



Hushållnings
sällskapet



JTI – Institutet för
jordbruks- och miljöteknik

Utvärdering av biogasanläggningar på gårdsnivå

KLIMATBERÄKNINGAR METOD OCH RESULTAT

Klimatberäkningar biogasproduktion

I klimatberäkningarna har vi beräknat växthusgasutsläppen från biogasproduktionen, bedömt hur växthusgasutsläppen från gården har ändrats tack vare att biogasanläggningen byggts, och hur stort klimatavtrycket är för den producerade biogasen.

Resultaten presenteras i diagram och som nyckeltal. Diagrammet visar hur växthusgasutsläppen ändrats tack vare biogasetableringen, d v s växthusgasutsläpp med biogasproduktion minus utsläpp utan biogasproduktion.

Nyckeltalen beskriver klimatavtrycket (g CO₂e/kWh producerad biogas) och procentuell förändring jämfört med före biogasetableringen. Biogasproduktionens klimatpåverkan har sedan jämförts med växthusgasutsläppen från gårdens djurhållning och växtodling. Dessa uppgifter har antingen uppskattats utifrån produktionen på gården (mängd och typ av produkter) eller hämtats från Klimatkollen-rådgivning som gjorts inom Greppa Näringen.

Metod

Beräkningarna görs för en gårdsanläggning i taget och för ett år. Beräkningarna följer principerna för livscykelanalyser och klimatavtryck (på engelska *carbon footprint*).

Det finns två huvudprinciper för livscykelanalyser (LCA), nämligen förändringsorienterade (på engelska *consequential LCA, cLCA*) och bokföringsinriktade (på engelska *attribitional LCA, aLCA*) LCA. I en cLCA beskrivs effekter av förändringar och skillnader mellan olika alternativ, och de används för att svara på frågor av typen "vad händer om...". I en cLCA kan det räcka med att studera de processer som påverkas av en förändring eller som skiljer mellan jämförda alternativ. Allt annat antas vara lika och kan därmed exkluderas eftersom de inte bidrar till någon skillnad mellan alternativen. I cLCA tar man även hänsyn till hur det studerade systemet påverkar omvärlden, t ex vilken elproduktion i hela elsystemet som dras ner om det studerade systemet börjar sälja el (marginaldata).

I en aLCA studeras en produkts hela livscykel, och då ingår miljöpåverkan från alla processer i produktens livscykel. Ofta utgår man från medeldata för att bedöma miljöpåverkan av inköpta varor, t ex miljöpåverkan motsvarande den genomsnittliga elproduktionen i Sverige. Man beaktar inte vad som händer i omvärlden till följd av förändrad efterfrågan på insatsvaror eller produktion i det studerade systemet.

I denna studie tillämpas grundprinciperna för cLCA, vilket innebär att vi bara ser på de processer och utsläpp som kommer att förändras tack vare biogasetableringen. När effekterna i omvärlden bedöms har dock medeldata (t ex att biogasel ersätter genomsnittlig elproduktion) använts istället för

marginaldata (t ex att biogas ersätter el från kolkraftverk). Argumentet är att gårdsanläggningarna är jämförelsevis små energiproducenter, och att den ev el som levereras knappast påverka elnätet eller elproduktionen i stort.

Utsläppsberäkningar

I utsläppsberäkningarna ingår utsläpp av fossil koldioxid, metan och lustgas. Utsläppen av varje växthusgas räknas om till kg koldioxidekvivalenter (kg CO₂e) med omräkningsfaktorer (100 årsperspektiv) enligt IPCCs fjärde urvärderingsrapport (IPCC, 2007). Det innebär att 1 kg koldioxid = 1 kg CO₂e, 1 kg metan = 25 kg CO₂e och 1 kg lustgas = 298 kg CO₂e.

Beräkningarna omfattar växthusgasutsläpp från produktion och användning av insatsvaror (t ex av inköpt energi) och utsläpp från mark samt gödsel- och rötresthantering (biogena emissioner). Uppgifter om utsläpp från insatsvaror har hämtats från tidigare LCA. De biogena emissionerna beräknas med metoder enligt IPCCs riktlinjer för klimatrapportering (IPCC, 2006). Då ingår metan, lustgas och ammoniak. Ammoniak är ingen växthusgas i sig, men kan indirekt ge lustgasemissioner när ammoniak som avgått från t ex gödsellager och vid gödselspridning omsätts i andra delar av ekosystemet

Följande processer ingår i utsläppsberäkningarna:

Substrat

”Klimatkostnaden” för de substrat som rötas (kg CO₂e/kg substrat). Här beaktas bara de förändringar i utsläpp som sker på grund av att biogasanläggningen finns och att substraten därmed rötas istället för att hanteras på annat sätt. Det innebär att vi bara beaktar skillnaderna i utsläpp mellan ”traditionell” hantering av substraten och från rötning av substraten.

Egen stallgödsel: Här antas att utsläppen från stall är lika oavsett om stallgödseln rötas eller inte, däremot kommer utsläppen från lagringen och från spridningen att förändras när gödseln rötas istället för att lagras på traditionellt sätt. Därför tillgodoräknas biogassystemet de undslupna utsläppen från spridning och traditionell lagring av egen stallgödsel.

I utsläppsberäkningarna ingår metan, lustgas och ammoniak från lagring av stallgödsel samt av ammoniak från spridning av stallgödsel. Metan- och lustgasutsläppen beräknas enligt IPCCs riktlinjer, men med de emissionsfaktorer som används i den svenska klimatrapporteringen.

Metanemissionerna beräknas då som en funktion av:

- Mängden VS: Uppgifter om % TS och % VS av TS enligt anläggningens gödselanalyser. Mängden stallgödsel (våtvikt) enligt anläggningen.
- Maximal biogaspotential, B₀: Standardvärden enligt IPCCs riktlinjer, olika värden för olika djurslag. B₀ = 0,24 m³ metan/kg VS nötgödsel och 0,45 m³ metan/kg VS grisgödsel.
- MCF, *methane conversion factor*: En faktor som anger hur stor andel av B₀ som uppnås beroende på gödselslag, lagringsteknik etc. MCF = 3,5 % för flytgödsel, 17 % för djupströgödsel, 2 % för fastgödsel.

Lustgasemissionerna beräknas som en funktion av:

- Mängden totalkväve: Uppgift om kg N-tot/ton stallgödsel enligt gödselanalyser. Mängden stallgödsel enligt anläggningen.
- Emissionsfaktor, EF₃: En faktor som anger hur stor andel av kvävet som omvandlas till lustgas beroende på gödselslag, täckning etc. EF₃ = 0,5 % för flytgödsel (antar svämtäcke på all flytgödsel), 1 % för djupströgödsel och 0,5 % för fastgödsel.

Ammoniakutsläppen beräknas med emissionsfaktorer (% av N-tot vid lagring respektive % av ammoniumkväve vid spridning) enligt Stank in Mind. Av dessa ammoniakförluster antas 1 % omvandlas till lustgas.

Grödor som odlats på egen mark: Växthusgasutsläppen beräknas på ett av följande sätt:

- Översiktlig klimatavtrycksberäkning med anläggningsspecifika uppgifter om förbrukning av diesel, mineralgödsel och ev torkenergi (ger växthusgasutsläpp från produktion och användning av insatsvaror) samt mängd kväve i tillförd mineralgödsel + organisk gödsel (används för att beräkna lustgasavgången från mark).
- Defaultvärden som hämtas från tidigare klimatavtrycksberäkningar för grödor.

Skörderester som bärgats från egen mark: Växthusgasutsläppen beräknas utifrån mängden diesel som använts för att bärga/lagra skörderesterna.

Införda substrat: Växthusgasutsläpp från intransport beroende på transportslag, avstånd och mängd substrat som transporterats (gäller alla externa substrat). Växthusgasutsläpp för att producera substraten (gäller införda grödor, men inte biprodukter och avfall)

Biogasanläggningen

Användning av biogas: Emissioner av metan och lustgas (kväveoxider) från slutanvändning av biogasen. Emissionerna beror på användningsområde. Vid "kallfackling" antas all metan gå oförbränd till atmosfären. För övriga användningsområden används samma emissionsfaktorer som i den svenska klimatrapporteringen.

Insatsvaror driften: Växthusgasutsläpp från ev användning av tillskottsbränslen. Uppgifter hämtas från tidigare LCA.

Rötrest: Här ingår utsläpp av metan, lustgas och ammoniak (ger lustgas indirekt) från lagring av rötrest samt av ammoniak från spridning av rötrest. Beräkningarna görs enligt samma metoder och med samma typ av indata som för egen stallgödsel (se ovan). Några skillnader finns dock:

Den maximal biogaspotential, B_0 , för rötresten kan anges på två olika sätt:

- Analysvärde från utrotningsförsök av rötrest
- Beräknat/uppskattat värde utifrån den faktiska biogasproduktionen i förhållande till maximal biogaspotential för ingående substrat

MCF, methane conversion factor: På grund av den stora variationen och osäkerheterna i metanberäkningarna redovisas två alternativ för flytande rötrest. I grundalternativet antas MCF vara 3,5 % för flytande rötrest med svämtäcke, 4,9 % för flytande rötrest utan svämtäcke (d v s 40 % högre än med svämtäcke, samma proportioner som i IPCCs riktlinjer) och 2 % för fast rötrest. Dessutom räknar vi med ett alternativ med högre MCF (= 14 % för flytande rötrest), d v s samma MCF som JTI mätt på rötad nötflyt.

Indirekta förändringar

Här ingår förändringar som skett tack vare biogasetableringen:

Biogas ersätter andra energislag. Hur stor "kred" kan biogasanläggningen få av att den producerar förnybar energi som kan ersätta andra energislag, gäller både el/värme/rågas som sålts från gården och att gården köper in mindre el/bränsle utifrån. Värdet av denna "kred" motsvaras av de undslupna växthusgasutsläppen från den alternativa produktionen av dessa energislag, data från tidigare LCA.

Insatsvaror till övrig produktion på gården: Hur påverkas behovet av andra insatsvaror till gården tack vare biogasetableringen, och vilken "kred" ger det. Kan t ex vara mindre inköp av kvävegödsel. Värdet av denna "kred" motsvaras av de undslupna växthusgasutsläppen från den alternativa produktionen av sådana insatsvaror, data från tidigare LCA.

Gårdens växthusgasutsläpp före biogasetableringen

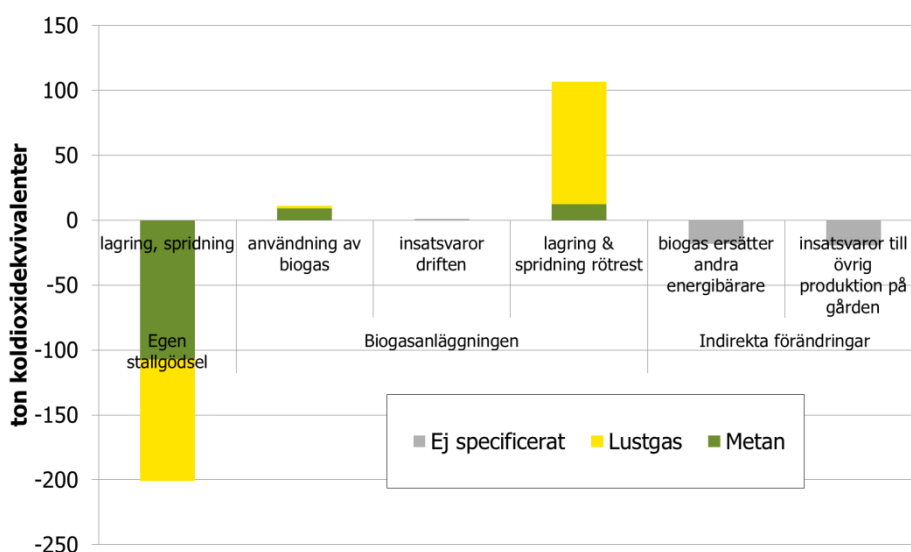
Denna uppgift kan uppskattas på två olika sätt:

1. Om det gjorts en Klimatkoll (=Greppa Näringens rådgivningsmodul 20A eller 20B) på gården tas värdet från klimatberäkningen som gjordes i Klimatkollen.
2. Om det inte gjorts någon Klimatkoll uppskattas växthusgasutsläppen utifrån mängden produkter som säljs från gården (kg såld produkt A*typiskt klimatavtryck per kg produkt A). Avstämning görs även med de uppgifter som lämnats om djurhållningen (antal djur per djurslag) och växtodlingen (antal hektar).

Resultat

Här redovisas resultatet från klimatberäkningarna som gjort på 16 av de gårdsbaserade biogasanläggningarna som deltog i Utvärderingsprojektet. Data till beräkningarna samlades in av rådgivarna under 2013 och 2014, och skulle i möjligaste mån spegla produktionen under ett år vid normal drift.

I Figur 1 visas ett räkneexempel för en gårdsanläggning (fiktivt gård) som rötar flytgödsel från sina 3 000 slaktsvinsplatser och där biogasen används för kraftvärmeproduktion. Totalt beräknas växthusgasutsläppen i detta exempel minska med 80 ton CO₂e (exklusive indirekta förändringar) respektive 120 ton CO₂e (inklusive indirekta förändringar). De mesta växthusgasutsläppen i detta exempel sker vid lagring och spridning av rötrest och stallgödsel. Metanemissionerna från rötresten beräknas dock vara lägre än från stallgödsel vilket beror på mindre mängden VS och lägre B₀-värde i rötresten än i stallgödseln. De indirekta förändringarna utgörs i detta fall av minskat inköp av el till gården och av att överskottsvärme kan säljas till närvärmenät, respektive att behovet av mineralgödselkväve minskar tack vare högre ammoniumkvävehalt i rötresten. Resultatdiagrammen för de 16 gårdsanläggningarna har ett liknande utseende, d v s att de mesta (undslupna) utsläppen kommer från lagringen och spridning av stallgödsel samt rötrest och att indirekta förändringar ofta har viss betydelse.



Figur 1: Förändringar av gårdens växthusgasutsläpp tack vare biogasetableringen. Negativa staplar innebär att utsläppen minskat tack vare etableringen. Positiva staplar att utsläppen har ökat. Räkneexempel på en grisgård som rötar flytgödsel från 3 000 slaktsvinsplatser och där biogasen används för kraftvärmeproduktion.

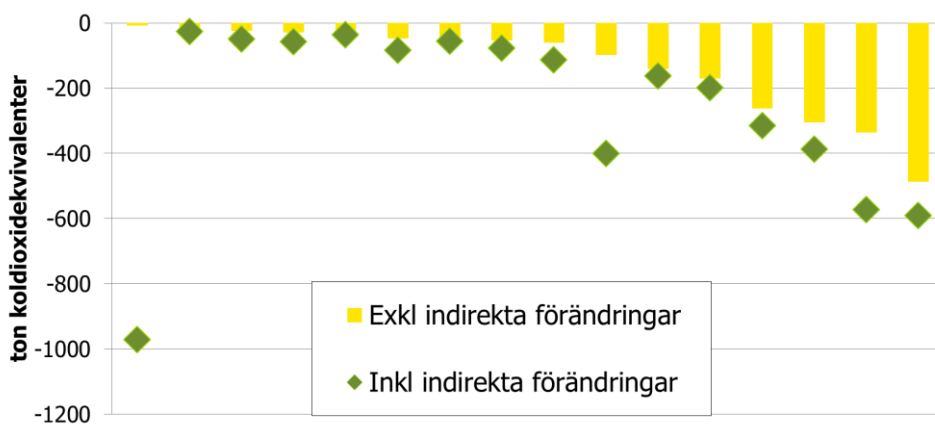
I Figur 2 redovisas hur de totala växthusgasutsläppen förändras för gårdsanläggningar som deltog i Utvärderingsprojektet. Alla anläggningar rötar egen stallgödsel, och vissa rötar även externa substrat. Växthusgasutsläppen beräknades totalt sett minska på alla företag tack vare biogasetableringen. Minskningen av de direkta växthusgasutsläppen (gula staplar), dvs från substrat, rötrest samt produktion och användning av biogas, beror generellt att på utsläppen från rötresten är lägre än från den egna obehandlade stallgödseln.

Anläggningarna med de största klimatvinsterna (längst till höger i figuren) kännetecknas av att de är förhållandevis stora och att deras substratmix till övervägande del består av egen stallgödsel. Det innebär att de tillgodoses en relativt stor klimatvinst av att slippa traditionell stallgödselhantering. Biogasutbytet är också högt på dessa anläggningar, vilket leder till relativt lite VS och lågt B_0 -värde i rötresten och därmed mindre metan från lagringen av rötrest.

Bland anläggningarna med de minsta klimatvinsterna (längst till vänster i figuren) finns både relativt små anläggningar och anläggningar som rötar stora mängder externa substrat. För små anläggningar blir klimatvinsten per anläggning relativt liten eftersom mängden rötad gödsel är liten, men anläggningsstorleken styr inte klimatavtryck per kWh biogas. De anläggningar som tar in mycket externa substrat kommer också att få mycket kväve och VS i rötresten jämfört med mängderna i egen stallgödsel. Det innebär att utsläppen från rötresten blir höga jämfört med utsläppen från lagringen av egen stallgödsel.

När de indirekta förändringarna (markerade som gröna kvadrater i figuren) inkluderas slår biogasens användningsområde och kväveutnyttjandet igenom. De indirekta förändringarna har störst effekt på de anläggningar vars biogas ersätter fossila bränslen, t ex här antaget att såld rågas kan ersätta naturgas. Ju högre biogasproduktion desto större effekt. Om biogasen används för kraftvärme-produktion har vi antagit att biogasen ersätter svensk medel. Klimatvinsten blir då lägre på grund av verkningsgradsförlusterna vid produktion av biogas samt att den svenska elproduktionen är förhållandevis klimatsmart och att klimatvinsten per kWh biogas därmed blir relativt liten.

För vissa anläggningar som inte säljer rågas är ändå effekten av de indirekta förändringarna relativt stor. Det handlar då om gårdar som minskat sina inköp av mineralgödselkväve tack vare ökat ammoniumkväveinnehåll i rötresten och/eller att överskottsvärme från kraftvärmeproduktion kunnat ersätta olja för uppvärmning.



Figur 2: Totala förändringar av växthusgasutsläpp (ton koldioxidkvivalenter per anläggning och år) för biogasanläggningar som deltagit i Utvärderingsprojektet. Varje stapel representerar en anläggning, sorterade efter storleken på växthusgasutsläppen.

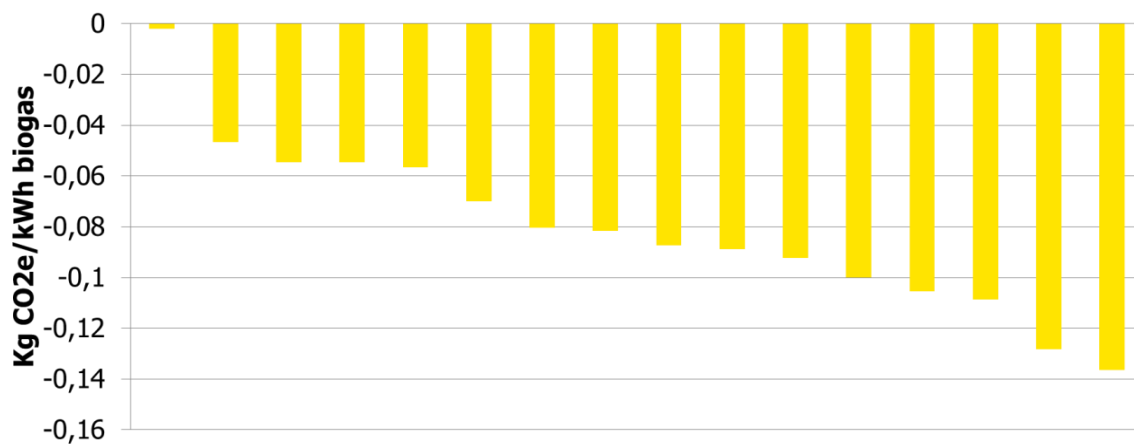
I Figur 3 redovisas det beräknade klimatavtrycket per kWh producerad biogas. Klimatavtrycket blir negativt på alla anläggningar, dvs biogasproduktionen beräknas totalt sett ge lägre växthusgasutsläpp än om det inte producerats biogas. Observera att staplarna sorterats i storleksordning, och att rangordningen mellan anläggningar därmed skiljer sig från Figur 2.

Det är många faktorer som påverkar klimatavtrycket per kWh biogas, men det saknas entydiga samband som förklarar rangordningen mellan anläggningarna. Några faktorer är dock generellt fördelaktiga för klimatavtrycket, nämligen:

- Mycket lite andel av biogasen facklas eller släpps oförbränd till atmosfären. Dessa slutanvändningar ger relativt stor klimatpåverkan.
- Hög utrotningsgrad. Det innebär att mindre mängd VS finns kvar i rötresten och att B_0 -värdet är lägre, vilket minskar risken för metanavgång från rötresten.
- Låga ammoniakförluster vid spridning av rötrest. Ammoniakförlusterna ger indirekt lustgasemissioner.

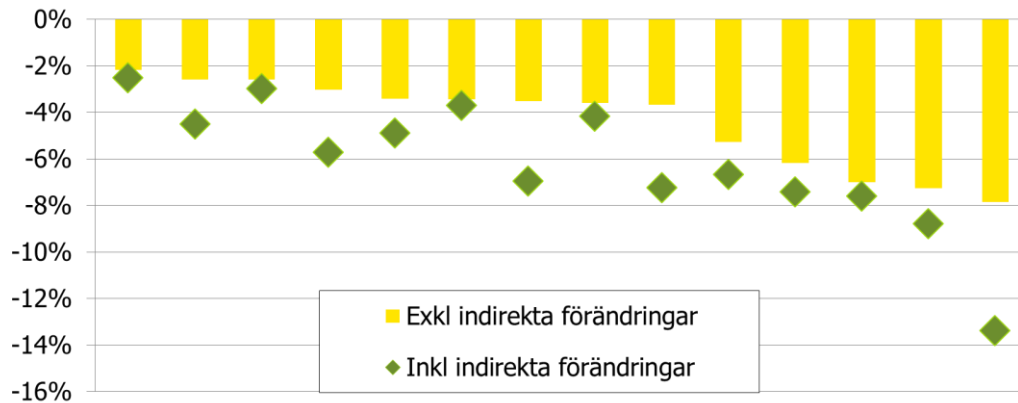
Tolkningen och jämförelser av klimatavtrycket per kWh biogas är dock lurig i dessa fall eftersom klimatavtrycken har negativa värden, vilket beror på de undslupna utsläppen från lagring av egen stallgödsel. Ju lägre värde desto bättre klimatavtryck. Men ett lågt värde kan bero på låg biogasproduktion. Då kommer klimatvinsten från hela biogasanläggningen att slås ut på färre kWh biogas än vid högre biogasproduktion, och vinsten per kWh blir då större. Detta innebär att anläggningar som ligger långt till höger i diagrammet kan ha haft fördel av lågt biogasutbyte.

Om klimatvinsten av undslupna metan- och lustgasutsläpp från stallgödselhanteringen exkluderas (ej redovisat i någon figur) blir klimatavtrycket för biogas från alla anläggningar större än noll. Ett högt biogasutbyte per ton VS i substraten blir då den viktigaste faktorn för att nå ett bra klimatavtryck per kWh biogas. Detta beror på att ju högre biogasutbyte är, desto fler kWh biogas kan klimatkostnaden för hela anläggningen fördelas mellan.



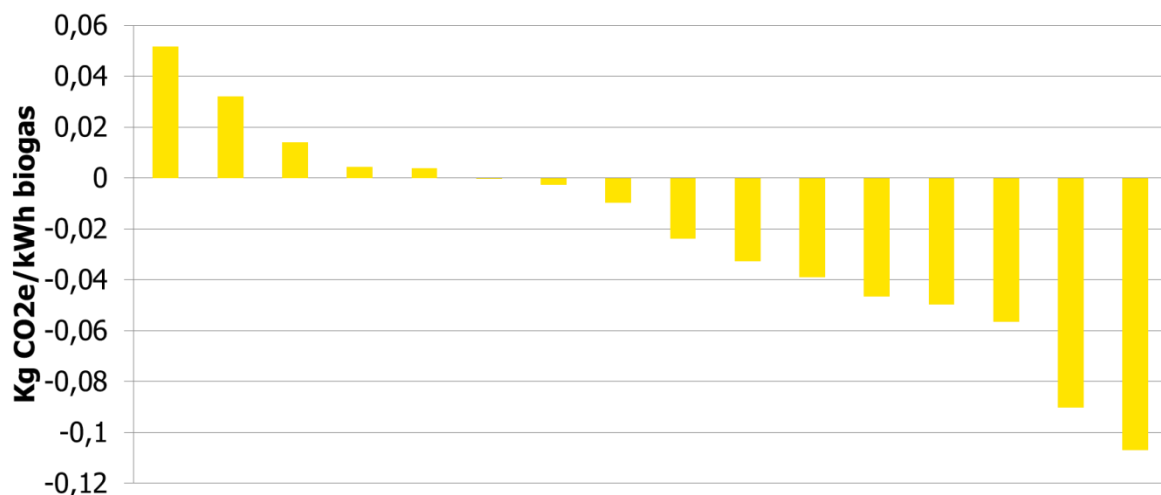
Figur 3: Beräknat klimatavtryck för biogasen (kg CO₂e/kWh biogas) som producerats på gårdsanläggningarna. Varje stapel representerar en anläggning, sorterade efter klimatavtrycket per kWh biogas.

I Figur 4 visas hur växthusgasutsläppen från 14 av gårdsanläggningarna förändras tack vare etableringen av biogasproduktion. Resultatet presenteras som den procentuella förändringen efter biogasetableringen jämfört med före biogasetableringen. Gårdarna med den största procentuella förändringen kännetecknas av de rötar en mycket stor andel av gårdens gödsel och av kraftigt minskad metanavgång från stallgödselhanteringen, t ex när djupströgödsel rötas. Det saknas tydliga samband mellan de gårdar som har låg procentuell förbättring. De flesta gårdarna i figuren har mjölkproduktion, men några är grisgårdar. Grisgårdarna finns både representerade bland gårdarna med högst och lägst förändring.



Figur 4: Förändring av gårdens totala växthusgasutsläpp tack vare etableringen av biogasanläggning. Beräknat som skillnaden mellan totala växthusgasutsläpp för gården inklusive biogasanläggning och exklusive biogasanläggning. Varje stapel representerar en anläggning, sorterade efter klimatavtrycket per kWh biogas.

I Figur 5 Figur 2Figur 1 redovisas klimatavtrycket per kWh producerad biogas, men med högre metanemissioner från lagringen av flytande rötrest än i grundalternativet (MCF = 14 % istället för 3,9 % (med svämtäcke) respektive 4,5 % (utan svämtäcke)). Observera att staplarna sorterats i storleksordning, och att rangordningen mellan anläggningar därmed skiljer sig från Figur 3. Klimatavtrycket blir högre för alla anläggningar jämfört med grundalternativet i Figur 3. Klimatavtrycket blir t o m positivt för en tredjedel av anläggningarna, d v s biogasproduktionen beräknas i dessa fall totalt sett ge vissa växthusgasutsläpp. Metanförlusterna från lagringen av rötrest motsvarar i dessa fall 2-10% av den totala biogasproduktionen. Metanförlusterna är generellt lägre för anläggningarna som ligger långt till höger i figuren, medan de är högre för anläggningar längre till vänster i figuren. Låga metanförluster från biogassystemet är mycket viktigt för att hålla nere klimatavtrycket per kWh biogas.



Figur 5: Beräknat klimatavtryck för biogasen (kg CO2e/kWh biogas) som producerats på gårdsanläggningarna. Här räknat med högre metanemissioner från rötresthanteringen. Varje stapel representerar en anläggning, sorterade efter klimatavtrycket per kWh biogas.

