



Nr C 585  
April 2021

# Livscykelanalys av fyra system för biogasproduktion från stallgödsel

Intern leverans av ERA-NET-projektet  
MANUMAX, SI/501741-01

Kristin Johansson



I samarbete med Region Skåne och Energimyndigheten

**Författare:** Kristin Johansson, IVL

**Medel från:** Region Skåne och Energimyndigheten

**Rapportnummer** C 585

**ISBN** 978-91-7883-268-2

**Upplaga** Finns endast som PDF-fil för egen utskrift

© **IVL Svenska Miljöinstitutet 2021**

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm

Tel 010-788 65 00 // [www.ivl.se](http://www.ivl.se)

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem

## Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	4
Summary.....	5
1 Inledning.....	6
1.1 Kort om LCA.....	6
2 Mål och omfattning.....	8
2.1 Mål.....	8
2.2 Studerade system.....	8
2.3 Systemgränser.....	9
2.4 Funktionell enhet.....	10
2.5 Avgränsningar.....	10
2.6 Miljöpåverkanskategorier.....	10
3 Datainsamling och modellering.....	11
4 Resultat.....	13
4.1 Klimatpåverkan.....	13
4.2 Fossil energianvändning.....	14
5 Slutsatser.....	16
6 Referenser.....	17



# Sammanfattning

Denna rapport är en intern leverans av ERA-NET-projektet MANUMAX, SI/501741-01. Projektet fokuserar på att fördjupa kunskapen om termisk förbehandling av kogödsel för biogasproduktion. Som bakgrundsmaterial för dessa analyser har en livscykelanalys (LCA) utförts.

Genom att termiskt förbehandla gödsel, substrat till biogasproduktion, kan avkastningen öka. Detta kan i sin tur leda till både ekonomiska och miljömässiga fördelar med biogasproduktionen. Syftet med denna rapport är att presentera resultatet för den miljömässiga utvärderingen ur ett svenskt perspektiv. Utvärderingen görs genom en LCA.

Fyra biogassystem har jämförts i studien: produktion av el och värme från biogas från gödsel (i ett kraftvärmeverk) med och utan förbehandling samt uppgradering av biogas till biometan för utmatning på naturgasnätet också med och utan förbehandling.

Resultatet visar att biometanfallen presterar bäst ur ett klimat- samt energianvändningsperspektiv. Detta beror till störst del på att biometan kan ersätta ett fossilt bränsle (naturgas) vilket ger en stor miljönytta. Systemet med förbehandling presterar bättre än det utan förbehandling på grund av den ökade avkastningen av biogas. Tillförsel av extern energi till förbehandlingen har en relativt liten påverkan på klimat och energianvändning.

Samtidigt visar resultaten för kraftvärmefallen att klimatnyttan är ytterst liten eller till och med negativ, dvs biogasproduktionen bidrar till utsläpp av växthusgaser. Detta beror på att den värme och elmix som kan ersättas av värme och el från biogas till stor del är baserad på förnybar eller fossilfri energi. I andra regioner eller länder kan resultatet se annorlunda ut beroende på de lokala energikällorna.



## Summary

This report is an internal deliverable for the ERA-NET project MANUMAX SI/501741-01. The aim of the project is to develop the knowledge of thermal pre-treatment of manure for biogas production. As a background material for these analyses a life cycle assessment (LCA) has been performed.

By thermal pre-treatment of manure, a substrate for biogas production, the biogas yield can increase. This in turn can lead to both economic and environmental benefits of biogas production. The purpose of this report is to present the results of the environmental evaluation from a Swedish perspective. The evaluation is done through a life cycle assessment (LCA).

Four biogas systems have been compared in the study: production of electricity and heat from biogas from manure in a combined heat and power (CHP) plant with and without pre-treatment to upgrading of biogas to biomethane for injection to the natural gas grid, also with and without pre-treatment.

The results show that the biomethane cases perform best from a climate and energy use perspective. This is largely due to that biomethane can replace a fossil fuel (natural gas), which provides a large environmental benefit. The pre-treatment system performs better than the non-pre-treatment system due to the increased yield of biogas. The supply of external energy needed for the pre-treatment has a relatively small impact on the global warming potential and energy use.

At the same time, the results for the CHP cases show that the climate benefit is extremely small or even negative, i.e. biogas production contributes to greenhouse gas emissions. This is because the heat and electricity mix that can be replaced by heat and electricity from biogas is largely based on renewable or fossil-free energy. In other regions or countries, the result may look different depending on the local energy sources.

# 1 Inledning

Biogasproduktion från organiska avfallsströmmar är en viktig komponent i energisystemet som både möjliggör behandling av en avfallsström, men även produktion av förnybart bränsle som kan användas för värme- och elproduktion eller som biometan. Biometan i sin tur kan användas som ett alternativt drivmedel eller som råvara till exempel till kemiindustrin. Den främsta miljönyttan med att producera biogas från organiska avfallsströmmar är starkt kopplad till den okontrollerade nedbrytningen av biomassa till metan som sker om avfallet inte rötas.

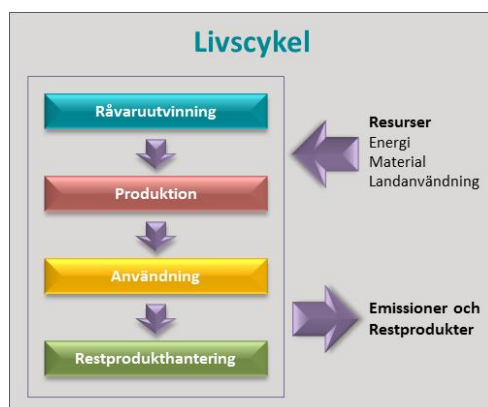
Under 2019 producerades 7,6 PJ biogas i Sverige, varav 10% från gödsel (Klackenberg, 2020). En potentiell väg för att öka både den ekonomiska och den miljömässiga nyttan kan vara att öka avkastningen av biogas, till exempel genom förbehandling av substratet. Tidigare studier (Möller *et al.* 2011) visar att förbehandling via ångexplosioner kan ge ett ökat biogasutbyte mellan 15 till 60%.

Inom projektet ManuMax har en teknoekonomisk utvärdering samt en miljömässig utvärdering (LCA) utförts. Syftet med denna rapport är att presentera resultaten från den miljömässiga utvärderingen av fyra biogassystem anpassade till svenska förhållanden.

## 1.1 Kort om LCA

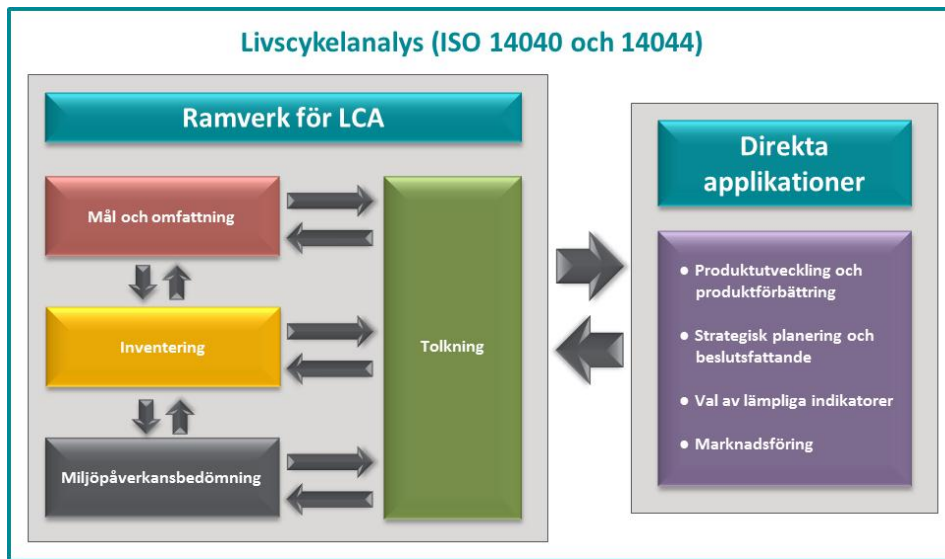
Livscykelanalys (LCA) är en sammanställning och utvärdering av relevanta inflöden och utflöden från ett produktsystem samt utvärdering av de potentiella miljöeffekterna hos produktsystemet över hela dess livscykel (ISO 14 040:2006 och 14 044:2006). Med inflöden och utflöden avses användning av naturresurser respektive generering av emissioner och restprodukter som är knutna till systemet.

Livscykeln består av processer och transporter i alla stadier från uttag av naturresurser till och med slutligt omhändertagande av produkten samt kvittblivning av restprodukter (avfallshantering och återvinning) (Figur 1).



Figur 1. Illustration av ett LCA system.

En livscykelanalys består av fyra faser, vilka enligt ISO-standarderna benämns; definition av målsättning och omfattning, inventeringsanalys, miljöpåverkansbedömning och tolkning av resultaten (Figur 2).



Figur 2. LCA-studiens olika faser enligt ISO 14040-standarderna.

## 2 Mål och omfattning

I detta kapitel redovisas förutsättningarna för LCA:n målet med studien, beskrivning av systemen, systemgränser, funktionell enhet samt avgränsningar.

### 2.1 Mål

Målen med denna LCA är att:

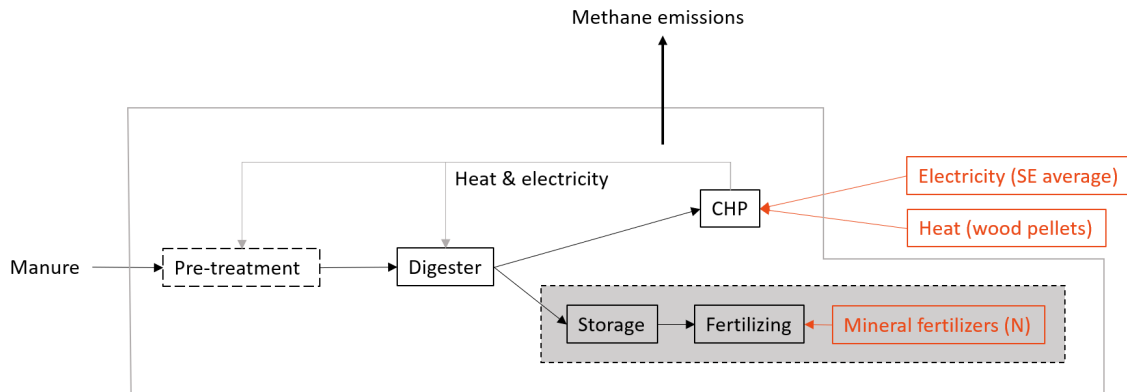
- 1) Beräkna miljöpåverkan för fyra scenarier för produktion av biogas från stallgödsel:
  - a. Kraftvärme med förbehandling av gödsel (kallad Kraftvärme - ManuMax)
  - b. Kraftvärme utan förbehandling (kallad Kraftvärme)
  - c. Biometanproduktion med förbehandling av gödsel (kallad Biometan – ManuMax)
  - d. Biometan utan förbehandling (kallad Biometan)
- 2) Identifiera s.k. "hotspots" i produktionskedjan av biogas,
- 3) Jämföra miljöpåverkan av biogasproduktion genom rötning av stallgödsel inklusive förbehandling genom ångexplosion med enbart rötning av stallgödsel utan förbehandling, samt
- 4) Jämföra miljöpåverkan mellan två avsättningar för biogas från rötat stallgödsel: förbränt i ett lokalt kraftvärmeverk och uppgradering samt inmatning av gasen till naturgasnätet.

### 2.2 Studerade system

Fyra olika systemuppställningar för produktion av biogas från stallgödsel har studerats i denna LCA-studie. Kraftvärme med och utan förbehandling (se Figur 3 nedan) samt uppgradering av biogas till biometan (se Figur 4 nedan).

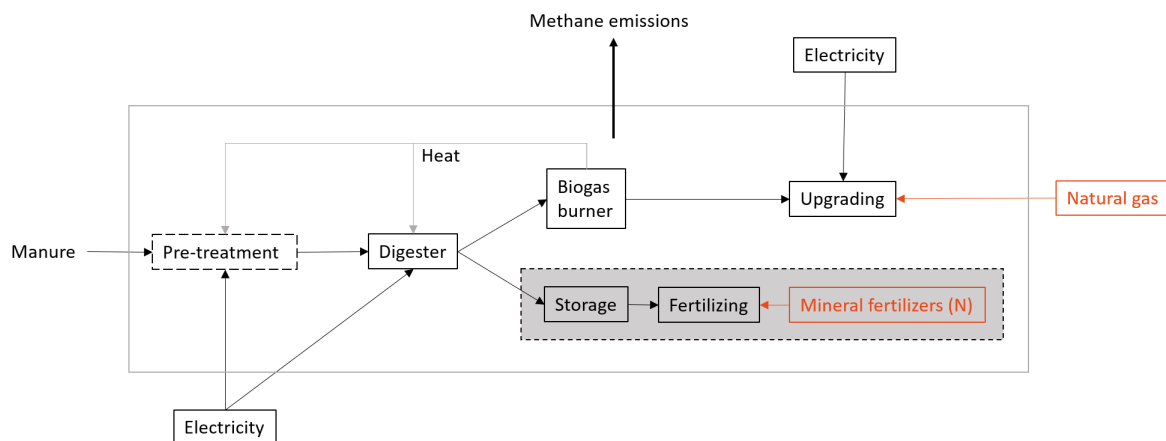
En del av värmen och elen som produceras i kraftvärmeverket används för att driva förbehandlingen och rötkammare. Resten av energin antas kunna säljas till nätet (el) och värmen kunna tillgodogöras på närliggande gårdar och därmed kunna ersätta biobränsleeldade pannor.





**Figur 3. Systemgränser och beskrivning av biogassystem för produktion av el och värme i ett kraftvärmeverk. Hantering av rötresten är inte inkluderad inom systemgränserna.**

I biometanfallen återvinns värme för internt bruk genom en biogasbrännare som bränner ett delflöde av biogasen ut från röt-kammaren. El för drift av förbehandling, röt-kammare och uppgradering köps in från nätet. Den uppgraderade biogasen antas kunna matas in på naturgasnätet.



**Figur 4. Systemgränser och beskrivning av biogassystem för produktion av uppgraderad biogas, biometan. Hantering av rötresten är inte inkluderad inom systemgränserna.**

## 2.3 Systemgränser

Produktionen av biogas från gödsel antas vara placerad i Sverige och därmed baseras datavalet på svenska förhållanden: till exempel svensk elmix och värmesystem baserade på bioenergi.

Systemexpansion och substitution används för att inkludera de positiva miljöeffekterna som gödselbehandlingen kan ge upphov till. El som produceras i kraftvärmeverket antas kunna ersätta en genomsnittlig svensk elmix och systemet tilldelas därför en slags kredit för att visa på miljönyttan med elproduktion från gödsel. På samma sätt tilldelas värmen en kredit då den antas kunna ersätta biobaserad värmeproduktion (träpellets). Biometan antas kunna ersätta naturgas på naturgasnätet.

LCA:n har utförts i enlighet med ISO 14 040:2006 och 14 044:2006.

## 2.4 Funktionell enhet

Huvudfunktionen för samtliga studerade system är att behandla stallgödsel, omvandla energi från stallgödsel och att nyttiggöra den i olika tillämpningar. Då den nyttiggjorda energin omvandlas till olika former (el, värme och biometan) är slutprodukterna inte jämförbara med varandra.

Den funktionella enheten har istället satts till ”**behandling av 1 ton stallgödsel (100% TS)**”. Genom att tillämpa denna enhet blir resultaten jämförbara och kan enkelt skalas upp eller ned till gårdar av olika storlekar.

## 2.5 Avgränsningar

För samtliga fall genereras en rötrest som biprodukt till biogasproduktionen. Rötresten kan användas som ett gödselmedel på närliggande åkrar. Rötresten är i samtliga fall exkluderat i denna studie eftersom den miljöpåverkan som uppstår i samband med behandling av rötresten (lagring samt spridning på åkermark) är densamma oberoende av ifall biogasen förbränns i ett kraftvärmeverk eller uppgraderas till biometan och bidrar därför inte till några skillnader mellan systemen. Man kan dock inte dra några slutsatser om omhändertagandet av rötresten har en stor eller liten inverkan på det totala resultatet för biogasproduktionen i och med att denna del är exkluderad.

Innehållet av kol i rötresten varierar dock beroende på om stallgödseln genomgått en förbehandling innan rötning eller inte. Denna effekt har dock inte inkluderats p.g.a. osäkerheter.

Inga emissioner från gödsel innan det passerar systemgränserna eller från djurskötsel har inkluderats då gödsel anses vara ett avfall sedan tidigare livscykel. Därmed passerar gödslet systemgränserna utan någon miljömässig börda från det system där gödslet uppstår.

Transporter har inte inkluderats i studien eftersom lokaliseringen av anläggningen är okänd i dagsläget.

El- och värmebehovet för gårdsverksamheten är inte inkluderad, endast energibehovet för biogasanläggningen. Däremot antas det att värmen och elen som produceras i kraftvärmeverket kan nyttiggöras på närliggande gårdar och därmed ersätta el från nätet och biobränslebaserad värme.

## 2.6 Miljöpåverkanskategorier

Två miljöpåverkanskategorier har analyserats i denna studie: klimatpåverkan och användning av fossila resurser. Resultatet för klimatpåverkan presenteras i enheten kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter (för tidshorizonten 100 år) och resultatet för fossil resursanvändning i MJ. Metoden CML 2001 har använts vid miljöpåverkansbedömningen. Upptag och utsläpp av biogent kol har exkluderats då det inte bidrar till någon nettoeffekt på den globala uppvärmningen sett över en 100-årsperiod.

## 3 Datainsamling och modellering

I detta kapitel presenteras den indata som ligger till grund för LCA-modellen. Data är framtagen av Heyne *et al.* (2021) och används som indata till en teknoekonomisk bedömning, utöver LCA. De studerade biogassystemen modelleras i programvaran GaBi (Sphera, 2021a). Den data som används i LCA-modellen presenteras i tabellen nedan.

De fyra fallen som studeras är kraftvärme med förbehandling (benämnd ManuMax nedan), kraftvärme utan förbehandling (enbart benämnd kraftvärme nedan), biometan med förbehandling (ManuMax) samt biometan utan förbehandling (benämnd biometan).

**Tabell 1. Sammanställning av den data som använts som input till LCA:n för de fyra biogassystemen. Beteckningen Int. betyder att flödet tillhandahålls av internt producerad el/värme.**

Referensflöde: 1 ton gödsel (100% TS)				
	Kraftvärme (ManuMax)	Kraftvärme	Biometan (ManuMax)	Biometan
<b>Insatsvaror</b>				
El, förbehandling [MJ]	Int.	-	40	-
El, rötkammare [MJ]	Int.	Int.	200	200
El, uppgradering [MJ]	-	-	492	292
<b>Utsläpp</b>				
Metanslip, rötkammare [kg]	0.73	0.49	0.73	0.49
Metanslip, kraftvärmeverk [kg]	1.46	0.97	-	-
Metanslip, biogasbrännare [kg]	-	-	0.0062	0.0063
Metanslip, uppgradering [kg]	-	-	0.30	0.18
<b>Systemexpansion och undvikna emissioner</b>				
Undviken elproduktion [MJ]	3 092	1 920	-	-
Undviken värmeproduktion [MJ]	2 981	1 639	-	-
Undviken naturgasproduktion [MJ]	-	-	6 811	4 045



Ovanstående data presenteras mer i detalj i Heyne et al. (2021). De dataset i GaBi som väljs ut för att representera de olika flödena ovan presenteras i tabellen nedan.

**Tabell 2. Sammanställning av dataset som används i LCA-modellerna av biogassystemen.**

Dataset	Geografi	Referensår	Referens
Electricity grid mix 1kV-60kV	SE	2016	Sphera (2021b)
Heat, residential heating systems from wood pellets, boiler, max. heat output 14.9 kW	EU-28	2016	Sphera (2021b)
Thermal energy from natural gas	EU-28	2016	Sphera (2021b)

## 4 Resultat

I detta kapitel redovisas resultatet för LCA-studien. Två miljöpåverkanskategorier har analyserats: klimatpåverkan, där resultatet uttrycks i kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per funktionell enhet, samt fossil energianvändning, där resultatet presenteras i MJ per funktionell enhet.

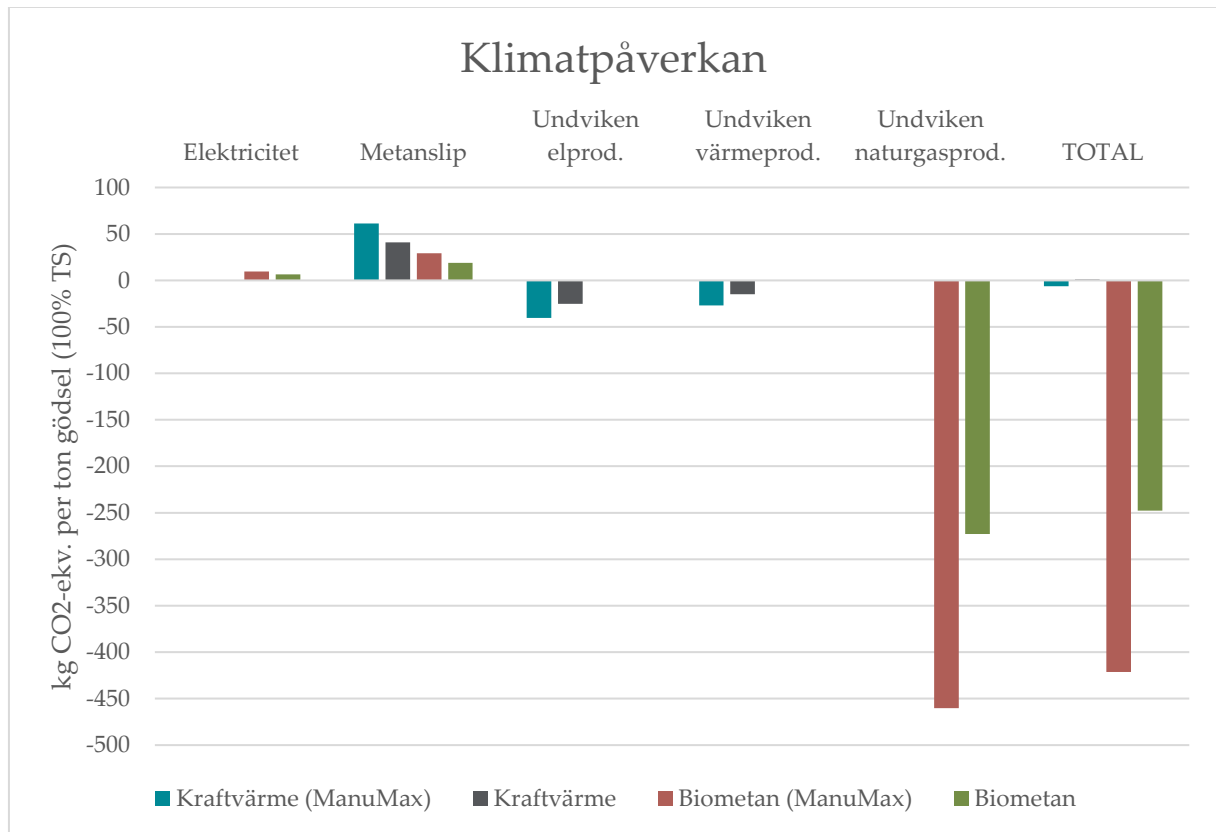
### 4.1 Klimatpåverkan

Resultaten för klimatpåverkan (se figur nedan) visar att biogasproduktion från gödsel ger upphov till positiva miljöeffekter för två scenarion genom att användning av fossil energi kan undvikas samtidigt som klimatpåverkan från använd energi och emissioner är låg. Resultaten varierar mellan +1 och -421 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per ton TS gödsel.

Sett till klimatpåverkan är biometan med förbehandling av gödsel det bästa alternativet på grund av undvikna emissioner från naturgasproduktion och -användning. Biometan producerat från gödsel antas kunna matas in på naturgasnätet och därmed också ersätta naturgas.

I kraftvärmefallen modelleras undviken elproduktion med en genomsnittlig svensk elmix, medan den ersatta värmeproduktionen modelleras med ett biobränslebaserat värmesystem (pellets). Resultaten visar att de positiva miljöeffekterna som orsakas av biogasproduktion från gödsel till stor del beror på lokala eller regionala energimixer. I och med att elmixen och värmekällan till stor del är baserade på förnybara källor minskar också den potentiella miljönyttan med biogasproduktionen.

Förhållandet mellan förbehandling eller ingen förbehandling av gödsel innan biogasproduktion påverkas dock inte: både för kraftvärme- och biometanfallen ökar den positiva klimateffekten genom förbehandling av gödsel innan biogasproduktion (7 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter för kraftvärme samt 174 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter för biometanfallet).



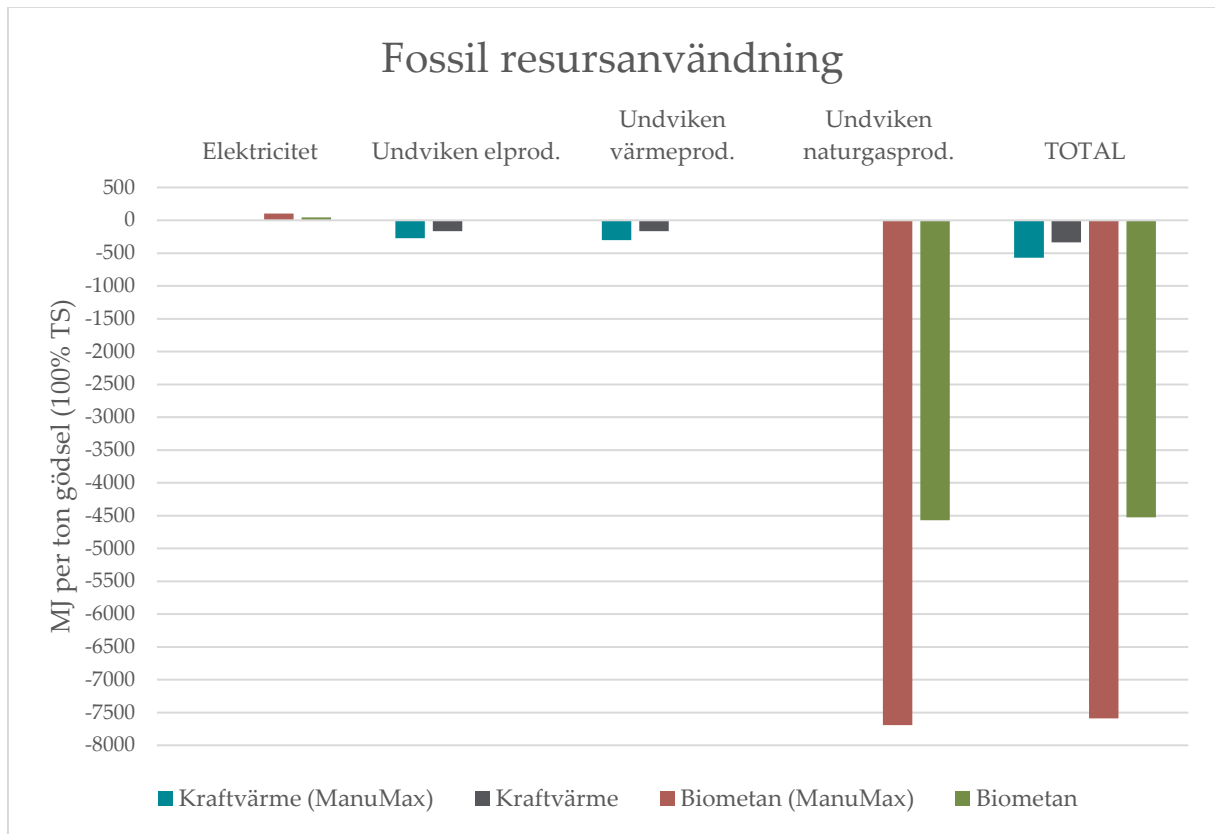
**Figur 5. Resultatet för klimatpåverkan, uttryckt i kg CO<sub>2</sub>-ekv. per ton gödsel (100% TS). De fyra fallen är kraftvärme (med och utan förbehandling) samt biometan (också med och utan förbehandling). Den resulterande klimatpåverkan för kraftvärme utan förbehandling är nära noll och är därför knappt synlig i grafen.**

Två av de studerade biogassystemen kan anses vara miljövänliga då de till stor del kan bidra till minskad potentiell klimatpåverkan. Det finns dock fortfarande potential för förbättringar genom att minska läckaget av metan från röt-kammaren, uppgraderingsanläggningen och kraftvärmeverket.

## 4.2 Fossil resursanvändning

Utöver klimatpåverkan studeras även biogassystemens totala användning av fossila energiresurser uttryckt i MJ per ton gödsel (100% TS) (se figuren nedan). Resultaten visar liknande trender som i resultatet för klimatpåverkan, dvs att biometanproduktionen ger upphov till en störst miljönytta genom att naturgas på nätet kan ersättas.

Den främsta skillnaden mellan de två kategorierna är att emissionerna av metan inte påverkar energianvändningen, därmed påvisar även de två kraftvärmefallen positiva miljöeffekter genom att ersätta svensk el- och värmeproduktion.



Figur 6. Resultatet för fossil energianvändning, uttryckt i MJ per ton gödsel (100% TS). De fyra fallen är kraftvärme (med och utan förbehandling) samt biometan (också med och utan förbehandling).

## 5 Slutsatser

Miljönyttan för de studerade biogassystemen är störst för biometan, vilket främst beror på att biometan kan matas ut på naturgasnätet och därmed ersätta ett fossilt bränsle till 100%.

Miljönyttan för kraftvärmefallet blir lägre eftersom den el och värme som ersätts av biogasen till stor del baseras på förnybara bränslen. Ändrar man de geografiska systemgränserna och placerar biogassystemen i andra länder där både el- och värme till stor del baseras på fossila bränslen blir också miljönyttan med kraftvärme större. För biometan blir miljönyttan stor oavsett vilket land systemen placeras i eftersom den ersatta produkten oftast blir naturgas. Används biometan som drivmedel är det också fossila bränslen som ersätts, till exempel diesel.

En tydlig slutsats från resultaten är att förbehandling av gödsel innan biogasproduktion bidrar till en minskad klimatpåverkan och minskad användning av fossila resurser än om gödslet inte har genomgått en förbehandling, oavsett om det gäller biometan eller kraftvärme.

Sett till klimatpåverkan står metanslip för en stor del av de utsläpp som sker under biogasproduktionen från gödsel och det är viktigt att fortsätta jobba för ett minskat utsläpp av metan under produktionen.





## 6 Referenser

Heyne, S., Bokinge, P., Bühler, P.C., Elginöz, N., Hjort, A., Johansson, K., Studer H.M (2021) *Techno-economic and environmental analysis of a heat integrated steam pretreatment technology for increased biogas production from manure*, Manuscript submitted to Renewable and Sustainable Energy Reviews.

Klackenberg, L. (2020) *Produktion och användning av biogas och rötresten år 2019*.

Möller, H. B., Hjorth, M., Weisberg, M. R. (2011) *Sådan påvirkes gaspotentialen i gödning af staldsystem, fodring, separation og förbehandling*. Plantekongres 2011, pp. 211–213.

Sphera (2021a) *Leinfelden-Echterdingen GaBi Software-System and Database for Life Cycle Engineering*, GaBi Software: version 10.0.1.

Sphera (2021b) *Leinfelden-Echterdingen GaBi Software-System and Database for Life Cycle Engineering*, Sphera Database: 2020.2.

