar och kokor maldes gödseln före analys. Analys av halten totalkväve utfördes enligt Kjeldahl-metoden. Resultatet från analysen redovisas i tabell 1.

För att få en uppfattning om huruvida det fanns en statistiskt säkerställd skillnad mellan kväveinnehållet i färsk gödsel och torkad gödsel utfördes en statistisk analys. Nollhypotesen var att medelvärdet av kvävehalten i färsk gödsel var lika med medelvärdet av kvävehalten i torkad gödsel. För att avgöra trovärdigheten hos nollhypotesen beräknades probvärdet. Vid litet probvärde är ovanstående hypotes föga trolig och förkastas till förmån för mothypotesen. Mothypotesen var att det fanns skillnader mellan partiernas medelvärden.

För att beräkna probvärdet behöver man veta stickprovsvariansen för de två gödselpartierna. Först beräknades stickprovsvarianserna ( $s_1^2$  och  $s_2^2$ ), sedan den kombinerade stickprovsvariansen för de två gödselpartierna ( $s_e^2$ ). Analysdata redovisas i tabell 1.

Stickprovsvariansen ( $s^2$ ) för respektive gödselparti beräknades enligt ekvation 1:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n - 1} \quad (1)$$

där:

$y_i$  = N-total, g/kg TS

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad (2)$$

$n$  = Antalet prover av respektive gödselparti ( $n = 12$ )

För att testa hypotesen användes följande testvariabel:

$$t_{(n_1+n_2-2)} = \frac{\bar{y}_1 - \bar{y}_2 - 0}{\sqrt{s_e^2 \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \quad (3)$$

där:

$$s_e^2 = \frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \quad (4)$$

och  $n_1 = n_2 = n = 12$

## Resultat

Resultatet av beräkningarna visade att det finns en signifikant skillnad mellan torkad och färsk gödsel vad gäller innehållet av totalkväve ( $p < 0,001$ ). Testvariabeln  $t$  (22) var 10,52.

Tabell 1. Resultat av experimentell studie av torkens inverkan på kväveinnehållet i kycklinggödsel. Analys av torrs substanshalter och innehåll av totalkväve i färsk gödsel och i torkad gödsel.

	Färsk gödsel			Torkad gödsel		
	prov nr	ts, %	N-total, g/kg ts	prov nr	ts, %	N-total, g/kg ts
	1	71,6	51,3	13	97,3	41,9
	2	71,7	50,3	14	98,0	40,8
	3	71,6	50,1	15	98,0	41,8
	4	70,7	52,3	16	98,1	42,2
	5	71,7	48,4	17	98,1	43,2
	6	71,7	47,8	18	97,2	44,8
	7	71,5	47,2	19	96,2	44,6
	8	72,1	52,3	20	97,0	42,7
	9	71,2	54,5	21	97,7	43,3
	10	72,1	49,4	22	98,1	42,1
	11	71,8	51,8	23	97,2	43,6
	12	71,9	50,6	24	98,2	44,8
Medelvärde		71,7	50,5		97,6	43,0
Stickprovsvariansen		0,2	4,4		0,4	1,7

Vid livscykelanalysen användes medelvärdet för kväveförluster 7,52 g kväve per kg torrs substans gödsel. Förlusten av kväve per funktionell enhet var 174,9 g, vilket motsvarar en ammoniakavgång på 212,4 g per funktionell enhet.

## Genomförande av LCA av gödsel

### Syfte med LCA av kycklinggödsel

Syftet med att göra en LCA av färsk kycklinggödsel och torkad, pelleterad gödsel var att få en indikation på dels alternativens totala miljöpåverkan, dels delprocessernas miljöpåverkan. Alternativerna ska kunna jämföras och analysen ska kunna fungera som beslutsunderlag. Syftet var också att få en uppfattning om hur stor den potentiella miljöpåverkan är för färsk gödsel och torkad, pelleterad gödsel jämfört med konstgödsel.

### Metod

Livscykelanalysen har utförts enligt nordiska riktlinjer med LCA Norden (Lindfors m.fl., 1995) som grund. Den funktionella enheten är, vid livscykelanalys av gödsel, 1 kg totalkväve. Motiveringen är att kväve, som tidigare nämnts, ofta är den begränsande faktorn vid ekologisk odling.

I det inledande skedet har insamling av information angående förädling av gödsel skett. En torkanläggning för gödsel från fjäderfä, främst kyckling, har besökts för att få en bild av hur torkad, pelleterad gödsel framställs. Dessutom har Bobergs valltork AB besökts, där bl.a. vallfoder torkas och pelleteras. Den litteratur som använts rörande torkprocessen beskriver anläggningar för foder, där vall torkas och pelleteras. Dock sker torkning och pelletering av kycklinggödsel, i det studerade systemet, efter samma princip som torkning av vallfoder. Beträffande försäljning av färsk kycklinggödsel har datainsamlingen skett genom telefonintervjuer med företag som förmedlar kycklinggödsel.

Livscykelinventering av konstgödsel har utförts av Davis och Haglund (1999). I studien ingick bl.a. NPS (27-5-3) och NPK (21-3-10). Anledningen till att NPS (27-5-3) valdes var att gödselmedlet förekommer i odlingsförsök tillsammans med torkad, pelleterad gödsel från slaktkyckling. Det var därför möjligt att ta hänsyn till gödselns verkan i odlingen vid jämförelsen. För att få ytterligare en indikation på miljöpåverkan från kycklinggödsel jämfört med konstgödsel, valdes även NPK (21-3-10). Relationen mellan kväve och kalium är ungefär densamma som i torkad, pelleterad kycklinggödsel. Fosforhalten i konstgödseln är dock lägre än i torkad, pelleterad kycklinggödsel i förhållande till kväve och kalium.

Livscykelanalysen har inte utförts på någon specifik anläggning utan är generell. Anledningen är att de tillfrågade företagen som torkar och pelleterar kycklinggödsel önskade hålla sin verksamhet hemlig. Samtliga beräkningar har utförts i Excel.

## Scenarier

Eftersom livscykelanalysen är generell och inte gäller för någon specifik anläggning kunde ett flertal scenarier bestämmas. Nedan följer de scenarier som använts.

- Scenario 1, grundscenario: Avståndet från uppfödare av slaktkyckling till torkanläggning är 25 km. Transportavståndet för de färdiga produkterna, färsk gödsel och torkad, pelleterad gödsel är lika långt för de olika alternativen, dvs. 65 km. Lagringstiden för obehandlad gödsel (färsk gödsel och förädlad gödsel före torkning) är två veckor. Gödseln sprids och brukas ned inom fyra timmar.
- Scenario 2: Transportavståndet varieras jämfört med ovan. Frågeställningen är hur långt den färska gödseln kan transporteras för att energiförbrukningen ska bli lika stor för de två alternativen. Spridning av pellets sker på samma plats som tillverkningen varför transportavståndet till åkern är noll.
- Scenario 3: Jämfört med grundscenariot ändras lagringstiden för färsk gödsel hos odlaren till sju månader.
- Scenario 4: Jämfört med grundscenariot sker ingen nedbrukningen av gödseln.

## Känslighetsanalys

För att undersöka några viktiga faktorerers inverkan på slutresultatet utfördes känslighetsanalys. Utgångspunkten var grundscenariot och några viktiga parametrar ändrades. Graden av påverkan på hela systemet kontrollerades genom att ett nytt resultat beräknades.

### *Fördubbling av energiåtgången vid torkning*

Energiförbrukningen kan i verkligheten variera mellan olika torkanläggningar. Den delprocess som visade sig ha störst inverkan på slutresultatet var torkningen. Jämfört med grundscenariot ändrades därför energiförbrukningen vid torkning av gödsel från 5,5 till 9,4 MJ per kg borttorkat vatten. Energiförbrukningen var därmed densamma som hos Bobergs Valltork (Gustavsson, pers.medd., 2000).

### *Emissionerna relaterade till förpackningen halveras*

Datakvaliteten för förpackningen hade låg kvalitet och rapporten som användes var relativt gammal. Det är möjligt att utsläppen i dagsläget är lägre än vad som anges under rubriken ”datainsamling”. För att få en uppfattning om hur resultatet förändras om utsläppen är lägre, halverades emissionerna jämfört med grundscenariot.

### *Emissionerna av ammoniak vid torkning elimineras*

För att få en uppfattning om torkens betydelse för det totala bidraget till försurningen och eutrofieringen sattes ammoniakavgången till noll och det nya resultatet jämfördes med grundscenariot.

### *Gödselmedlens verkan i odlingen beaktas med avseende på utförda odlingsförsök*

Utgångspunkten är grundscenariot och jämförelsen med mineralgödsel. Gödselns verkan i odlingen förändrades med utgångspunkt i studerade odlingsförsök, ut-

förda av Bergman (1999). Den funktionella enheten, 1 kg kväve, multiplicerades med en faktor vars storlek var beroende av skördeökningen jämfört med ogödslad led. Vid odlingsförsöket breddades de pelleterade gödselmedlen från kyckling, Binadan och Biokomb, samt NPS (27-5-3). Kvävegivan var 60 kg/ha och gödseln harvades ned innan sådd av höstvet. Resultatet blev att skörden efter spridning av konstgödsel var 18 % högre än ogödslad led. Spridning av Binadan och Biokomb resulterade i en skördeökningen på 10 respektive 8 %. Färsk gödsel antogs ge en något lägre skördeökning än Binadan pga. dess lägre innehåll av lösligt kväve. De faktorer som användes var 1,18 för konstgödsel, 1,10 för torkad, pelleterad gödsel och 1,05 för färsk gödsel.

För att få ytterligare uppfattning om odlingens betydelse gjordes även ett antagande att NPS (27-5-3) ger dubbelt så hög skördeökning som övriga alternativ. Färsk gödsel och torkad, pelleterad gödsel antogs här vara likvärdiga.

### ***Fosfor som funktionell enhet***

Vid LCA av kycklinggödsel har totalkväve använts som funktionell enhet. Vid jämförelsen med konstgödsel valdes NPK 21-3-10. Relationen mellan kväve och kalium är i det närmaste identisk med relationen i torkad, pelleterad kycklinggödsel. Fosforhalten är dock lägre i förhållande till kväve och kalium. Eftersom fosfor också är intressant vid gödsling inom jordbruket beräknades ett resultat för fosfor som funktionell enhet.

## **Omfattning och systemgränser**

### **Från vaggan till graven**

Livscykelns startpunkt för alternativen färsk gödsel och torkad, pelleterad gödsel var tiden direkt efter utgödslingen hos producent av slaktkycklingar. Produktion av slaktkycklingar inkluderades inte i studien eftersom gödseln är en biprodukt och inte bör belastas miljöpåverkan relaterad till djurhållningen. Livscykelns slutpunkt inträffade vid tiden närmast efter spridning av färsk gödsel och torkad, pelleterad gödsel samt konstgödsel. Startpunkten för inventeringen av konstgödsel var brytningen av råmaterial.

### **Omfattning**

Studien omfattade energi- och resursförbrukning från samtliga aktiviteter och transporter som krävs för att erhålla gödselmedlet och sprida det i fält. Studien omfattade även de olika aktiviteterna och transporternas potentiella bidrag till växthuseffekten, försurningen och eutrofieringen samt bildningen av fotokemiska oxidanter. Produktion av slaktkycklingar inkluderades inte i studien. Tillsatser i konstgödsel och förädlad gödsel från fjäderfä inkluderades inte i studien eftersom de olika alternativen ska kunna jämföras. Arbetsmiljö beaktades inte i studien.

### **Tillverkning av kapitalvaror**

I allmänhet tas tillverkning av kapitalvaror med om dess bidrag till den totala miljöpåverkan har stor betydelse för slutresultatet. Vid produktion av torkad, pelleterad gödsel används äldre maskiner som köpts in begagnade. Livslängden bedömdes vara mycket lång och tillverkningens bidrag till den totala miljö-

påverkan bedömdes vara liten. Hanteringen av gödsel hos producent av slaktkycklingar utförs med samma maskiner vid de två alternativa sätten att hantera kycklinggödsel varför tillverkningen av dessa ej beaktats.

### Geografiska avgränsningar

Produktion av förädlad gödsel från fjäderfä sker i Sverige. Vid långväga transport av råvaror till produktion av gödselmedel behandlades emissionerna som om de skedde på en och samma plats. Markanvändning, vid t.ex. utvinning av råvaror till produktion av gödselmedel, omfattades inte av studien. Produktion av vissa ingredienser i konstgödsel sker utomlands. Europeisk el behandlades som om den vore svensk.

### Beskrivning av de studerade systemen

Flödesschema över hantering av torkad, pelleterad gödsel och färsk gödsel redovisas i bild 2. Beskrivningen är generell. Flödesschema över hantering av konstgödsel redovisas i bild 3. Beräkningar och antaganden redovisas under rubrik ”Datainsamling”.

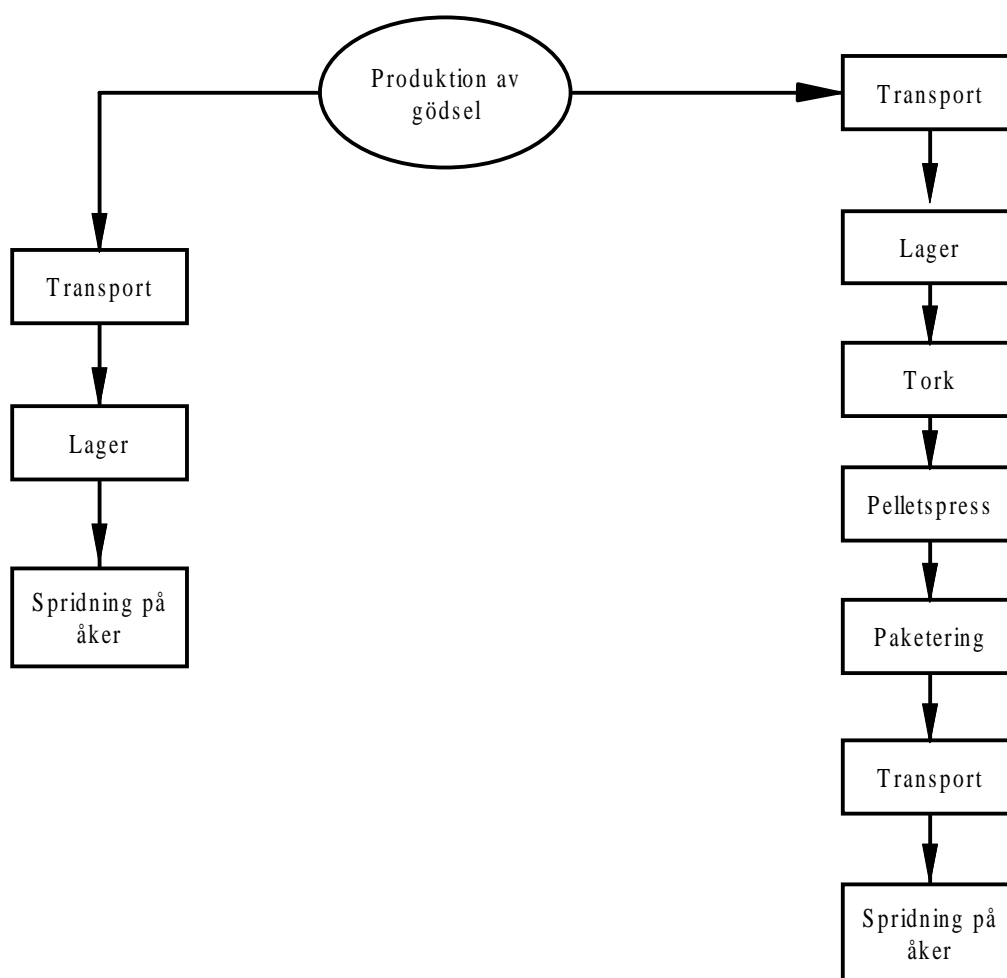


Bild 2. Flödesschema över hantering av färsk gödsel (till vänster) och hantering av torkad, pelleterad gödsel (till höger).

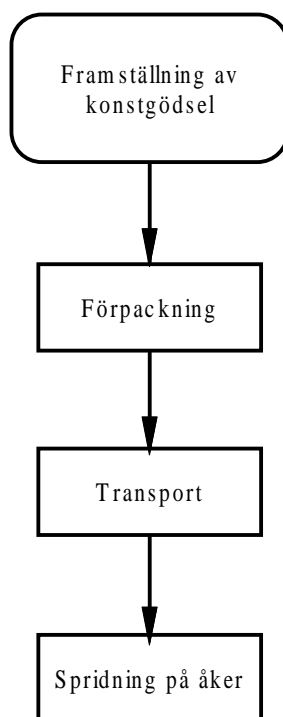


Bild 3. Flödeschema över hantering av konstgödsel.

## Datainsamling

### Näringsinnehåll i gödsel

För att kunna beräkna energiåtgång och emissioner per kg totalkväve i gödseln behöver man veta kväveinnehållet i de studerade gödselmedlen. Bakgrundsdata för torkad, pelleterad kycklinggödsel redovisas i tabell 7, bilaga 1. På förpackningen *Ekologisk hönsködsel* (KF, 2000) står att läsa att gödseln kommer från frigående höns och slaktkyckling. Näringsinnehållet i färsk kycklinggödsel redovisas i tabell 8, bilaga 1. Uppgifterna bygger på analyser från 14 partier gödsel från slaktkyckling (Rodhe m.fl., 2000).

Näringsinnehållet i NPS 27-5-3 är som namnet anger 270 kg kväve, 50 kg fosfor och 30 kg svavel per ton. Näringsinnehållet i NPK (21-3-10) är 210 kg kväve, 30 kg fosfor och 100 kg kalium per ton (www.hydroagri.se, 2000).

### Datakvalitet

Gödsel är ett heterogent material och näringsinnehåll och torrsbstanshalt varierar mellan gårdar och årstider. De värden som anges för färsk gödsel i tabell 8 har tillfredsställande säkerhet eftersom prover tagits från 14 olika partier kycklinggödsel vid olika tidpunkter på året. Värdena kan därför anses väl representera svensk kycklinggödsel. Uppgifterna om näringsinnehållet i pelleterad gödsel har större osäkerhet eftersom analys endast görs på en liten del av den gödsel som säljs.

## Elektricitet

Beräkningarna av påverkan från generering av el bygger på två livscykelanalyser av Vattenfalls elproduktion, tolkade av Lindholm (1999). Vid beräkning av påverkan från elgenerering antas elanvändningen vara en svensk elmix enligt Energimyndigheten (1999) som presenteras i tabell 9, bilaga 2. Den svenska elmixen används under de olika alternativens hela livscykler.

Enligt Lindfors m.fl. (1995) bör el räknas om till primärenergi i inventeringsfasen. Primärenergien är den energi som åtgår för att producera el. I livscykelanalysen av el inkluderades produktion av bränsle, generering av el och omhändertagande av avfall. Byggnation och rivning av kraftverk inkluderades inte. Eftersom kraftverken både producerar el och värme användes av Vattenfall en 50/50 allokeringss metod. Alla emissioner delades lika mellan värme- och elproduktion.

I tabell 10, bilaga 2, presenteras den energi som åtgår samt de emissioner som uppstår vid produktion av 1 MJ el.

## Datakvalitet

Beträffande uppgifterna om elgenerering i Sverige gäller siffrorna för Vattenfalls elproduktion och kan variera från dag till dag. Datakvaliteten för LCA av elgenerering är enligt Vattenfall (1996) varierande men bedöms vara den bästa tillgängliga litteraturen inom området.

## Transporter

Vid transport av gödsel till svenska lantbrukare anlitas ett hundratal olika åkerier, framför allt svenska och danska. Ofta sker transporten med tung lastbil med släp. Vid transport av förädlad kycklinggödsel och handelsgödsel sker ofta returtransport av t.ex. spannmål. Vid transport av färsk gödsel är returtransporten ofta tom, men det förekommer att returtransport sker av t.ex. jordförbättringsmedel (Löf, pers.medd., 2000). Vid LCA av gödsel var det nödvändigt att göra flera antagande vad gäller transportlängd, körsätt, motor och bränsle.

För beräkning av transporterens betydelse användes information presenterad i NTM:s databas (Nätverket för Transporter och Miljö). I tabell 11, bilaga 3, presenteras bakgrundsinformation för tung lastbil med släp.

I tabell 12, bilaga 3, presenteras energiåtgång och emissioner för tung lastbil med släp. Uppgifterna i tabellen gäller vid fyllnadsgraden 70 % vilket enligt NTM (www.ntm.a.se, 2000) är medelvärde för samtliga fjärrgående transporter. Vid transport av färsk gödsel är fyllnadsgraden troligtvis lägre eftersom returtransporten ofta är tom och därmed belastar gödseln. Vid beräkning av returtransport användes därför kolumnen *låg drift* och vid övrig transport användes kolumnen *hög drift*. De värden som anges inkluderar energiåtgång och emissioner som uppstår vid samtliga processer, dvs. vid utvinning av råolja, raffinering, transporter i alla mellanled och vid slutanvändning. Energiåtgången anges i tonkilometer (tkm) som är den energi som åtgår för att transportera ett ton en km. Således anges emissionerna i gram per tonkilometer som är de emissioner som uppstår då ett ton transporteras en km. Resursförbrukningen redovisas som gram råolja som åtgår vid produktion och användning av bränslet (Arnäs m.fl., 1997).

**Datakvalitet**

En rad faktorer inverkar på energiåtgång och emissioner vid lastbilstransporter. Enligt Nätverket för Transporter och Miljö ([www.ntm.a.se](http://www.ntm.a.se), 2000) varierar bränsleförbrukningen kraftigt beroende på väg, typ av trafik och körsätt. Eftersom ett stort antal åkerier anlitas för transport av gödsel i Sverige kan ändå uppgifterna anses ge en god bild av transporterens betydelse för gödselmedlens totala miljöpåverkan.

**Lagring av gödsel**

Lagring av gödsel kan förekomma både vid förmedling av färsk gödsel (hos uppfödare och odlare) och innan torkning vid förädling av gödsel. Till grund för beräkning av miljöpåverkan som uppstår under lagring av gödsel ligger ett försök som utförts vid JTI (Rodhe m.fl., 2000). Kycklinggödsel lagrades i högar från slutet av oktober till slutet av maj. Emissionerna av ammoniak mättes kontinuerligt och var störst i början av lagringstiden. De värden som uppmättes redovisas i tabell 13, bilaga 4.

Konstgödsel och torkad, pelleterad kycklinggödsel förvaras i förpackning och antas inte förlora någon växtnäring vid eventuell lagring.

**Datakvalitet**

Mätningarna utförda av JTI bedöms vara av god kvalitet. Det bör dock påpekas att yttre faktorer såsom klimat, vattenhalt i gödseln m.m. påverkar storleken på ammoniakavgången. I verkligheten kan därför lagringsförlusterna variera.

**Spridning av gödsel**

Ammoniakförluster i samband med spridning av färsk kycklinggödsel och spridning av torkad, pelleterad gödsel har uppmätts vid JTI (Rodhe m.fl., 2000). Vid försöket användes Binadan. Spridningsförlusterna för Binadan var 0 %. Förlusterna vid spridning av konstgödsel är enligt Välimaa (1998) försumbara med undantag för flytande ammoniak och kvävelösningar innehållande urea. Gödselmedlen NPS (27-5-3) och NPK (21-3-10) är vid spridningstillfället fasta och stabila och antas inte förlora kväve i form av ammoniak omedelbart vid kontakten med luft.

Vid försök vid JTI, användes vid spridning av färsk gödsel en spridare av fabrikat JF ST 70-H. För spridning av Binadan användes en rampspridare av fabrikat Överum-Tive 4012.

Uppgifter om bränsleförbrukning vid spridning av konstgödsel härrör från Johansson (1998). Spridning av konstgödsel och pelleterad gödsel sker med samma typ av spridare och bränsleåtgången vid spridning av pelleterad gödsel antas därför vara densamma. Vid spridning av pellets begränsas dock givan, enligt Algerbo & Lundin (1999), till 60 kg N per ha eftersom spridaren endast matar ut halva mängden gödsel jämfört med konstgödsel.

Vid spridning av fastgödsel sprids i det studerade systemet 2 ton gödsel per ha (kvävegiva på ca 60 kg/ha).

Tidsåtgången per ha för spridning av stallgödsel beräknas enligt Elinder och Falk (1983), med hjälp av ekvation 6:

$$A = \frac{10}{AhAb} \left[ 1 + \frac{T}{100} \right] + \left[ \left[ \frac{MaxFb}{100Areal} - 0,5 \right] 2Vt \right] \quad (6)$$

där:

$A$  = Arbetsbehov (h/ha)

$Ah$  = Arbets hastighet (km/h)

$Ab$  = Arbetsbredd (m)

$T$  = Tilläggstid per ha (%)

$Max Fb$  = Fältets maximala bredd, tvärs körriktningen (m)

$Areal$  = Fältets maximala areal (ha)

$Vt$  = Redskapets vändtid (h/ha)

Gödseln antas spridas på ett standardfält som är 500 m långt och 200 m brett. Tilläggstiden är enligt Elinder och Falk (1983) 60 %. Lagringen av gödseln antas ske i kanten på fältet.

Uppgifter om hastighet vid spridning och arbetsbredd m.m. bygger på uppgifter från olika lantbrukare med erfarenhet av spridning av gödsel från kyckling och värphöns (Eriksson m.fl., pers.medd., 2000). Det visade sig att arbetsbredden vid spridning av gödsel från kyckling och höns var mellan 7 och 9 m. Hastigheten varierade mellan 8 och 12 km/h beroende på givans storlek. Vid små givor, 2-4 ton per ha, var hastigheten ungefär 12 km/h. Vid större givor, ca 10 ton per ha, var hastigheten lägre, ungefär 8 km/h. Motorns varvtal varierade mellan 1700 och 2500 varv per minut. Utifrån dessa uppgifter kunde en ungefärlig bränsleförbrukning beräknas. Bränsleförbrukningen är enligt Axenbom m.fl. (1988) vid blandad körning 0,15 l per timme per kW. Antalet kW är här detsamma som traktorns effekt.

Emissionsfaktorer för förbränning av diesel redovisas i tabell 13, bilaga 4. Emissionsfaktorerna för kolmonoxid, kolväten och kväveoxider är resultatet av mätningar utförda vid institutionen för lantbruksteknik (Hansson m.fl., 1998). Det arbetsmoment som testades var sådd vilket bedömdes vara likvärdigt med spridning av pellets och färsk gödsel vad gäller belastningen. Den traktor som användes var en Valmet 805 med 70 kW maximal effekt. Emissionsfaktorerna för koldioxid, partiklar och svaveldioxid är hämtade ur NTM:s databas (www.ntm.a.se, 2000) och gäller för lastbilmotorer.

I tabell 15, bilaga 4 redovisas förförbränningstillägget för MK1-diesel, dvs. tillägget för energiåtgång och emissioner i samband med framställning av bränslet. I tabell 16, bilaga 4 redovisas energiåtgång och emissioner inklusive förförbränningstillägg och ammoniakavgång.

### **Datakvalitet**

Vad gäller ammoniakförluster i samband med spridning är dessa beroende av hur den enskilde producenten/odlaren hanterar gödseln. Många faktorer inverkar såsom temperatur, vindförhållanden, spridarens utformning och eventuell nedbrukning av gödseln. De värden som anges med Rodhe som referens bedöms ha hög säkerhet men kan variera beroende på yttre omständigheter.

Bränsleförbrukningen vid spridning av gödsel varierar bland annat beroende på antalet vändningar, justeringar och tomgångskörningar. Fältets form, topografi och jordartens beskaffenhet inverkar också på bränsleförbrukningen. Den bränsleförbrukning som användes vid livscykelanalys av kycklinggödsel är en grov uppskattning.

Vid mätning av emissioner från traktorer vid olika arbetsmoment användes endast en traktor. Mätningarna pågick under ett kort tidsintervall. Det är därför osäkert hur stor variationen är mellan olika typer av traktorer. För att få större säkerhet bör fler mätningar göras. De emissionsfaktorer som är hämtade i NTM:s databas bygger på idag bästa tillgängliga teknik, vilket inte alltid är den som används. Dessutom gäller förförbränningstillägget och emissionsfaktorerna i NTM:s databas för lastbilmotorer. Datakvaliteten hos motoremissioner från traktor bedöms därför vara av låg kvalitet.

### **Produktion av pelleterad gödsel**

Produktion av pelleterad gödsel sker lämpligen i roterande trumtork där gödseln kontinuerligt matas in i torken. Transport inom anläggningen sker med skrapor och skruvar eller pneumatiskt. Elåtgången är beroende av hur planlösningen ser ut och varierar mycket mellan olika anläggningar men bedöms i sammanhanget vara försumbar och inkluderas ej i analysen.

### **Torkning**

Vid torkning av gödsel i roterande trumtork värms torkluften lämpligen upp av bränslepellets, eftersom dessa är en förnyelsebar energikälla med gott energiutbyte. I tabell 17, bilaga 5, redovisas energiåtgång och emissioner vid torkning av gödseln. Beräkningar av energiåtgång vid torkning av gödsel bygger på uppgifter från Persson (1972).

Produktion av bränslepellets antas ske i närliggande anläggning. Energiåtgången vid produktion av bränslepellets är hämtade ur *Pelletsparmen* (Hadders, 1996). Där anges att energiinsatsen är 15,5 % av energin i bränslet. Andelen el är 5,5 %, varav hälften förnyelsebar.

Emissioner i samband med produktion av bränslepellets är ej inkluderade i studien på grund av uppgifternas stora osäkerhet. De bedöms dessutom vara försumbara i sammanhanget. Förbränning av bränslepellets antas ske med bästa tillgängliga teknik och emissionsfaktorerna är hämtade ur *Pelletsparmen* (Hadders, 1996). Uppgifterna i pelletsparmen gäller för villabrännare men är enligt Gustavsson (pers.medd., 2000) vid Sveriges provnings- och forskningsinstitut jämförbara med större anläggningar. Ammoniakavgången i samband med torkning av gödsel bygger på en experimentell studie som beskrivs närmare under rubrik ”Torkning av kycklinggödsel i laboratorietork – experimentell studie”.

### ***Pelletering och kylning***

Pelletering av gödsel sker direkt efter torkning. Data för pelleteringen kommer från Rune Johansson (pers.medd., 2000) och stämmer väl överens med uppgift från Almquist & Nilsson (1992). Efter pelletspressen kyls gödseln på ett band med hjälp av en fläkt. Energiåtgången vid kylning uppskattades, efter samtal med sakkunniga, till knappt 10 % av energiåtgången vid pelletering. Energiåtgång och emissioner redovisas i tabell 18, bilaga 6.

### ***Datakvalitet***

Genom att studera litteratur, göra studiebesök och intervjua sakkunniga har tillfredsställande datakvalitet kunnat erhållas vad gäller torkning och pelletering av gödsel. Uppgifterna angående produktion av bränslepellets varierar i verkligheten mycket beroende på ett antal faktorer. Var skogen avverkas har betydelse liksom hur terrängen ser ut och hur stort avståndet till sågen och till pelletsfabriken är.

Torkning av gödsel i torkskåp med fläkt ger en indikation på kväveförlusten vid torkning. Överförbarheten från laboratorieskala till fullskala är tveksam.

### **Produktion av konstgödsel**

Produktion av gödselmedlen har studerats ur ett livscykelperspektiv. Emissioner och energiförbrukning för samtliga processer redovisas från brytning av råvaror, produktion av bränsle till färdig produkt. Den el som redovisas av Davis & Haglund (1999) är inte omräknad till primärenergi. Redovisade emissioner är de utsläpp som uppstår vid samtliga processer från utvinning av råvaror, framställning av bränsle och el till färdig produkt (Davis, pers.medd., 2000). I tabell 19, bilaga 7 är uppgifterna bearbetade och elåtgången är omräknad till primärenergi. Europeisk el behandlas här som svensk el. Tillägg har även gjorts för transport av gödselmedel från Hydro Agri AB:s fabrik i Köping samt för förpackning av gödseln.

### ***Utökat system***

Vid produktion av konstgödsel på Hydro Agris anläggning i Köping, med naturgas som största energikälla, tas spillvärmerna till vara genom att den leds ut till kommunens fjärrvärmenät. Det produceras alltså energi vilket bör beaktas vid jämförelse med hantering av gödsel från fjäderfä. Enligt Köpings kommuns hemsida ([www.koping.se](http://www.koping.se), 2000) kommer 60 % av kommunens fjärrvärme från Hydro Agris produktion av gödsel. Övrig fjärrvärme härrör från olja. En minskning av produktionen av konstgödsel till förmån för gödsel från fjäderfä skulle troligen leda till en ökning av oljeförbränningen i kommunen. Den extra utvinningen och förbränningen av olja belastar vid jämförelse alternativ färsk gödsel och alternativ torkad, pelleterad gödsel. Uppgifter om energiåtgång och emissioner vid utvinning och användning av olja för produktion av fjärrvärme kommer från Vattenfall (1996). I tabell 20, bilaga 7 redovisas påslaget av energi och emissioner per MJ producerad fjärrvärme.

### ***Datakvalitet***

Rapporten om livscykelinventering av framställning av konventionella gödselmedel bedöms vara den i nuläget bästa litteraturen som finns att tillgå inom området. Det är dock svårt att bedöma huruvida producenter av konstgödselmedel har lämnat fullständig och korrekt information till utförarna av livscykelinventeringen. Datakvaliteten bedöms därför vara osäker.

### **Paketering**

Det material som används är för både mineralgödsel och pelleterad kycklinggödsel polyeten (LDPE). Efter användning av förpackningsmaterialet transporteras det till deponi. Förpackningens energiinnehåll inkluderas inte i studien. Bakgrundsinformation över förpackningen redovisas i tabell 21, bilaga 8. Den förpackning som använts vid beräkningar rymmer 20 l. I tabell 22 redovisas bakgrundsinformation för produktion av LDPE (low-density polyethylene), enligt Tillman m.fl. (1991). Uppgifterna i tabell 22 är bearbetade och innehåller även generering av el.

Emissionerna har antingen uppmätts eller är teoretiskt beräknade utifrån de bränslen som används. De värden som redovisas är summan av den energi som konsumeras, de resurser som åtgår och de emissioner som uppstår vid varje delsteg, inklusive samtliga transporter t.o.m. deponi.

### ***Datakvalitet***

Data över förpackningsmaterialet bedöms ha relativt låg kvalitet eftersom endast total miljöpåverkan anges. Rapporten kan dessutom anses vara gammal i sammanhanget.

## **Miljöpåverkansbeskrivning**

### **Klassificering**

De effektkategorier som inkluderades i studien var följande:

- Resurser – Energi
- Växthuseffekt
- Försurning
- Eutrofiering
- Bildning av fotokemiska oxidanter

### **Karakterisering**

#### ***Resurser – energi***

Energiförbrukningen delades upp i förnyelsebara och icke förnyelsebara energikällor. Förnyelsebara energikällor är de som är förnyade inom 100 år, t.ex. vatten- och vindkraft, biobränslen m.m. (Lindfors m.fl., 1995). Energiinnehållet i produkterna inkluderades ej.

### ***Växthuseffekt***

Karakteriseringsfaktorer för potentiell växthuseffekt redovisas i tabell 2. Den potentiella växthuseffekten redovisas här som koldioxidekvivalenter och tar hänsyn till bidraget till temperaturhöjningen från ett visst ämne under en viss tidsperiod. Den beräknade effekten, Global Warming Potential (GWP), anges i det studerade fallet för en tidsperiod på 100 år.

*Tabell 2. Potentiell växthuseffekt, index kg CO<sub>2</sub>-ekv./kg (www.globalchange.org, 2000).*

Ämne	GWP 100 år
CO <sub>2</sub>	1
CH <sub>4</sub>	21
N <sub>2</sub> O	310

### ***Försurning***

Karakteriseringsfaktorer för potentiell försurning redovisas i tabell 3. Försurning anges som mol vätejonekvivalenter per kg som frigörs. De faktorer som redovisas gäller för ett maxscenario, vilket kan medföra en viss överskattning.

*Tabell 3. Potentiell försurning, mol H<sup>+</sup>/kg (Uppenberg & Lindfors, 1999).*

Ämne	Index, mol H <sup>+</sup> /kg
SO <sub>2</sub>	0,0312
SO <sub>3</sub>	0,025
NO <sub>2</sub>	0,0217
NO <sub>x</sub>	0,0217
NO	0,0333
HCl	0,0274
HNO <sub>3</sub>	0,0159
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,0204
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	0,0306
HF	0,05
H <sub>2</sub> S	0,0588
NH <sub>3</sub>	0,0587

### ***Eutrofiering***

Karakteriseringsfaktorer för eutrofiering redovisas i tabell 4. Den potentiella eutrofieringen anges som syreförbrukning som sker till följd av nedbrytning av biomassa i vattendragen. Vilket näringsämne som är begränsande för tillväxten av biomassa är olika för olika vatten. I regel är fosfor begränsande i sötvatten och kväve i saltvatten (Rennerfelt, 1991). Vid LCA av gödsel beräknades ett maxscenario där både kväve och fosfor antas bidra till eutrofieringen.

Tabell 4. Potentiell eutrofiering, kg O<sub>2</sub>/kg (Lindfors m.fl., 1995).

Ämne	Index
N till luft	20
NO <sub>x</sub> till luft	6
NH <sub>3</sub> till luft	16
N till vatten	20
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> till vatten	4,4
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> till vatten	15
P till vatten	140
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	46
COD	1

### ***Bildning av fotokemiska oxidanter***

Karakterisering av bildning av fotokemiska oxidanter bygger på en princip kallad POCP (Photochemical Ozone Creation Potentials) och uttrycks som etenekvivalenter (Lindfors m.fl., 1995). Karakteriseringsfaktorer redovisas i tabell 5.

Tabell 5. Bildning av fotokemiska oxidanter (Lindfors m.fl., 1995).

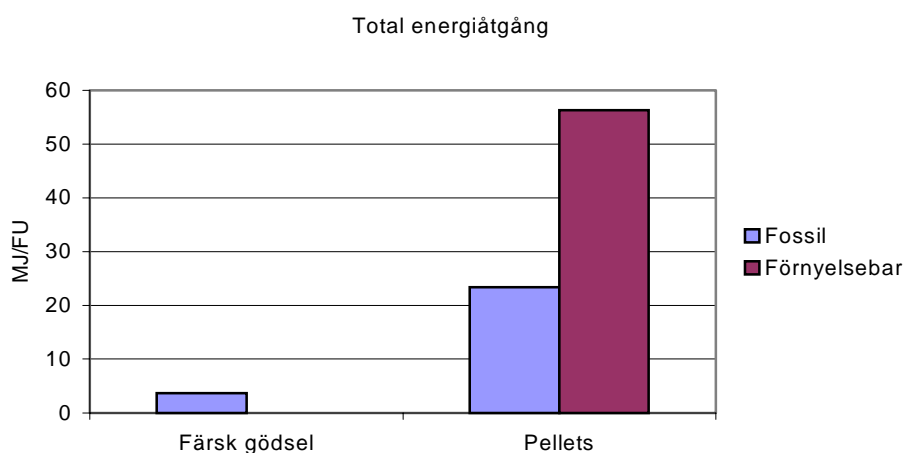
Ämne	kg etenekv./kg
Metan	0,007
Etan	0,082
Propan	0,42
Butan	0,41
Pentan	0,408
Alkan	0,398
Acetylen	0,168
Bensen	0,189
Toluen	0,563
Xylen	0,666
Aromater	0,761
Formaldehyd	0,421
Acetylaldehyd	0,527
Aldehyder	0,443
Kolväten	0,337

# Resultat

## Scenario 1, grundscenario

### *Energi*

I bild 4 redovisas den totala energiåtgången för de två alternativen uppdelad på fossil och förnyelsebar energi. Förbrukningen av förnyelsebar energi är för alternativ torkad, pelleterad gödsel relativt stor. Det beror på att bränslepellets används vid torkning av gödsel vilket är ett förnyelsebart bränsle med stort energiutbyte. Vid användningen av färsk gödsel utgörs energiåtgången till 100 % av fossil energi. Den totala energiåtgången är dock betydligt mindre vid hantering av färsk gödsel än om den torkas och pelleteras före användning.



*Bild 4. Energiåtgången för alternativ färsk gödsel och alternativ torkad, pelleterad gödsel uppdelad på fossil och förnyelsebar energi.*

Energiåtgången för de olika alternativen redovisas i bild 5 uppdelad på delprocesser. För alternativ färsk gödsel är transporten den mest energikrävande delprocessen medan torkningen är mest energikrävande för torkad, pelleterad produkt. Den mest energikrävande processen efter torkning för torkad, pelleterad produkt är framställning och användning av förpackning. Anledningen till att förpackningen får en relativt stor inverkan är att gödseln har låg koncentration av växnäring; plaståtgången per kg kväve är stor. Anmärkningsvärt är att energiåtgången för pelletering är minimal vilket beror på att den el, som används som energikälla, räknas om till primärenergi.

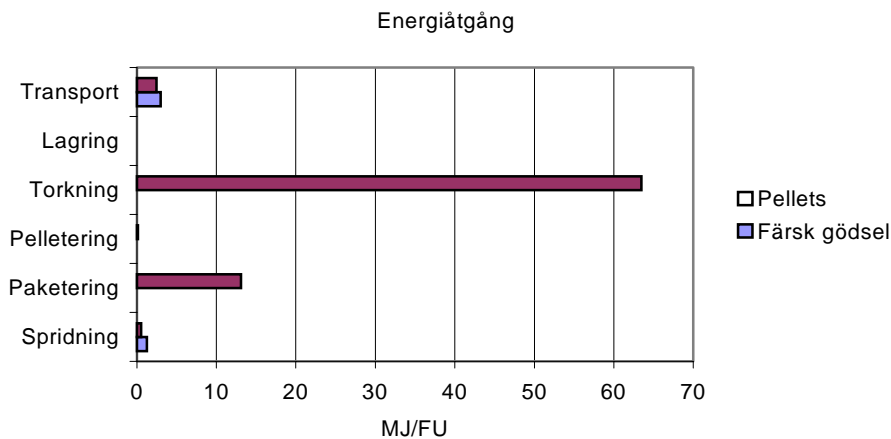


Bild 5. Energiåtgången för alternativ färsk gödsel och alternativ torkad, pelleterad gödsel uppdelad på delmoment.

### Växthuseffekt

I bild 6 redovisas det totala potentiella bidraget till växthuseffekten för färsk gödsel och torkad pelleterad gödsel. Det visade sig att det totala potentiella bidraget var nästan dubbelt så stort från torkad, pelleterad gödsel som från färsk gödsel.

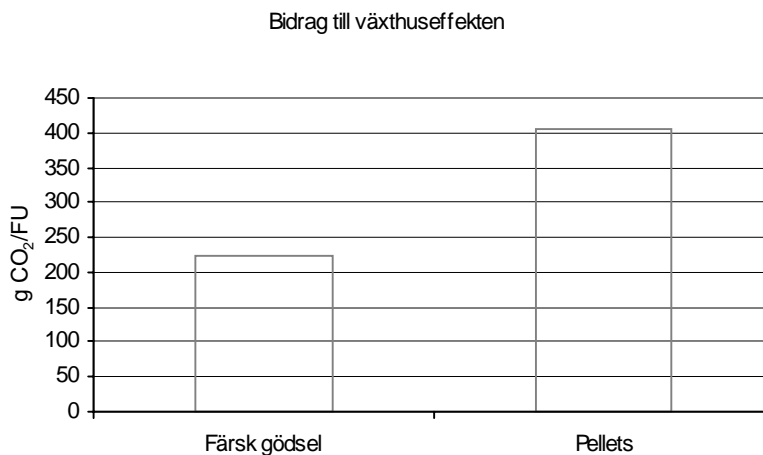


Bild 6. Totalt potentiellt bidrag till växthuseffekten för färsk gödsel och torkad pelleterad gödsel.

I bild 7 redovisas den potentiella växthuseffekten för alternativ färsk gödsel och torkad, pelleterad gödsel uppdelad på delmoment. Det visade sig att alternativ torkad, pelleterad gödsel ger störst potentiellt bidrag till växthuseffekten. Anmärkningsvärt är att det delmoment som har störst betydelse är paketeringen. Orsaken är att under förpackningens livscykel emitteras relativt stora mängder koldioxid. Även växthusgaserna metan och lustgas ( $N_2O$ ) avges i mindre mängder vilka har höga karakteriseringsfaktorer, 21 respektive 310. För alternativ färsk gödsel har transporten störst betydelse. Även för torkad, pelleterad gödsel har transporten stor betydelse för det totala potentiella bidraget till växthuseffekten. Att transporterna ger ett stort potentiellt bidrag beror på att utsläppen av koldioxid av fossilt ursprung är relativt stora vid förbränning av diesel.

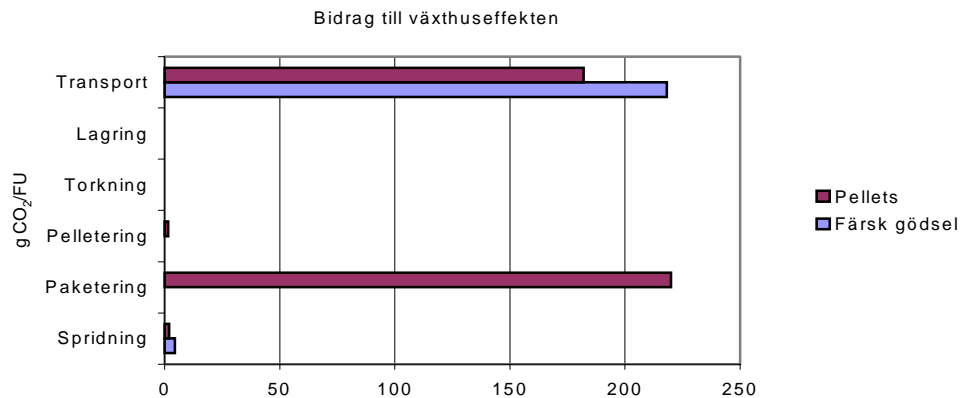


Bild 7. Det potentiella bidraget till växthuseffekten uppdelad på delprocesser.

### Försurningen

I bild 8 redovisas det potentiella bidraget till försurningen från färsk gödsel och torkad, pelleterad gödsel. Det visade sig att det potentiella bidraget till försurningen var mer än 2,5 gånger så stort från torkad, pelleterad gödsel som från färsk gödsel.

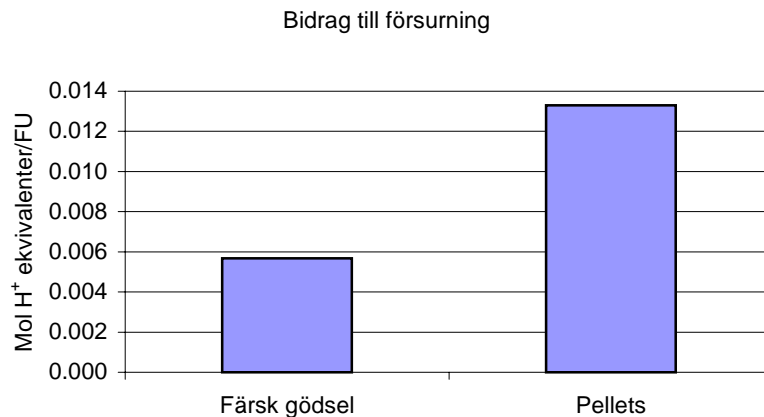


Bild 8. Totalt potentiellt bidrag till försurningen för färsk gödsel och torkad, pelleterad gödsel.

I bild 9 redovisas det potentiella bidraget till försurningen uppdelat på delprocesser. Den delprocess som ger störst potentiellt bidrag till försurningen är torkningen. Det beror på den relativt stora ammoniakavgången som sker under torkningen. Den delprocess som har störst betydelse för färsk gödsel är spridningen vilket beror på ammoniakavgången som uppstår efter spridning av färsk gödsel, trots nedbrukning inom fyra timmar.

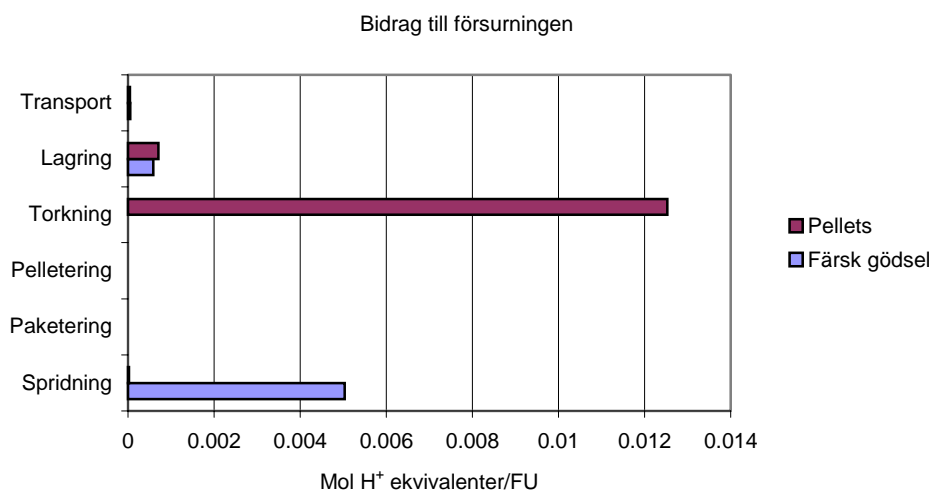


Bild 9. Det potentiella bidraget till försurningen uppdelat på delprocesser.

### Eutrofiering

I bild 10 redovisas det totala bidraget till eutrofieringen från färsk gödsel och torkad, pelleterad gödsel. Det visade sig att det potentiella bidraget till eutrofieringen var mer än dubbelt så stort från torkad, pelleterad gödsel.

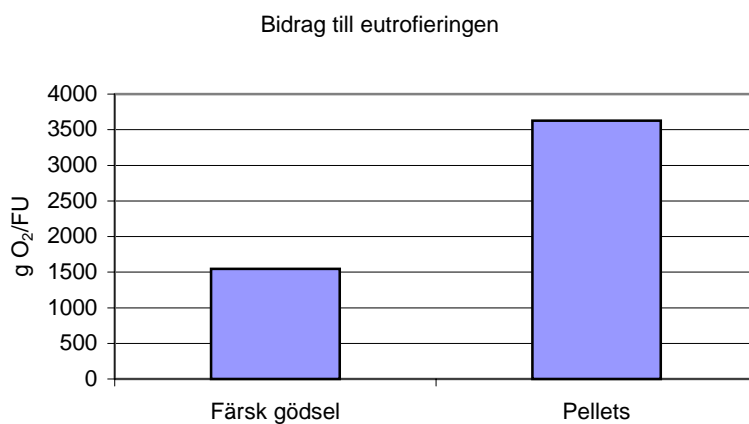


Bild 10. Det totala potentiella bidraget till eutrofieringen från färsk gödsel och torkad, pelleterad gödsel.

I bild 11 redovisas det potentiella bidraget till eutrofieringen uppdelat på delprocesser. Som diagrammet anger sker det största potentiella bidraget till eutrofieringen vid torkning av gödseln. Det beror på den stora ammoniakavgången vid torkning. Även spridning av färsk gödsel ger ett relativt stort potentiellt bidrag till eutrofieringen. Även vid spridning av färsk gödsel sker förluster av kväve i form av ammoniak.

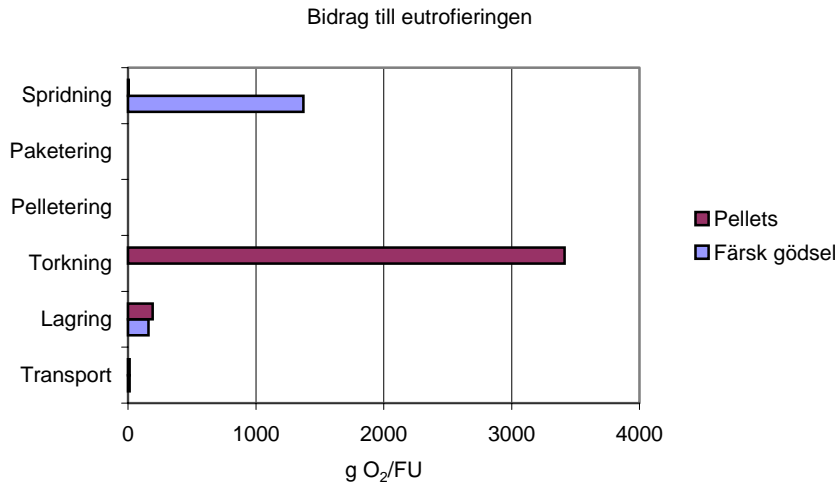


Bild 11. Delprocessernas potentiella bidrag till eutrofieringen.

### Bildning av fotokemiska oxidanter

I bild 12 redovisas det totala potentiella bidraget till bildningen av fotokemiska oxidanter från färsk gödsel och torkad, pelleterad gödsel. Det visade sig att torkad, pelleterad gödsel ger ett betydligt större potentiellt bidrag än färsk gödsel.



Bild 12. Det potentiella bidraget till bildningen av fotokemiska oxidanter från färsk gödsel och torkad, pelleterad gödsel.

I bild 13 redovisas det potentiella bidraget till bildningen av fotokemiska oxidanter uppdelat på delprocesser. Det visade sig att den delprocess som har störst betydelse är paketeringen. Vid framställning av polyeten emitteras framför allt kolväten vilket ger ett relativt stort bidrag till bildningen av fotokemiska oxidanter. För färsk gödsel har transporten störst betydelse vilket också beror på utsläpp av kolväten.

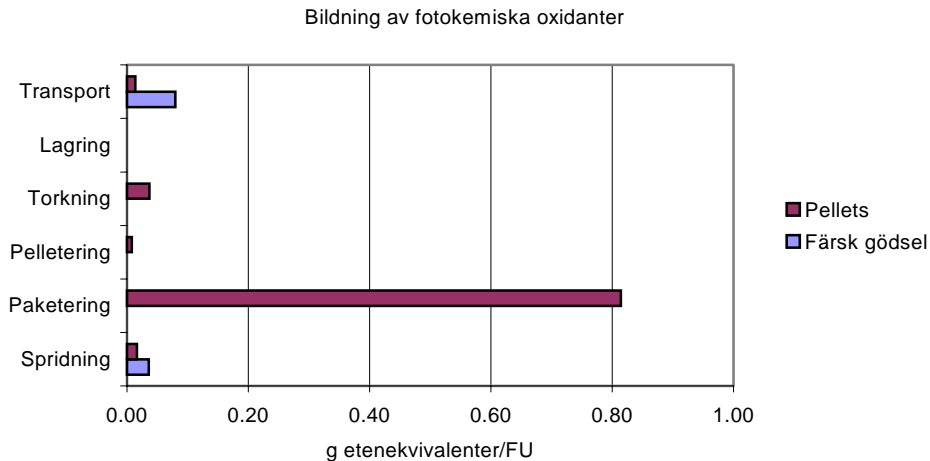


Bild 13. Diagram över det potentiella bidraget till bildningen av fotokemiska oxidanter uppdelat på delprocesser.

## Scenario 2

Frågeställningen var följande: hur långt kan den färska gödseln transporteras för att energiåtgången för färsk gödsel och torkad gödsel ska bli lika stor? Den pelleterade gödseln sprids i scenario 2 i anslutning till torkanläggningen.

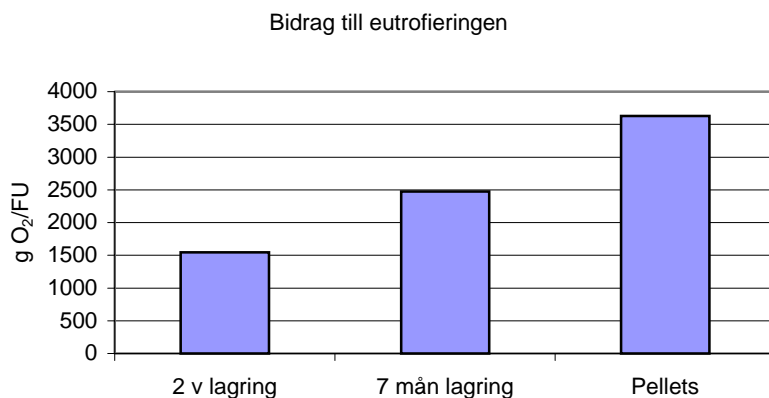
Det visade sig att den totala energiåtgången blir densamma för de två alternativen då färsk gödsel transporteras 180 mil enkel resa med tom returtransport. Det är dock viktigt att poängtera att en stor del av energiåtgången för pelleterad produkt är förnyelsebar energi och bör inte likställas med fossil energi. För att förbrukningen av fossil energi för de två alternativen ska bli lika stor måste transportavståndet för färsk gödsel vara 49 mil enkel resa med tom returtransport.

Vid en transportsträcka på 180 mil enkel resa är den totala energiåtgången 79 MJ per funktionell enhet för både alternativ färsk gödsel och alternativ torkad, pelleterad gödsel. Vid en transportsträcka på 49 mil enkel resa för alternativ färsk gödsel är förbrukningen av fossil energi 22 MJ per funktionell enhet för de två alternativen.

## Scenario 3

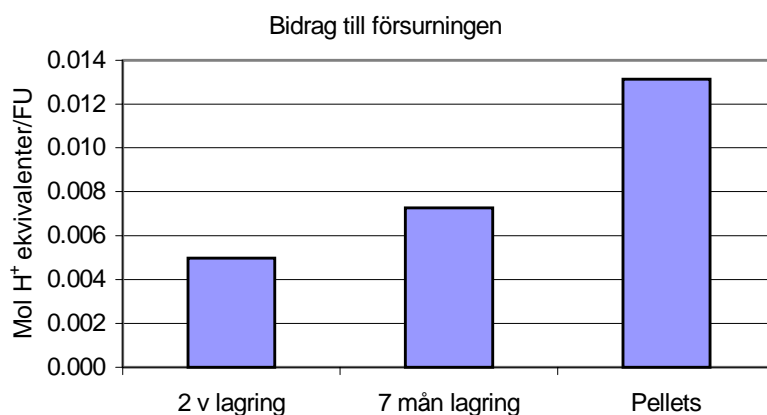
I scenario tre ändrades lagringstiden för färsk gödsel från 2 veckor till 7 månader. Frågeställningen var hur mycket det potentiella bidraget till försurningen och eutrofieringen ändras vid en längre lagringstid av den färska gödseln.

De påverkanskategorier som påverkas av ammoniakavgången vid lagring är försurning och eutrofiering. Det potentiella bidraget till eutrofieringen ökades vid en förlängning av lagringstiden. Resultatet av förlängningen av lagringstiden redovisas i bild 14.



*Bild 14. Det totala bidraget till eutrofieringen vid två veckors lagringstid för färsk gödsel respektive sju månader. Lagringstiden för pellets är två veckor före torkning.*

I bild 15 redovisas det potentiella bidraget till försurningen vid olika lagringstider för färsk gödsel. Lagringstiden för pellets är fortfarande två veckor före torkning.



*Bild 15. Det potentiella bidraget till försurningen från färsk gödsel vid olika lagringstider och från torkad, pelleterad gödsel.*

Det visade sig att torkad, pelleterad gödsel fortfarande gav ett större potentiellt bidrag till eutrofieringen och försurningen, trots en längre lagringstid för färsk gödsel. Förklaringen är den stora förlusten av kväve i form av ammoniak under torkningen av gödseln.

## Scenario 4

Frågeställningen var följande: hur mycket påverkas det potentiella bidraget till försurningen och eutrofieringen av att gödseln inte brukas ned?

Då gödseln inte brukas ned påverkas storleken på ammoniakavgången. Ju kortare tid efter spridningen som nedbrukningen av den färsk gödseln sker, desto mindre kväve förloras i form av ammoniak. Vid spridning av pellets har ingen ammoniakavgång påvisats. En ökning av ammoniakavgången i samband med spridning leder till en ökning av det potentiella bidraget försurningen och eutrofieringen för alternativ färsk gödsel. Alternativens potentiella bidrag till eutrofieringen redovisas i bild 16 och det potentiella bidraget till försurningen redovisas i bild 17.

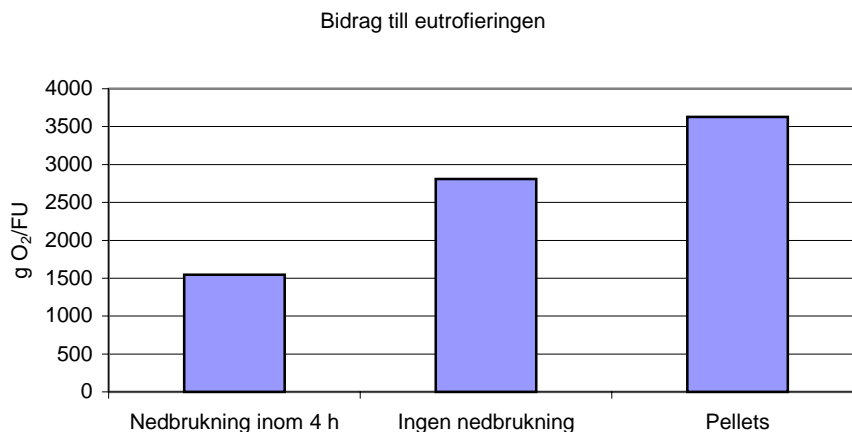


Bild 16. Potentiellt bidrag till eutrofieringen vid nedbrukning inom 4 h samt ingen nedbrukning av den färsk gödseln.

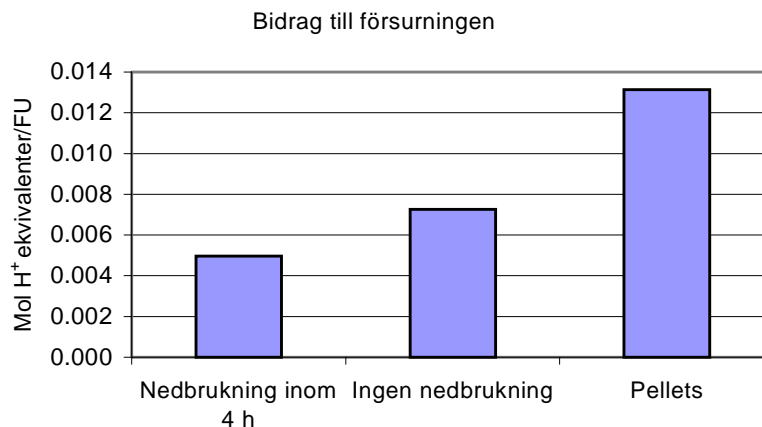


Bild 17. Det potentiella bidraget till försurningen vid nedbrukning inom 4 h respektive ingen nedbrukning av färsk gödsel.

Trots den ökade ammoniakavgången relaterad till spridningen ger torkad, pellerad gödsel ett större potentiellt bidrag till eutrofieringen och försurningen. Orsaken är den stora ammoniakavgången som sker under torkningen.

## Jämförelse mellan kycklinggödsel och konstgödsel

Utgångspunkten är grundscenariot. Transportavståndet för konstgödsel från fabrik till odlare är detsamma som för färsk gödsel och torkad, pelleterad gödsel, dvs. 65 km. Studierna är gjorda oberoende av varandra och olika metoder vid insamling av data och beräkningar har använts. Resultatet av jämförelsen är en grov uppskattning vilket är viktigt att ha i åtanke. De konstgödselmedel som ingick i studien var NPS 27-5-3 samt NPK 21-3-10.

### Energi

Energiåtgången för framställning av NPS 27-5-3 och NPK 21-3-10 visade sig vara lika stor per funktionell enhet, inklusive förpackning, transport och spridning. Energiåtgången redovisas därför endast för NPK 21-3-10. Det visade sig att produktion och användning av torkad, pelleterad produkt medför den största energianvändningen vilket redovisas i bild 18. Dock är konsumtionen av fossil energi större för konstgödsel. I system där fossil energi, t.ex. olja, används vid torkning av gödsel är torkad, pelleterad produkt det gödselmedel som medför störst användning av fossil energi.

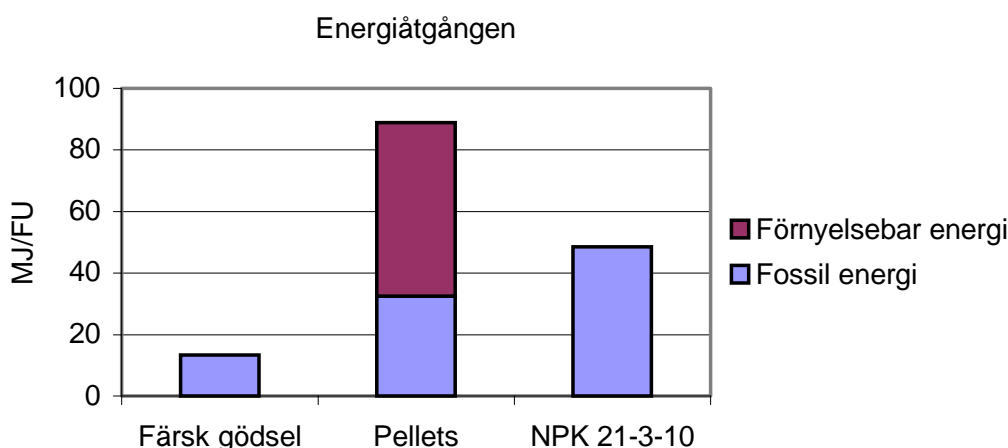


Bild 18. Energiåtgången för färsk gödsel, pellets och NPK 21-3-10.

### Växthuseffekt

Det potentiella bidraget till växthuseffekten var något större från NPS 27-5-3 än från NPK 21-3-10. Det potentiella bidraget till växthuseffekten visade sig vara betydligt större, från både NPS 27-5-3 och från NPK 21-3-10, än från färsk gödsel och torkad, pelleterad gödsel. Detta trots kompensationen för produktion av fjärrvärme vid framställning av konstgödsel. De olika alternativens potentiella bidrag till växthuseffekten redovisas i bild 19.

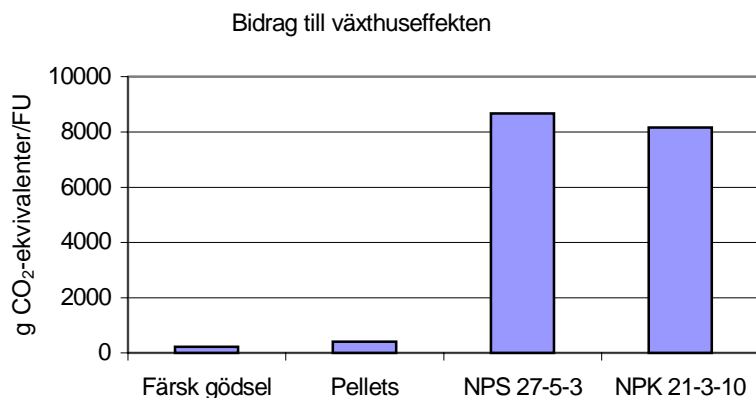


Bild 19. Potentiellt bidrag till växthuseffekten från färsk gödsel, torkad och pelleterad gödsel samt konstgödsel.

### Försurning

Det visade sig att det potentiella bidraget till försurningen var lika stort från NPK 21-3-10 som från NPS 27-5-3 per funktionell enhet. I bild 20 redovisas därför endast bidraget från färsk gödsel, torkad och pelleterad gödsel samt NPK 21-3-10. Det potentiella bidraget till försurningen från konstgödsel visade sig vara mycket litet jämfört med kycklinggödsel. En förklaring är att ammoniakavgången från konstgödsel är minimal. Från färsk gödsel sker ammoniakavgång både vid lagring och spridning och från torkad, pelleterad gödsel sker ammoniakavgång vid lagring före torkning samt under torkprocessen.

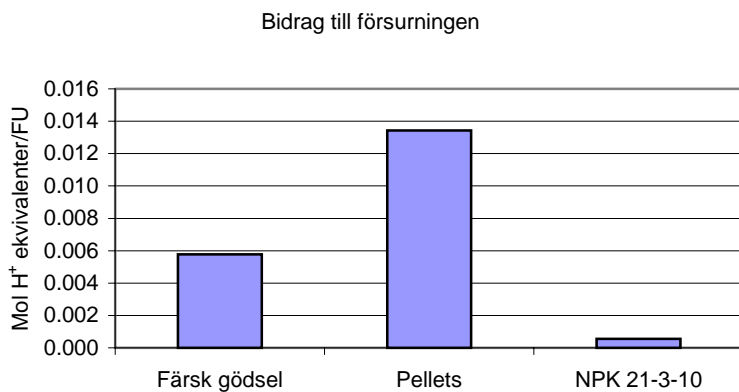


Bild 20. Potentiellt bidrag till försurningen från färsk gödsel, torkad och pelleterad gödsel samt från konstgödsel.

### Eutrofiering

Även det potentiella bidraget till eutrofieringen visade sig vara likvärdigt från NPK 21-3-10 som från NPS 27-5-3. I bild 21 redovisas bidraget till eutrofieringen från färsk gödsel, torkad och pelleterad gödsel samt från NPK 21-3-10. Det potentiella bidraget till eutrofieringen visade sig vara mycket litet från konstgödsel i förhållande till bidraget från kycklinggödsel. Förklaringen är, precis som under rubrik ”försurning”, att ammoniakavgången från konstgödsel är minimal.

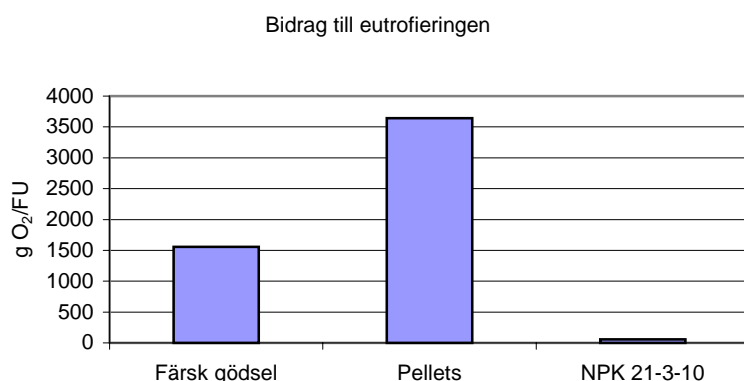


Bild 21. Diagram över det potentiella bidraget till eutrofieringen från färsk gödsel, torkad och pelleterad gödsel samt från konstgödsel.

### Bildningen av fotokemiska oxidanter

Det visade sig att skillnaden mellan NPK 21-3-10 och NPS 27-5-3 var mycket liten vad gäller det potentiella bidraget till bildningen av fotokemiska oxidanter. Det potentiella bidraget var 0,089 g etenektivalerter per funktionell enhet från NPK och 0,92 från NPS. I bild 22 redovisas endast bidraget från färsk gödsel, torkad och pelleterad gödsel samt från NPK 21-3-10. Det minsta potentiella bidraget härrör från konstgödsel. Bidraget från konstgödsel är, som bild 22 anger, betydligt mindre än från färsk gödsel och torkad, pelleterad gödsel. Orsaken till att bidraget från konstgödsel är så litet, jämfört med bidraget från kycklinggödsel, är att NPS 27-5-3 och NPK 21-3-10 har större koncentration av näringsämnen. Förpackning och transporter ger därför ett mindre bidrag per kg totalkväve.

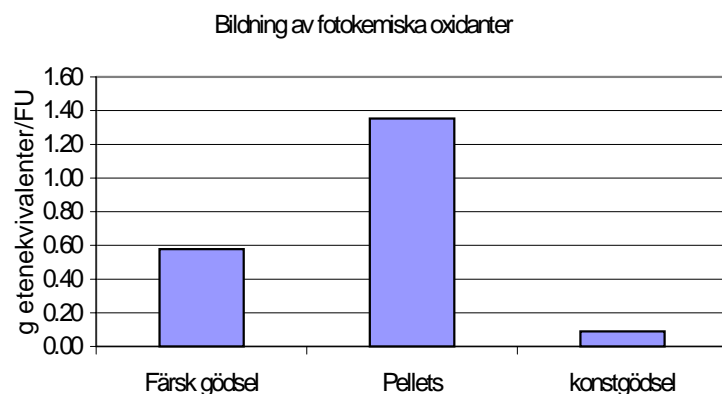


Bild 22. Det potentiella bidraget till bildningen av fotokemiska oxidanter från färsk gödsel, torkad och pelleterad gödsel samt från konstgödsel.

## Känslighetsanalys

### Ökning av energiåtgången vid torkning

Eftersom det är möjligt att energiåtgången vid torkning av kycklinggödsel underskattats i livscykelanalysen ändrades energiåtgången vid torkningen från 5,5 till 9,4 MJ per kg borttorkat vatten. Som tidigare nämnts är 9,4 MJ per kg borttorkat vatten överensstämmande med energiåtgången vid torkning av vall i en av torkarna på Bobergs Valltork AB.

En fördubbling av energiåtgången vid torkning innebar en ändring av den totala energiåtgången från 79,7 till 126,0 MJ per funktionell enhet, en ökning med 58 %. Det potentiella bidraget till växthuseffekten, försurningen och eutrofieringen påverkades inte nämnvärt. En liten ökning av det potentiella bidraget till bildningen av fotokemiska oxidanter skedde. Det potentiella bidraget från torkad, pelleterad gödsel ändrades från 0,89 till 0,92 g etenekvivalenter per funktionell enhet, en ökning med 3 %.

### Emissionerna relaterade till förpackningen halveras

Eftersom datakvaliteten hos förpackningen bedömdes ha låg kvalitet, bland annat pga. källans ålder, är det möjligt att emissionerna relaterade till förpackningen i dagsläget är lägre. Emissionerna halverades därför och ett nytt resultat beräknades.

Det potentiella bidraget till växthuseffekten från torkad, pelleterad gödsel ändrades från 406 till 296 g O<sub>2</sub> per funktionell enhet, en minskning med 27 %. Alternativ torkad, pelleterad gödsel gav fortfarande ett något större bidrag till växthuseffekten jämfört med färsk gödsel. Det potentiella bidraget från färsk gödsel var 223 g O<sub>2</sub> per funktionell enhet.

Det potentiella bidraget till bildningen av fotokemiska oxidanter från alternativ torkad, pelleterad gödsel ändrades från 0,89 g etenekvivalenter per funktionell enhet till 0,48, en minskning med 46 %. Alternativ torkad, pelleterad gödsel gav dock fortfarande ett betydligt större bidrag till bildningen av fotokemiska oxidanter jämfört med färsk gödsel. Det potentiella bidraget från färsk gödsel var 0,116 g etenekvivalenter per funktionell enhet vilket innebär att torkad, pelleterad gödsel gav ett mer än fyra gånger större bidrag jämfört med färsk gödsel, trots halvering av emissionerna.

### Ammoniakavgången vid torkning minimeras

Ammoniakavgången under torkprocessen minimerades och ett nytt resultat beräknades.

Mycket små eller inga förluster av kväve i form av ammoniak vid torkning medförde att det potentiella bidraget till försurningen från torkad, pelleterad gödsel minskade från 0,013 till 0,0007 mol vätejonekvivalenter per funktionell enhet, jämfört med 0,006 mol från färsk gödsel. Efter minimering av emissionerna gav färsk gödsel alltså ett mer än åtta gånger större potentiellt bidrag jämfört med torkad, pelleterad gödsel.

Även det potentiella bidraget till eutrofieringen minskade från torkad, pelleterad gödsel. Bidraget minskade från 3581 till 183 g O<sub>2</sub> per funktionell enhet, jämfört med 1545 g O<sub>2</sub> per funktionell enhet från färsk gödsel. Alternativ färsk gödsel gav efter minimering av ammoniakavgången vid torkning ett mer än åtta gånger större potentiellt bidrag till eutrofieringen jämfört med torkad, pelleterad gödsel.

### Gödselmedlens verkan i odlingen beaktas med avseende på utförda odlingsförsök

För att få en uppfattning om hur gödslingseffektiviteten påverkar resultatet multiplicerades den funktionella enheten med en faktor. Faktorns storlek var bestämdes utifrån resultatet av odlingsförsök.

Det visade sig att skillnaden mellan de olika alternativen, vad gäller samtliga påverkanskategorier, var för stor för att gödselns varierande verkan i odlingen skulle få något genomslag.

Även då konstgödsel NPS (27-5-3) antogs ge dubbelt så hög skörd som övriga alternativ gav gödselmedlet ett betydligt större potentiellt bidrag till växthuseffekten än övriga alternativ. Skillnaden mellan energiåtgången för konstgödsel och färsk gödsel minskade dock. Det bör dock påpekas att ingen hänsyn tagits till långtidseffekten av de olika gödselmedlen i odlingen.

### Fosfor som funktionell enhet

Eftersom gödselmedlen även innehåller fosfor beräknades ett resultat med fosfor som funktionell enhet. Utgångspunkten är jämförelsen mellan kycklinggödsel och konstgödsel.

I bild 23 redovisas den totala energiåtgången då fosfor används som funktionell enhet. Eftersom fosforinnehållet i förhållande till innehållet av totalkväve är lägre i NPK 21-3-10 än i kycklinggödsel blev resultatet något annorlunda. Det visade sig att energiåtgången var större för konstgödsel än för övriga gödselmedel då fosfor användes som funktionell enhet. Energiåtgången var dock fortfarande större för torkad, pelleterad gödsel än för färsk gödsel.

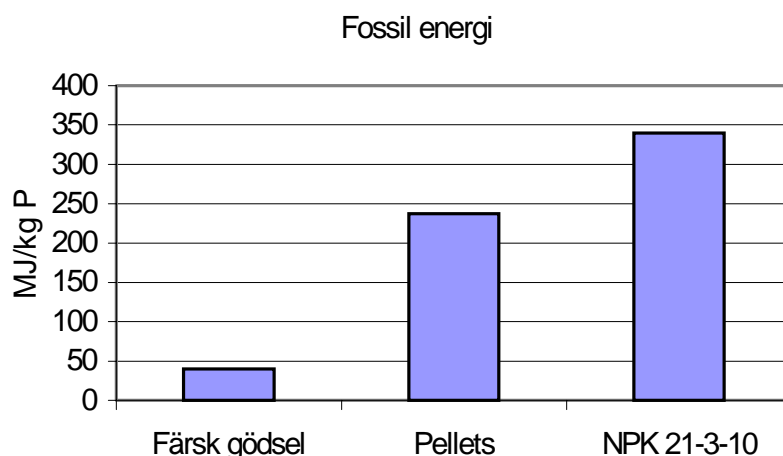


Bild 23. Energiåtgången per kg fosfor för färsk gödsel, torkad och pelleterad gödsel samt konstgödsel NPK 21-3-10.

I tabell 6 redovisas resultatet av livscykelanalysen vid kväve och fosfor som funktionell enhet. Med undantag för energiåtgången förändras inte den inbördes ordningen. Skillnaden mellan det potentiella bidraget till växthuseffekten från kycklinggödsel och från konstgödsel ökade. Däremot minskade skillnaden för övriga påverkanskategorier. Eftersom fosforhalten är lägre i förhållande till kvävehalten i färsk gödsel jämfört med torkad, pelleterad gödsel minskade skillnaden mellan alternativen något.

Tabell 6. Resultat av livscykelanalys vid kväve respektive fosfor som funktionell enhet.

	Kväve som funktionell enhet			Fosfor som funktionell enhet		
	Färsk gödsel	Pellets	NPK 21-3-10	Färsk gödsel	Pellets	NPK 21-3-10
Fossil energi, MJ/FU	13,35	32,50	48,50	42,01	86,66	339,47
Förnyelsebar energi, MJ/FU	0,01	56,34	0,00	0,04	150,24	0,02
Total energi, MJ/FU	13,36	88,84	48,50	42,05	236,90	339,49
Växthuseffekt, g CO <sub>2</sub> ekv./FU	225,57	406,98	8149,88	709,88	1085,28	57049,19
Eutrofiering, g O <sub>2</sub> /FU	1558,26	3640,26	57,62	4903,92	9707,37	403,34
Förurning, Mol H <sup>+</sup> ekv./FU	5,77	13,42	0,56	18,17	35,79	3,94
Bildning av foto-kemiska ox., g etenekv./FU	0,58	1,35	0,09	1,82	3,61	0,62

## Diskussion

Syftet med examensarbetet var att ur ett livscykelperspektiv jämföra färsk gödsel med torkad, pelleterad kycklinggödsel. Examensarbetet skulle också innehålla en jämförelse med konstgödsel.

Det visade sig att torkad, pelleterad produkt var betydligt sämre än färsk gödsel ur energisynpunkt. Torkning av gödsel är den delprocess som är mest energikrävande. Troligtvis är torkanläggningens energiåtgång underskattad eftersom el för bl.a. drift av transportband, skruvar, skrapor och belysning inte är medräknade. Det är även möjligt att torkens energiåtgång i verkligheten är högre. Energiåtgången för kylning är uppskattad men har en mycket liten betydelse i sammanhanget. En förändring av energiåtgången i beräkningarna skulle endast leda till en större skillnad mellan alternativen till fördel för alternativ färsk gödsel. Transporterna av gödseln visade sig ha liten betydelse ur energisynpunkt. Dock är transporterens bidrag till växthuseffekten inte utan betydelse. För att minimera det potentiella bidraget till växthuseffekten förordas ruttplanering och eventuellt samtransport med andra varor. Möjligheten till samtransport med färsk gödsel begränsas dock av risken för smittspridning.

Färsk gödsel ger också ett mindre potentiellt bidrag till växthuseffekten och till bildningen av fotokemiska oxidanter. Den delprocess som har störst betydelse för växthuseffekten och för bildningen av fotokemiska oxidanter är, för alternativ torkad, pelleterad gödsel, förpackningen. Datakvaliteten hos förpackningen är dock låg. Även om emissionerna halveras är förpackningen fortfarande den delprocess som ger störst potentiellt bidrag till växthuseffekten och till bildningen av fotokemiska oxidanter. För att minska alternativets potentiella bidrag till växthuseffekten och bildningen av fotokemiska oxidanter bör förpackningen väljas med omsorg. Alternativt kan hantering av gödseln i lösvikt övervägas. Förbränning av förpackningen som alternativ till deponering kan också ge ett något annorlunda resultat.

Om ammoniakavgången är lika stor, som vid utförd torkstudie, ger torkad, pelleterad gödsel ett avsevärt större potentiellt bidrag till försurningen och eutrofieringen än färsk gödsel. Utförd torkstudie tyder på att ammoniakavgången är stor vid ett litet luftflöde och låg temperatur. Det kan inte uteslutas att ammoniakavgången i verkligheten varierar beroende på bland annat luftflödet, temperaturen och omblandningen. Slutsatsen är att det är av största vikt att sörja för en låg ammoniakavgång vid torkning, dels för att hålla miljöbelastningen på en låg nivå men också för att behålla så mycket som möjligt av växtnäringen i gödseln under torkprocessen.

För att torkad, pelleterad produkt ska vara likvärdig med färsk gödsel, med avseende på valda karakteriseringsfaktorer, måste dess verkan i odlingen vara betydligt bättre. Eftersom endast ett fåtal odlingsförsök utförts där torkad, pelleterad kycklinggödsel jämförs med färsk kycklinggödsel är det inte möjligt att dra några säkra slutsatser om hur stor skillnaden är mellan gödselmedlen. En svaghet med utförd känslighetsanalys är att ingen hänsyn tagits till långtidseffekten av de olika gödselmedlen i odlingen.

Vid utförandet av LCA av gödsel har 1 kg totalkväve, tillfört odlingen, använts som funktionell enhet. Eftersom fosforhalten i förhållande till kväve och kalium är lägre i NPK 21-3-10 än i torkad, pelleterad kycklinggödsel utfördes även en känslighetsanalys där fosfor användes som funktionell enhet. Resultatet blev att energiåtgången var större för konstgödsel än för torkad, pelleterad gödsel från slaktkyckling. Eftersom energiåtgången både per kg kväve och kalium är högre för torkad, pelleterad gödsel än för konstgödsel, kan slutsatsen dras att energiåtgången sammantaget är större. Vilket gödselmedel som är att föredra ur energisynpunkt beror dock på vilket näringsämne som värderas högst.

En fördel med torkad, pelleterad gödsel är den upphettning som sker i samband med torkningen och eventuellt vid pelleteringen. Upphettningen har en avdödande effekt och risken för smittspridning minskar. Det är dock mycket viktigt att hantera gödseln korrekt, dvs. att inte blanda obehandlad och behandlad gödsel och att inte använda samma redskap till gödseln före och efter torkprocessen. Risken för återinfektering av t.ex. Salmonella efter torken måste elimineras.

En annan fördel med torkad, pelleterad gödsel är att den låga vattenhalten och formen på gödseln gör den lättare att hantera. Transporten underlättas liksom lagringen. Den höga torrsustanshalten gör också att lagrings- och spridningsförlusterna minimeras eftersom ammoniakavgång missgynnas av hög torrsustanshalt.

Även i relation till konstgödsel visade det sig att energiåtgången för alternativ torkad, pelleterad gödsel var stor. Dock är åtgången av fossil energi högre vid produktion och användning av konstgödsel, förutsatt att en förnyelsebar energikälla används vid torkning. Störst potentiellt bidrag till växthuseffekten gav konstgödsel men bara ett litet potentiellt bidrag till försurningen, eutrofieringen samt bildningen av fotokemiska oxidanter.

Efter utförd livscykelanalys av gödsel kan det konstateras att ett gödselmedel som är godkänt inom ekologisk produktion inte säkert är bättre än ett konstgödselmedel, med avseende på valda karakteriseringsfaktorer. En faktor som också bör vägas in vid bedömningen av gödselmedlen är att kycklinggödsel är en biprodukt till produktionen av slaktskyckling medan konstgödsel anses tära på förrådet av framför allt fosfor.

En svagheter med utförd livscykelanalys är att endast ett begränsat antal karakteriseringsfaktorer valts ut. En annan svaghet är placeringen av "graven". Ingen hänsyn har tagits till t.ex. lustgasemissioner på åkern samt läckage av växtnäring till vattendragen. Datakvaliteten är varierande men skulle kunna höjas genom att ett specifikt företag studeras i detalj. För att med säkerhet kunna avgöra vilket gödselmedel som är att föredra bör vidare undersökningar göras. Faktorer som borde utredas vidare och vägas in i bedömningen är etik, ekonomi och arbetsmiljö. Långliggande odlingsförsök torde ge större kunskap om hur de olika gödselmedlen verkar i odlingen med avseende på bl.a. gödslingseffektivitet, vilket bör vägas in i bedömningen.

## Slutsatser

Resultatet från livscykelanalysen tyder på följande:

- Hanteringen av torkad, pelleterad gödsel är betydligt mer energikrävande än hantering av färsk gödsel. Den delprocess som har störst betydelse för den totala energiåtgången är torkningen av gödsel. En annan delprocess som också har stor betydelse är förpackningen.
- Alternativ torkad, pelleterad gödsel ger ett större potentiellt bidrag till växthuseffekten än färsk gödsel. Det delmoment som har störst betydelse är paketeringen. För alternativ färsk gödsel har transporten störst betydelse.
- Experimentell studie av ammoniakavgången vid torkning visade att torken har stor betydelse i sammanhanget. Om ammoniakavgången är lika stor som vid torkning av gödsel i laboratorietork ger torkad, pelleterad gödsel störst potentiellt bidrag till försurningen och eutrofieringen.
- Störst potentiellt bidrag till bildningen av fotokemiska oxidanter ger torkad, pelleterad kycklinggödsel vilket beror på att gödseln förpackas. När emissionerna av kolväten och metan vid känslighetsanalysen halverades, minskade bidraget betydligt. Dock är en halvering av utsläppen långt ifrån tillräcklig för att torkad, pelleterad gödsel ska ge samma potentiella bidrag som färsk gödsel.

- Alternativ torkad, pelleterad gödsel är mer energikrävande än produktion och användning av konstgödsel. Dock är åtgången av fossil energi större för konstgödsel än för alternativ torkad, pelleterad gödsel, under förutsättning att en förnyelsebar energikälla används vid torkning av gödseln.
- Produktion och användning av konstgödsel ger större potentiellt bidrag till växthuseffekten än torkad, pelleterad gödsel. Orsaken är att framställningen av konstgödsel medför stora emissioner av växthusgaserna koldioxid, metan och lustgas.
- Det minsta potentiella bidraget till försurningen, eutrofieringen och bildningen av fotokemiska oxidanter visade sig konstgödsel ge.

## Referenser

### Litteratur

- Algerbo P-A. & Lundin G., 1999. *Spridningsteknik för gödselmedel i ekologisk odling*. Teknik för lantbruket nr 75. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Almquist A. & Nilsson D., 1992. *Kompendium i lantbrukets energiteknik*. Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för lantbruksteknik, rapport 155. Uppsala.
- Alstrup Jensen A., Hoffman L., Moller B.T., Schmidt A., Christiansen K., Elkington J. & Van Dijk F., 1997. *Life Cycle Assessment – A guide to approaches, experiences and information sources*. European Environment Agency. No 6. Tyskland.
- Arnäs P-O., Blinge M., Bäckström S., Furnander Å. & Hovelius K., 1997. *Livscykelanalys av drivmedel – en studie med utgångspunkt från svenska förhållanden och bästa möjliga teknik*. Chalmers tekniska högskola, Institutionen för Transportteknik, meddelande 95. Göteborg.
- Axenbom Å., Claesson S., Nilsson B. & Roos J., 1988. *Handla med beräkning – en enkel metod att välja rätt maskin*. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för lantbruksteknik. Institutionsmeddelande 88:01. Uppsala.
- Bergman N., 2000. *ODAL VäxtRåd, försöksrapport 2000, Sveaförsöken, Kravgodkända gödselmedel i ekologisk odling*. Enköping.
- Charpentier L. & Odelros Å., 2000. *Produktion av ekologiskt fågelkött*. Jordbruksverket.
- Claesson S. & Steineck S., 1991. *Växtnäring hushållning – miljö*. Sveriges lantbruksuniversitet. Speciella skrifter 41. Uppsala.
- Davis J. & Haglund C., 1999. *Life Cycle Inventory (LCI) of Fertiliser Production*. SIK-Report No 654. Göteborg.
- Energimyndigheten, 1999. *Energiläget*. Stockholm.
- Elinder M. & Falk C., 1983. *Arbets- och maskindata inom jordbruket*. Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för arbetsmetodik och teknik. Konsulentavdelningen/teknik. Maskindata 6. Uppsala.
- Hadders G., 1996. *Pelletsparmen*. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.

- Hansson G., 1997. *Kväveeffekt av kycklinggödsel – en genomgång av svenska och danska försök*. Hushållningssällskapet i Malmöhus. Borgeby.
- Hansson P-A., Burström A., Norén O. & Bohm M., 1998. *Bestämning av motoremissioner från arbetsmaskiner inom jord- och skogsbruk*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för lantbruksteknik. Rapport 232. Uppsala.
- Johansson S., 1998. *Förstudie av energiutnyttjande på spannmålgårdar i Mellansverige*. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- Jordbruksverket, 1996. *Värphöns kontrollstation 1996*. 1996:6. Jönköping. Jordbruksverket.
- Karlsson S. & Malgeryd J., 1996. *Minska ammoniakförlusterna vid hantering av fast- och kletgödsel*. Teknik för lantbruket nr 56. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Uppsala.
- KF, 2000. *Änglamark Ekologisk Hönsködsel*. Innehållsdeklaration. KF.
- Lindfors L-G., Christiansen K., Hoffman L., Virtanen Y., Juntilla V., Hanssen O-J., Rönning A., Ekvall T. & Finnveden G., 1995. *Nordic Guidelines on Life-Cycle Assessment*. Nord 1995:20. Köpenhamn. Danmark.
- Lindholm E-L., 1999. *The applicability of life-cycle assessments at Alfa Laval Agri*. Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för lantbruksteknik. Institutionsmeddelande 99:04. Uppsala.
- Modén P.E. & Nybrant T., 1981. *Adaptive control of rotary drum driers*. Uppsala Universitet. Department of Automatic Control and Systems Analysis. Institute of Technology. Uppsala.
- Mondini C., Chiumenti R., da Borso F., Leita L. & De Nobili M., 1996. *Bioresource Technology, Pp 243-249, Changes during processing in the organic matter of composted and air-dried poultry manure*. Storbritannien.
- Persson S.J., 1972. *Hetluftstorkning – Resultat och erfarenheter från Viken-anläggningen*. Lantbrukshögskolan. Arbetsmetodik och teknik. Uppsala.
- Petersen J. & Kjellerup V., 1996. *Fjerkrægødning produktion, næringsstofindhold og gødningsvirkning*. Grøn viden Landbrug. Nr 174. Landbrugs- og fiskeministeriet. Danmark.
- Rennerfelt J., 1991. *Kommunal och industriell avloppsteknik*. KTH. Biokemisk teknologi. Stockholm.
- Richert Stintzing A., 2000. *Fjäderfärgödsel*. Under tryckning. Jordbruksverksinformation. Jordbruksverket.
- Rodhe L., Richert Stintzing A., Salomon E. & Karlsson S., 2000. *Kycklinggödsel till sallat och vitkål – Ammoniakförluster och växtnäringsutnyttjande*. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik. JTI-Rapport Lantbruk & Industri nr 269. Uppsala.
- Tillman A-M., Baumann H., Eriksson E. & Rydberg T., 1991. *Packaging and the environment*. Statens offentliga utredningar. SOU 1991:77. Stockholm.
- Uppenberg S. & Lindfors L.G., 1999. *Produktspecifika utgångspunkter för drivmedel*. AB Svenska miljöstyrningsrådet PSR 1999:6.
- Vattenfall, 1996. *Livscykelanalys för Vattenfalls elproduktion*. Sammanfattande rapport. El & Miljö. Vattenfall.
- Välímáa C., 1998. *Växtnäring i livscykelanalys*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för markvetenskap, avdelningen för växtnäringslära. Examenarbete 1998, nr 106. Uppsala.

### **Personliga meddelanden**

- Davis J., 2000. Projektassistent. Chalmers tekniska högskola. Sektionen för kemi, oorganisk kemi. Göteborg.
- Eriksson Björn, 2000. Lantbrukare. Adelsö Ägg. Stockholm.
- Gustavsson Lennart, 2000. Sveriges provnings- och forskningsinstitut.
- Johansson Rune, 2000. RJ Naturgödsel AB.
- Lundin Gunnar, 2000. Forskningsledare. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik. Uppsala
- Löf Per Johan, 2000. Växtråd. ODAL.
- Morin David, 2000. Lantbrukare. Lundkvarn AB. Uppsala
- Skure Markus, 2000. Lantbrukare. Forkestad Gård. Västerås
- Åkesson Harald, 2000. Produktchef. ODAL.

### **Internetadresser**

- Hydro Agri AB, 2000-03-23. [www.hydroagri.se](http://www.hydroagri.se)
- Global Change, 2000-03-14. [www.globalchange.org/sciall/96jul1d.htm](http://www.globalchange.org/sciall/96jul1d.htm)
- Köpings kommun, 2000-04-12. [www.koping.se](http://www.koping.se)
- NTM, 2000-03-25. [www.ntm.a.se](http://www.ntm.a.se)
- KRAV:s regler, 2000. [www.krav.se](http://www.krav.se)

## Näringsinnehåll i gödsel

Tabell 7. Innehåll av torrsubstans och växtnäring i torkad, pelleterad gödsel från fjäderfä (KF, 2000).

	kg/ton	% av ts
Torrsubstans	900,0	
Totalkväve	36,0	4,0
Fosfor	13,5	1,5
Kalium	18	2,0

Tabell 8. Analyser av torrsubstans, totalkväve och ammoniumkväve i slaktkycklinggödsel vid utgödslingstillfället (Rodhe m.fl., 2000).

	Ts-halt, %	Tot-N, kg/ton	NH <sub>4</sub> -N, kg/ton	P, kg/ton	K, kg/ton
Medeltal	68,8	32,1	5,7	10,2	18
Maximivärden	79,8	37,9	7,3	14,0	22,0
Minimivärden	52,1	26,6	3,8	6,8	14,3



## Elektricitet

Tabell 9. Elanvändning i Sverige 1998 ([www.stem.se](http://www.stem.se), 2000-03-15; Energimyndigheten, 1999).

Energikälla	TWh
Vatten	68,2
Vind	0,2
Kärnkraft	66,9
Biobränsle	3,8
Övrig fossil värmekraft	6,2
Netto export	-2,6
Nätförluster	-9,8
Total elanvändning i Sverige	132,9

Tabell 10. LCI data för elproduktion (Vattenfall, 1996; Buhre & Eriksson, 1997 enligt Lindholm, 1999).

Energikälla för svensk elmix	MJ/MJ
Vatten	8,80E-05
Kärnkraft	1,03E-02
Naturgas	1,27E-03
Oljekondens	1,72E-03
Biobränsle	1,54E-03
Kolkraft	3,47E-04
Total energiåtgång för svensk elmix	1,53E-02

Resurser	g/MJ
Vatten	2,54E-07
Uran	1,65E-01
Trä	6,38E-04
Järnmalm	1,08E-02
Kopparmalm	2,84E-01
Blymalm	2,17E-03
Bauxit	5,10E-05
Bentonit	6,40E-04
Kol	9,02E-01

Tabell 10. Fortsättning

Luftemissioner	g/MJ
CO	4,31E-03
CO <sub>2</sub>	1,65E-01
SO <sub>2</sub>	1,37E-02
NO <sub>x</sub>	2,05E-02
HC	3,02E-03
CH <sub>4</sub>	1,81E-03
Stoft	2,18E-03
As	2,05E-08
Cd	4,10E-09
HCl	6,80E-05
Hg	6,23E-08
N <sub>2</sub> O	1,46E-08
Ni	2,04E-07
PAH	5,00E-09
Pb	2,04E-07
Emissioner till vatten	g/MJ
COD	5,84E-08
Olja(aq)	2,80E-07
Tot-N (aq)	2,28E-04
SO <sub>4</sub> (aq)	5,74E-06

## Transport

Tabell 11. Bakgrundsdata för transporter, tung lastbil med släp (www.ntm.a.se, 2000).

	Värde
Totalvikt, ton	60
Maximal last, ton	40
Motor	Euro 1
Fyllnadsgrad, massprocent	70
Dieselförbrukning, låg drift, l/mil	4,3
Dieselförbrukning, hög drift, l/mil	5,5

Tabell 12. LCI data, tung lastbil med släp (www.ntm.a.se, 2000).

	Låg drift	Hög drift
Energibärare	MJ(LCI)/tkm	MJ(LCI)/tkm
Diesel, MK1	0,58	0,72
Resurser	g/tkm	g/tkm
Råolja	14,0	17,5
Emissioner	g(LCI)/tkm	g(LCI)/tkm
CO <sub>2</sub> fossil	42,0	53,0
NO <sub>x</sub>	0,43	0,55
NMHC	0,05	0,06
PM	0,01	0,01
CO	0,05	0,07
SO <sub>2</sub>	0,01	0,01



## Lagring och spridning

Tabell 13. Ammoniakavgång vid lagring av kycklinggödsel utan halmtäcke (Rodhe m.fl., 2000).

	NH <sub>3</sub> per dygn	NH <sub>3</sub> per två veckor	NH <sub>3</sub> per sju månader
Lagringsförluster, g/kg gödsel	0,024	0,33	2,25

Tabell 14. Emissionsfaktorer för MK1-diesel, Euro 1 motor enligt [www.ntm.se](http://www.ntm.se) (2000); traktormotor enligt Hansson m.fl. (1998).

	g/l	g/MJ
CO <sub>2</sub>	2,6	0,1
NO <sub>x</sub>	117,8	3,3
HC	4,1	0,1
PM	0,5	0,0
CO	14,9	0,4

Tabell 15. Förförbränningstillägg för MK1-diesel ([www.ntm.se](http://www.ntm.se), 2000).

Energiåtgång	MJ/MJ
Energi	6,00E-02
Resurser	MJ/MJ
Råolja	2,90E-02
Emissioner	g/MJ
CO <sub>2</sub> total	3,50E+00
CO <sub>2</sub> fossil	3,50E+00
NO <sub>x</sub>	3,10E-02
HC	3,30E-02
PM	1,00E-03
CO	2,00E-03
SO <sub>2</sub>	1,90E-02
CH <sub>4</sub>	2,00E-03

Tabell 16. Emissioner och energiåtgång vid spridning av gödsel inklusive förförbrännings-tillägg.

	Fastgödsel	Pellets	NPS 27-5-3	NPK 21-3-10
<b>Spridning</b>				
Bränsleförbrukning, l/ha	2,00E+00	9,00E-01	9,00E-01	9,00E-01
Bränsleförbrukning, l/FU	3,33E-02	1,50E-02	1,50E-02	1,50E-02
Kvävegiva, kg/ha	6,00E+01	6,00E+01	6,00E+01	6,00E+01
Bränsleförbrukning, MJ/FU	1,17E+00	5,28E-01	5,28E-01	5,28E-01
Förförbränningstillägg, MJ/MJ	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02	6,00E-02
Bränsleförbrukning totalt, MJ/FU	1,24E+00	5,59E-01	5,59E-01	5,59E-01
<b>Resursförbrukning</b>				
Råolja, g/FU	3,02E-02	1,36E-02	1,36E-02	1,36E-02
<b>Emissioner till luft</b>				
	g/FU	g/FU	g/FU	g/FU
CO <sub>2</sub>	4,44E+00	2,00E+00	2,00E+00	2,00E+00
NO <sub>x</sub>	1,91E+00	8,60E-01	8,60E-01	8,60E-01
HC	1,07E-01	4,79E-02	4,79E-02	4,79E-02
PM	1,89E-02	8,51E-03	8,51E-03	8,51E-03
CO	2,40E-01	1,08E-01	1,08E-01	1,08E-01
SO <sub>2</sub>	2,36E-02	1,06E-02	1,06E-02	3,13E-01
CH <sub>4</sub>	2,49E-03	1,12E-03	1,12E-03	1,12E-03
NH <sub>3</sub> nedbrukning inom 4 h	8,50E+01			
NH <sub>3</sub> ingen nedbrukning	1,64E+02			

## Torkning av gödsel

Tabell 17. LCI data torkning.

Energibärare	MJ/kg	MJ/FU
Bränslepellets	1,98E+00	5,49E+01

Bränsle (LCI)	MJ/kg	MJ/FU
Fossil energi	2,57E-01	7,14E+00
Förnyelsebar energi	2,03E+00	5,63E+01

Emissioner till luften	g/kg	g/FU
CO	1,54E-01	4,29E+00
Tjära	5,93E-04	1,65E-02
NO <sub>x</sub>	9,89E-02	2,75E+00
Tot HC	3,96E-03	1,10E-01
NH <sub>3</sub>	7,65E+00	2,12E+02



## Pelletering

Tabell 18. LCI data för pelletering och kylning.

Energibehov	MJ/kg pellets	MJ/FU
Typ av bränsle		
El, svensk mix	2,81E-01	7,14E+00

Energiförbrukning Inkl. prod. av bränsle	MJ/kg pellets	MJ/FU
Vatten	2,47E-05	6,87E-04
Kärnkraft	2,89E-03	8,04E-02
Naturgas	3,57E-04	9,91E-03
Oljekondens	4,83E-04	1,34E-02
Biobränsle	4,33E-04	1,20E-02
Kolkraft	9,75E-05	2,71E-03

Resurser	g/kg pellets	g/FU
Vatten	7,14E-08	1,98E-06
Uran	4,64E-02	1,29E+00
Trä	1,79E-04	4,98E-03
Järnmalm	3,04E-03	8,43E-02
Kopparmalm	7,98E-02	2,22E+00
Blymalm	6,10E-04	1,69E-02
Bauxit	1,43E-05	3,98E-04
Bentonit	1,80E-04	5,00E-03
Kol	2,53E-01	7,04E+00

Tabell 18. Fortsättning

Luftemissioner	g/MJ	g/FU
CO	1,21E-03	3,36E-02
CO <sub>2</sub>	4,64E-02	1,29E+00
SO <sub>2</sub>	3,85E-03	1,07E-01
NO <sub>x</sub>	5,76E-03	1,60E-01
HC	8,49E-04	2,36E-02
CH <sub>4</sub>	5,09E-04	1,41E-02
Stoft	6,13E-04	1,70E-02
As	5,76E-09	1,60E-07
Cd	1,15E-09	3,20E-08
HCl	1,91E-05	5,31E-04
Hg	1,75E-08	4,86E-07
N <sub>2</sub> O	4,10E-09	1,14E-07
Ni	5,73E-08	1,59E-06
PAH	1,41E-09	3,90E-08
Pb	5,73E-08	1,59E-06
Emissioner till vatten	g/MJ	g/FU
COD	1,64E-08	4,56E-07
Olja	7,87E-08	2,19E-06
Tot-N	6,41E-05	1,78E-03
SO <sub>4</sub>	1,61E-06	4,48E-05

## Framställning av konstgödsel

Tabell 19. Livscykelinventering av NPS 27-5-3 och NPK 21-3-10 enligt Davis & Haglund (1999).

Energikonsumtion	NPS 27-5-3		NPK 21-3-10	
	MJ/kg gödsel	MJ/FU	MJ/kg gödsel	MJ/FU
Diesel	4,07E-01	1,51E+00	3,37E-01	1,60E+00
Fjärrvärme	-9,88E-01	-3,66E+00	-7,15E-01	-3,40E+00
Vatten	4,59E-05	1,70E-04	3,56E-05	1,70E-04
Kärnkraft	5,38E-03	1,99E-02	4,17E-03	1,99E-02
Olja, bränsle till fraktbåt	2,25E-02	8,33E-02	2,81E-02	1,34E-01
Kol	1,17E+00	4,33E+00	8,35E-01	3,98E+00
Naturgas	9,36E+00	3,47E+01	6,98E+00	3,32E+01
Biobränsle	8,04E-04	2,98E-03	5,37E-04	2,56E-03
Olja	2,11E+00	7,82E+00	1,55E+00	7,36E+00
Totalt	1,21E+01	4,48E+01	9,02E+00	4,29E+01

Tabell 19. Fortsättning

Emissioner till luft	g	g/FU	g	g/FU
Acetaldehyd	9,36E-06	3,47E-05	6,98E-06	3,32E-05
Acetylen	5,39E-04	2,00E-03	3,86E-04	1,84E-03
Aldehyder	1,67E-06	6,19E-06	1,17E-06	5,57E-06
Alkaner	1,54E-03	5,70E-03	1,11E-03	5,29E-03
Aromater	3,01E-04	1,11E-03	2,12E-04	1,01E-03
Bensen	5,77E-03	2,14E-02	4,26E-03	2,03E-02
Butan	6,50E-03	2,41E-02	4,85E-03	2,31E-02
CH <sub>4</sub>	9,25E-01	3,43E+00	6,64E-01	3,16E+00
CO	2,82E-01	1,04E+00	1,67E-01	7,96E-01
CO <sub>2</sub>	9,03E+02	3,34E+03	6,68E+02	3,18E+03
Etan	1,62E-03	6,00E-03	1,16E-03	5,52E-03
Formaldehyd	1,85E-03	6,85E-03	1,36E-03	6,48E-03
H <sub>2</sub> S	1,34E-05	4,96E-05	9,95E-06	4,74E-05
HCl	5,98E-02	2,21E-01	4,27E-02	2,03E-01
HF	3,19E-03	1,18E-02	2,30E-03	1,10E-02
N <sub>2</sub> O	4,56E+00	1,69E+01	3,30E+00	1,57E+01
NH <sub>3</sub>	2,00E-01	7,41E-01	1,53E-01	7,29E-01
NO <sub>2</sub>	5,09E-01	1,89E+00	3,68E-01	1,75E+00
NO <sub>x</sub>	1,83E+00	6,78E+00	1,39E+00	6,62E+00
N-tot	7,10E+00	2,63E+01	5,21E+00	2,48E+01
Pentan	1,11E-02	4,11E-02	8,31E-03	3,96E-02
Propan	2,99E-03	1,11E-02	2,19E-03	1,04E-02
SO <sub>2</sub>	3,11E+00	1,15E+01	1,98E+00	9,43E+00
SO <sub>3</sub>	8,99E-02	3,33E-01	4,90E-02	2,33E-01
Toluen	2,02E-03	7,48E-03	1,50E-03	7,14E-03
Xylen	1,09E-04	4,04E-04	7,78E-05	3,70E-04
Emissioner till vatten	g	g/FU	g	g/FU
Aromater	8,09E-06	3,00E-05	5,63E-06	2,68E-05
CO	6,44E-07	2,39E-06	5,32E-07	2,53E-06
COD	1,11E-03	4,11E-03	9,63E-04	4,59E-03
NH <sub>3</sub>	1,99E-08	7,37E-08	1,77E-08	8,43E-08
N-tot	1,06E-01	3,93E-01	7,82E-02	3,72E-01
H <sub>2</sub> S	8,27E-08	3,06E-07	6,84E-08	3,26E-07
HC	2,45E-05	9,07E-05	1,69E-05	8,05E-05
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	1,80E-04	6,67E-04	1,34E-04	6,37E-04
P-tot	2,08E-03	7,70E-03	1,16E-03	5,54E-03
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1,73E-01	6,41E-01	1,17E-01	5,57E-01

## Utökat system, produktion av fjärrvärme

Tabell 20. Bakgrundsdata för produktion av fjärrvärme, enligt Vattenfall (1996).

Energiresurs, MJ/MJ	Bränsleproduktion	Användning	Summa
Vattenkraft	3,61E-03	4,74E-05	3,66E-03
Biobränsle	1,50E-07	4,29E-06	4,44E-06
El från kärnkraft	1,31E-06	3,73E-05	3,86E-05
Naturgas, bränsle	2,33E-02	3,79E-05	2,33E-02
Olja, bränsle	9,53E-02	2,56E+00	2,66E+00
Kol, bränsle	2,10E-04	8,43E-05	2,94E-04

Utsläpp till luft	g/MJ	g/MJ	g/MJ
NO <sub>x</sub>	1,85E-01	4,61E-01	6,46E-01
SO <sub>2</sub>	7,88E-02	4,61E-01	5,40E-01
CO	2,22E-02	1,38E-01	1,60E-01
Stoft	3,35E-03	1,01E-01	1,04E-01
HC	3,64E-01	4,06E-02	4,05E-01
CO <sub>2</sub>	3,21E-01	6,82E-02	3,89E-01

Utsläpp till vatten	g/MJ	g/MJ	g/MJ
Total-N	6,22E-07	1,36E-04	1,37E-04



## Förpackning

Tabell 21. Bakgrundsinformation för plastförpackning. Uppgifter för pellets härrör från KF (2000). Konstgödsel antas ha en likvärdig förpackning.

	Pelleterad kycklinggödsel	NPS 27-5-3	NPK 21-3-10
Förpackningsvikt, g	85	85	85
Volym, l	20	20	20
Volymvikt, kg/l	0,55	0,9	0,9
Vikt, kg/20 l	11	18	18
N-tot, kg/20 l	0,396	4,86	3,78

Tabell 22. LCI data för förpackningsmaterial bearbetad efter Tillman m.fl. (1991).

Energibärare	Pellets	NPS 27-5-3	NPK 21-3-10
EI	2,47E+00	2,02E-01	2,59E-01
Termisk energi	1,31E+01	1,07E+00	1,37E+00

Bränsle	MJ/FU	MJ/FU	MJ/FU
Vatten	2,18E-04	1,77E-05	2,28E-05
Kärnkraft	2,55E-02	2,08E-03	2,67E-03
Naturgas	3,14E-03	2,56E-04	3,29E-04
Oljekondens	4,26E-03	3,47E-04	4,46E-04
Biobränsle	3,81E-03	3,11E-04	3,99E-04
Kolkraft	8,59E-04	7,00E-05	9,00E-05
Odefinierad energi	1,31E+01	1,07E+00	1,37E+00

Resurser	g/FU	g/FU	g/FU
Vatten	6,29E-07	5,12E-08	6,58E-08
Uran	4,21E-03	3,33E-02	4,28E-02
Trä	1,58E-03	1,29E-04	1,65E-04
Järnmalm	2,67E-02	2,18E-03	2,80E-03
Kopparmalm	7,03E-01	5,73E-02	7,36E-02
Blymalm	5,37E-03	4,38E-04	5,63E-04
Bauxit	1,26E-04	1,03E-05	1,32E-05
Bentonit	1,58E-03	1,29E-04	1,66E-04
Kol	2,23E+00	1,82E-01	2,34E-01

Tabell 22. Fortsättning

Luftemissioner	g/Fu	g/Fu	g/Fu
CO	1,07E-02	8,69E-04	1,12E-03
CO <sub>2</sub>	2,20E+02	3,33E-02	4,28E-02
SO <sub>2</sub>	2,40E-01	2,76E-03	3,55E-03
NO <sub>x</sub>	4,77E-01	4,13E-03	5,31E-03
HC	2,42E+00	6,09E-04	7,83E-04
CH <sub>4</sub>	4,48E-03	3,65E-04	4,69E-04
Stoff	5,39E-03	4,40E-04	5,65E-04
As	5,07E-08	4,13E-09	5,31E-09
Cd	1,01E-08	8,27E-10	1,06E-09
HCl	1,68E-04	1,37E-05	1,76E-05
Hg	1,54E-07	1,26E-08	1,62E-08
N <sub>2</sub> O	3,61E-08	2,94E-09	3,79E-09
Ni	5,05E-07	4,11E-08	5,29E-08
PAH	1,24E-08	1,01E-09	1,30E-09
Pb	5,05E-07	4,11E-08	5,29E-08
Emissioner till vatten	g/MJ	g/MJ	g/MJ
BHT	8,32E-02	6,78E-03	8,71E-03
Fenol	8,16E-05	6,65E-06	8,54E-06
COD	1,45E-07	1,18E-08	1,51E-08
Olja	5,37E-03	4,37E-04	5,62E-04
Tot-N	5,64E-04	4,60E-05	5,91E-05
SO <sub>4</sub>	1,42E-05	1,16E-06	1,49E-06
Suspenderat material	3,05E-02	2,48E-03	3,19E-03