

## Energi och växtnäring från hästgödsel Förbehandling, rötning och biogödselavsättning

*Åsa Hadin*

*Ola Eriksson*

*Daniel Jonsson*



© Åsa Hadin, Ola Eriksson och Daniel Jonsson 2015

FoU-rapport Nr 42

urn:nbn:se:hig:diva-20780



FoU-rapport / Högskolan i Gävle

ISSN 1403-8749

FoU-rapporter publiceras elektroniskt och är tillgängliga via

<http://www.hig.se/Ext/Sv/Forskning/Publikationer.html>

Publicerad av:

Gävle University Press

[gup@hig.se](mailto:gup@hig.se)

# Energi och växtnäring från hästgödsel

## Förbehandling, rötning och biogödselavsättning

Åsa Hadin, Ola Eriksson och Daniel Jonsson

Akademin för teknik och miljö

Avdelningen för bygg-, energi- och miljöteknik

Delrapport 1 inom projektet "Hästkrafter och hästnäring -  
hållbara systemlösningar för biogas och biogödsel"





# Sammanfattning

Antalet hästar i samhället ökar och idag finns det enligt Jordbruksverket drygt 360 000 hästar i Sverige, där tre fjärdedelar återfinns inom tätorter eller i tätortsnära miljöer. Alla dessa hästar skall enligt beräkningar ge upphov till en total gödselmängd på uppemot 1,4 miljoner ton per år. Om denna gödsel rötas effektivt motsvarar detta en årlig biogasproduktion på 641 GWh, vilket är knappt hälften av all biogas som producerades i Sverige 2010. Även om det föreligger en del praktiska begränsningar i hur mycket av potentialen som kan utnyttjas så finns här trots allt en betydande potential till ökad användning av förnybar energi. Genom att samla in gödseln och röta den uppnås tre miljövinster:

1. Utsläppen från konventionell hantering där gödseln ligger kvar eller komposteras upphör.
2. Rötning av gödseln ger upphov till biogas som kan användas för att generera el och värme eller, efter rening, som fordonsbränsle; därigenom kan utsläpp från fossila bränslen reduceras.
3. Den efter processen uppkomna biogödseln kan användas inom jordbruket och därigenom ersätta konstgödsel varigenom ytterligare miljövinster uppstår.

Trots alla dessa möjligheter finns det dock en del hinder och kunskapsluckor. I denna rapport görs en systematisk genomgång av kunskapsläget angående hästgödselhantering, förbehandlingsmetoder, rötningmetoder för hästgödsel samt aspekter på spridning av biogödsel från hästgödsel. I denna del görs i huvudsak kvalitativa beskrivningar medan kommande rapporter redovisar indikativa beräkningar av miljövinster med olika sätt att ställa om hanteringen.

Slutsatserna är att det finns många faktorer som talar för att utvinna energi från hästgödsel som t.ex. att det finns betydande gödselmängder relativt nära tätorter, att halm som strömaterial ger ett tillskott i biogasproduktionen, att det finns gott om mark för spridning av biogödsel och att en förbättrad hästgödselhantering även är en bra vattenskyddsåtgärd. På den negativa sidan finns att rötning av hästgödsel är relativt oprövat och att det är svårt att bedöma hur ökade kostnader för avfallshantering påverkar hästnäringen. En annan slutsats är att det överlag saknas kunskap om hästgödsel ur ett miljöperspektiv på en sådan nivå som krävs för tillförlitliga miljöbedömningar. Vi hoppas trots detta kunna föreslå systemlösningar som i högre utsträckning än tidigare ska kunna visa sig fungera tekniskt och vara genomförbara ekonomiskt. Om dessa systemlösningar omsätts i praktisk verklighet kan miljövinster göras genom minskad klimatpåverkan, minskad övergödning, ökad biologisk mångfald och minskad användning av ändliga resurser.

# Abstract

The number of horses in society is increasing and today, according to Swedish Board of Agriculture, there are approximately 360,000 horses in Sweden, where three-quarters are found in urban or near-urban environments. All these horses will, according to calculations, give rise to a total amount of manure of up to 1.4 million tons per year. If this manure is digested efficiently, this corresponds to an annual biogas production of 641 GWh, which is almost half of all biogas produced in Sweden in 2010. Although there are some practical limitations on how much of the potential that can be exploited, there is nevertheless a significant potential for increased use of renewable energy. By collecting manure and digesting it, three environmental benefits can be achieved:

1. Emissions from conventional management where the manure is piled and stored, or spontaneously composted, are avoided
2. Anaerobic digestion of manure produces biogas that can be used to generate electricity and heat and, after upgrading (purification and pressure increase), as vehicle fuel; thereby fossil fuel emissions are reduced
3. The resulting digestate can be used in agriculture, thereby replacing chemical fertilizer which provides additional environmental benefits

Despite all these possibilities there are some obstacles and gaps in knowledge. This report is a systematic review of the state of knowledge about horse manure management, pre-treatment methods, digestion methods of horse manure, as well as aspects of the proliferation of bio-fertilizer from horse manure. This part is mainly qualitative descriptions while subsequent reports present indicative calculations of the environmental benefits of different ways to design the management.

The conclusions are that there are many factors that point to extract energy from horse manure, e.g. there are significant amounts of manure relatively close to urban areas, the straw bedding materials provide a supplement in biogas production, there is plenty of land for spreading digestate, and an improved horse manure management is also a good water protection measure. Drawbacks are that the digestion of horse manure is relatively untested and it is difficult to assess how increased waste management costs affect the horse industry. Another conclusion is the general lack of knowledge of horse manure from an environmental perspective at a level required for reliable environmental assessments. Nevertheless we hope to be able to propose system solutions which to a greater extent than previously should prove to work technically and be economically feasible. If these systems are translated into practical reality, environmental gains can be made through reduced environmental impact, reduced eutrophication, increased biodiversity and reduced use of finite resources.

## Förord

Hästens roll i samhället har förändrats dramatiskt över tid. Från att ha bidragit i livsmedelsförsörjning (som arbetsdjur inom lantbruket), inom basindustrin (för att få ut virke och massaved från skogen, som arbetsdjur vid gruvdrift m.m.) och inom transportsektorn (häst och vagn var gängse transportsätt innan automobilen) har den idag stor betydelse för turism (turridning), ungdomsverksamhet (ridskolor) och spel (trav och galopp). Även om hästens bidrag till BNP idag är litet så uppskattar myndigheterna att antalet hästar i landet idag är större än på mycket länge. Trots detta har lite uppmärksamhet ägnats åt att beskriva och effektivisera den miljöpåverkan som uppstår, särskilt från gödselhantering. Och detta i en tid då omställningen av transportsektorn i en mer hållbar riktning har satt fart på rötning av organiskt avfall till biogas.

Vi har i detta projekt velat lämna ett första bidrag i arbetet med att öka samhällsnyttan av hästhållningen och hitta lösningar för att undvika de negativa miljökonsekvenser som gödseln kan medföra. I denna första delrapport tittar vi närmare på behovet av förbehandling av hästgödsel då det av många anses som problematiskt att röta. Vi har också velat belysa lämplig rötningsteknik och i synnerhet torr rötning som vid en första anblick kan tyckas väl anpassad för denna typ av substrat. Vi har också undersökt vad som gäller för biogödsel från rötning av hästgödsel.

Vi vill passa på att flagga för de två efterföljande rapporterna från detta projekt. En behandlar inventering av data för de processer och aktiviteter som ingår i den systemanalys som görs i projektet och den sista rapporten redovisar scenarier och resultat från systemanalysen.

Vi vill tacka alla informanter som på olika sätt bidragit med tips på var vi kan hitta information med mera. Vi vill också tacka Lena Fluck för det arbete hon gjort som bidragit till denna rapport och Region Gävleborg som finansierat projektet.

Åsa Hadin, Ola Eriksson och Daniel Jonsson

## Definitioner

<b>Animalisk biprodukt</b>	Obearbetade och obehandlade material från djurriket som inte är avsedda som livsmedel tex döda djur, ull och naturgödsel (Jordbruksverket 2015-06-05).
<b>Avfall</b>	Avfall är det föremål eller ämne som innehavaren gör sig av med, tänker göra sig av med eller är skyldig att göra sig av med enligt Miljöbalken (1998:808) 5 kap 1§.
<b>Biogas</b>	Den gas som erhålls från nedbrytning av biologiskt material. Kallas också för biometan. Består av metan (ca 60 %) och koldioxid samt mindre mängder föroreningar som t.ex. svavel och kolmonoxid. Biogas kan indelas i rötgas, deponigas samt biometan från termisk förgasning
<b>Biogödsel</b>	Se Rötrest
<b>Biomull</b>	Se Rötrest
<b>Betesmark</b>	Mark som inte är lämplig att plöja men som kan användas till bete (SJVFS 2012:41)
<b>Djupströbädd</b>	En typ av fastgödsel som innehåller mycket strö och dessutom urin (TS-halt mer än 25 %) och kan staplas mer än 2 meter. pH-värdet ligger på 8-9
<b>Ekologisk odling</b>	<p>KRAV-certifierad växtodling innebär en varierad växtföljd med vall eller grüngödsling. Växtnäring återförs från djurproduktion och livsmedelsproduktionen. Tillåtna gödselmedel är organiska och vissa oorganiska gödselmedel. Organiska gödselmedel från intensiv konventionell produktion och konstgödsel är otillåtna gödselmedel vid KRAV-odling.</p> <p>EU har regler för ekologisk produktion i två förordningar, (EG) nr 834/2007 och (EG) nr 889/2008, där det regleras när ordet ekologisk får användas vid märkning och marknadsföring av produkter (KRAV, 2015-06-05, 2015-06-08).</p>
<b>Fastgödsel</b>	Gödsel som är så fast (TS halt överstigande 20 %) att man kan stapla gödselhögen (lagras till en höjd av minst 1 meter utan stödvägg (SJVFS 2012:41). I fastgödsel finns inte urin med, utan bonden samlar upp den separat i en brunn. pH-värdet ligger på 8-9. Fastgödsel är mer eller mindre lucker och kan därför komposteras.



<b>Flytgödsel</b>	Pumpbart stallgödsel med undantag av ren urin eller inblandning av annan vätska (Jordbruksverket 2013c). TS-halten understiger 12 % (pumpbart) och pH 7.
<b>Hygienisering</b>	Värmebehandling av avfall för avdödning av smittämnen. ABP-förordningen kräver att substrat hygieniseras vid 70 grader under 1 h, alternativt termofil rötning som uppfyller vissa krav. <sup>2</sup>
<b>Hästgödsel</b>	Hanteras som fastgödsel (Jordbruksverket 2013b) men kan lagras som djupströgödsel (Albertsson, 2013). Sprids med fastgödelspridare (Steineck et al. 2000b). Omfattar gödsel, urin (uppsuget i strö) och stor andel strömedel. Hög kol/kvävekvt. Kompostering ökar koncentrationen av fosfor, kalium och mikronäringsämnen. TS 30-35 % (Jordbruksverket 2013b).
<b>Jordbruksföretag</b>	Verksamhet inom jordbruk, husdjursskötsel eller trädgårdsodling som bedrivs under en och samma driftsledning (Jordbruksverket, 2013a).
<b>Jordbruksmark</b>	Mark för växtodling, träda och betesmark (Jordbruksverket, 2013e)
<b>Kol-kväve-kvot</b>	Förhållandet mellan kol och kväve. Hög kol/kvävekvt innebär att nedbrytningen tar lång tid och att kväve åtgår i processen (Jordbruksverket, 2013b).
<b>Kompostering</b>	Biologisk nedbrytning i närvaro av syre
<b>Mesofil process</b>	Rötning vid 25-45 °C
<b>Metan(-gas)</b>	Energirik gas som bildas vid rötning. Kemisk formel: CH <sub>4</sub>
<b>Perkolat</b>	Vätska som tillförs, och bildas i, rötkammaren samlas upp och återförs till rötkammaren för att återfukta substratet (Nordberg och Nordberg, 2007).
<b>Psykrofil process</b>	Rötning vid 4-25 °C. Rötgas – den biogas som utvinns ur avloppsslam, gödsel, lantbruksgrödor med mera i en rötkammare.
<b>Rötkammare</b>	Den tank, container, behållare, där rötningen äger rum
<b>Rötning</b>	Biologisk nedbrytning i frånvaro av syre
<b>Rötrest</b>	Fast eller flytande restprodukt från biogasprocessen. Rikt på näring och ofta lämplig för återföring av näring till växande gröda.
<b>Samrötning</b>	Innebär att flera substrat rötas tillsammans i en process.

<b>Stallgödsel</b>	Husdjurens träck eller urin, eventuella foderrester, strömedel och spillvatten, disk- och tvättvatten, pressaft från ensilage eller nederbörd. Kan vara uppsamlad på gödselplatta, rastgård och i behållare. Begreppet omfattar även de ingående delarna i behandlad form (SJVFS2013: 40). Färsk träck och urin är således inte samma sak som stallgödsel. Kan ha olika konsistens beroende på vilket och hur mycket strömedel som använts till djuren. Stallgödseln indelas i flyt-, klet-, fast- och djupströgödsel samt urin med hänsyn till torrsubstanshalt och hanteringskaraktär.
<b>Substrat</b>	Råvara till biogasprocessen, d.v.s. ett material som innehåller lättnedbrytbart kol.
<b>Termofil process</b>	Rötning vid 50-60 °C
<b>Torrötning</b>	Rötning av ”torra” material, vilket betyder 20-35 % TS-halt i Rötkammaren
<b>TS-halt</b>	Torrsubstanshalt. Anges som torrsvikt för ett material dividerat med totalvikt (=torrsvikt+vatten). TS-halten är inversen av fukthalten (vattenhalten).
<b>VS</b>	Volatile solids, flyktig del, d.v.s. brännbar/nedbrytbar del. Det organiska innehållet i TS. $TS=VS+aska$ . Mäts ofta som glödförlust.
<b>Våtrötning</b>	Rötning av ”våta” material, vilket betyder 2-10 % TS-halt i rötkammaren
<b>Åkermark</b>	Mark som går att plöja. Kan användas till växtodling eller bete (SJVFS 2012:41).

# Innehållsförteckning

Sammanfattning .....	i
Abstract .....	ii
Förord .....	iii
Definitioner .....	iv
Innehållsförteckning .....	vii
1 Introduktion .....	1
1.1 Syfte och mål .....	2
1.2 Avgränsningar .....	2
1.3 Målgrupp .....	2
2. Metod .....	3
3. Hästhållning och hästgödsel .....	4
3.1 Lagstiftning om hästhållning .....	5
4. Förbehandling och strömmaterial .....	7
4.1 Förbehandlingsmetoder .....	7
4.2 Förbehandling vid torrötning .....	8
4.3 Strömaterialets betydelse för biogasproduktionen .....	9
5. Rötning av hästgödsel .....	13
5.1 Torrötning, våtrötning och tvåfasrötning .....	13
5.2 Våt process .....	15
5.3 Torr process .....	16
6. Avsättning för biogödsel .....	19
6.1 Tillgänglighet och behov av åkermark .....	19
6.2 Biogödselns egenskaper .....	24
6.3 Spridning .....	29
7. Diskussion .....	31
7.1 Hästhållning och hästgödsel .....	31
7.2 Strömmaterial och förbehandling av hästgödsel .....	33
7.3 Rötning av hästgödsel .....	34
7.4 Avsättning för biogödsel från hästgödsel .....	35
8. Slutsatser .....	36
Referenser .....	39



# 1 Introduktion

I en enkätstudie, genomförd inom Länsstyrelsen i Gävleborgs projekt Hästlyftet 2002-2003 och sammanställd av Högskolan i Gävle, fick hästhållare i Gävleborgs län svara på frågor angående deras hästhållning. Sammanställningen visar att hästhållarna i Gävleborgs län som besvarade enkäten förvarade sin gödsel på gödselplatta (42 %), löst ute (38 %), i container (14 %), i stuka (3 %) och på annat sätt (4 %). Det är främst de med få hästar och hobbyverksamhet som förvarar gödseln löst ute (Femling, 2003). I enkätstudien erhöles 942 svar från hästägare/hästhållare i länet. De flesta, 81 %, angav att de hade hästsporten som hobby. 193 stycken angav någon typ av problem med hästgödselhanteringen, till exempel avsaknad av egen utrustning för att hantera gödsel och för hög kostnad för hantering av gödsel (Fregidou-Malama et al., 2009). Av landets hästhållare bland ridskolor och turridningsföretag anger 17 % att gödselhantering är en tjänst som saknas för dem (Enhäll et al., 2012). Hästhållare som inte har tillgång till egen spridningsareal för gödsel behöver se till att regelbundet transportera bort gödsel. Det kan ske med hjälp av någon form av lagringsbehållare, till exempel en container (Jordbruksverket, 2014d).

Hästnäringen har ett stort och ökande avfallsproblem med avseende på hur gödseln ska hanteras. Den nuvarande hanteringen av hästgödsel medför miljöproblem eftersom ett flertal växthusgaser avges då nedbrytning av det organiska materialet sker, samtidigt som växtnäringssämnen inte återförs till kretsloppet. Hästgödseln utgör egentligen en resurs då förnybar energi kan utvinnas (rötning till biogas och förbränning som ger el och värme) och dessutom innehåller den värdefulla växtnäringssämnen som fosfor och kväve samt mullbildande ämnen som berikar marken.

Förutom miljöpåverkan består problemet i såväl hanteringsmässiga som ekonomiska problem för näringen. Kostnaderna för insamling och behandling av hästgödseln som sluttäckningsmaterial på deponier ökar och det blir mer och mer intressant att hitta annan avsättning som medför en bättre totalekonomi. Genom att omvandla organiskt material eller organiskt avfall, som till exempel gödsel, kan material som är lågt värderade få ett högre värde som källor till förnybar energi.

Enligt utgångspunkterna för en studie om goda exempel på lokal samverkan inom hästsektorn består hästsektorn av människor som till stor del håller på med hästar som hobby. Att hålla på med häst blir en livsstil som man satsar en del av sin inkomst på och en stor del av hästsektorns verksamheter bygger på ideellt arbete (Jordbruksverket, 2012). De ekonomiska villkoren för hästnäringen till följd av en ändrad hantering av gödseln är därför viktiga att belysa. Förhoppningen är att öka den ekonomiska attraktiviteten för de nyttor som hästgödseln genom rötning ger upphov till, d.v.s. att det skall finnas en betalningsvilja för biogas och biogödsel från hästgödsel. Dessa intäktsmöjligheter skulle i så fall kompensera för de ökade kostnaderna som en ändrad gödselhantering medför.

I en rapport från 2008 (Linné et al., 2008) gjordes en länsvis inventering av den svenska biogaspotentialen från matavfall, park- och trädgårdsavfall, avloppsslam, gödsel samt restprodukter från industri, lantbruk och skogsbruk. I denna inventering beräknades den totala biogaspotentialen från hästar i Gävleborgs län till 24 GWh/år. I inventeringen angavs en begränsning på gödseltillgången på grund av att 50 % hamnar på bete och inte

samlas vilket innebär att den beräknade biogaspotentialen blev 12 GWh/år från hästar i Gävleborgs län (Linné et al., 2008).

### 1.1 Syfte och mål

I projektet som helhet undersöks hur hästgödsel kan bidra till ett hållbart samhälle genom utvinning av energi och näringsåterföring vilket är tänkt att ske genom att omvandla hästgödseln från ett avfallsproblem till en förnybar resurs där både energin och näringsämnen tas tillvara. Fokus ligger på biogasproduktion från hästgödsel och om det är en teknisk, ekonomisk och ekologisk möjlighet för att sluta kretslopp och utvinna förnybar energi ur hästgödsel. Studien har ett regionalt perspektiv, med Gävleborgs län som grund. I denna delrapport vill vi svara på följande fråga:

*”Vilka möjligheter/drivkrafter och hinder/svårigheter finns det för att utvinna förnybar energi i form av biogas från hästgödsel och återföra näringen i hästgödseln till jordbruksmark?”*

### 1.2 Avgränsningar

I denna delrapport har vi avgränsat oss till de delar i systemet som är unika för hästgödsel eller där kunskapsläget är oklart. Det har inneburit att arbetet fokuserats på förbehandling och rötning av hästgödsel samt avsättning för biogödsel (rötad hästgödsel). Rapporten har avgränsats till i huvudsak kvalitativa beskrivningar. En mer utförlig redovisning av data och prestanda kommer att redovisas i en kommande rapport och själva systemanalysen redovisas i en tredje rapport som också är slutrapport från projektet.

### 1.3 Målgrupp

Projektets resultat kommer att vara intressant för hästhållare inom hästnäringen och även för privata hästhållare. En annan målgrupp är kommunala avfallsorganisationer som utifrån rötning av slam och matavfall bygger anläggningar där hästgödsel också kan rötas. En annan grupp är entreprenörer som samlar in och transporterar hästgödsel samt utövarna av dagens behandlingsmetoder.

## 2 Metod

Denna studie har bestått i att samla information från en mängd källor. I litteraturstudien har ingått forskningsrapporter, vetenskapliga artiklar, statistik, lagstiftning och branschinformation med inriktning på material om hästgödsel och biogasteknik. Denna information har kompletterats med personliga kontakter, ofta i form av kortare telefonintervjuer. Därtill har information inhämtats genom studiebesök. Insamlade fakta består dels av information av beskrivande karaktär, men även mer specifika data som kan användas i modellering.

### 3 Hästhållning och hästgödsel

Kunskapen om hästantalet och hästnäringens betydelse i Sverige har minskat i och med att hästen inte längre omfattas av jordbruksstatistiken som var fallet när hästen var ett jord- och skogsbruksredskap. Idag används hästen till stor del inom fritidsverksamhet på mindre fastigheter som lämpar sig för hästhållning. Jordbruksverket genomförde 2004 en första hästskattning och 2010 genomfördes den andra hästskattningen för Sverige (Enhäll et. al., 2012).

Enligt statistik beräknad på antalet hästar i Sverige kommer Gävleborgs län på femte plats vad gäller antalet hästar med 54 hästar per 1000 invånare. Antalet hästar per 1000 invånare är i genomsnitt 39 stycken för hela Sverige (Jordbruksverket, 2011). Länet beräknas ha 14 800 hästar i den beräknade statistiken för hästantalet i landet 2010. Antalet hästar på länsnivå har skattats i den beräknade statistiken och ska därför tolkas med försiktighet (Jordbruksverket, 2011). Om antalet hästar beräknas med hjälp av riktvärdet för regionen i Jordbruksverket (2011), och statistiska centralbyråns uppgifter på invånarantalet i Gävleborgs 10 kommuner under 2013, blir antalet hästar ungefär 15 000 (Tabell 1). Omkring 75 % av hästarna i Sverige hålls idag, enligt beräknad statistik, i tätorter i eller inom tätortsnära områden (Jordbruksverket, 2011). Antagandet att 75 % av länets hästar finns inom tätbebyggt område skulle innebära att 11 250 av länets hästar skulle finnas i närheten av tätorter.

**Tabell 1** Antal hästar på jordbruksföretag i kommunerna i Gävleborgs län och statistiska centralbyråns statistik på invånarantal i kommunerna. Siffrorna avser 2013.

Kommun	Antal hästar	Antal platser med häst <sup>1</sup>	Antal företag med häst	Antal hästar <sup>1</sup>	Antal invånare <sup>2</sup>	Beräknat antal hästar <sup>3</sup>
Ockelbo			24	88	5 785	312
Hofors			21	112	9 511	514
Ovanåker			63	293	11 354	613
Nordanstig			51	203	9 491	513
Ljusdal			76	458	18 931	1 022
Gävle			63	468	97 236	5 251
Sandviken			83	400	37 250	2 012
Söderhamn			45	299	25 442	1 374
Bollnäs			77	465	26 141	1 412
Hudiksvall			117	771	36 829	1 988
<b>Totalt</b>	<b>14 800</b>	<b>3 400</b>	<b>620</b>	<b>3 557</b>	<b>277 970</b>	<b>15 011</b>

<sup>1</sup> Jordbruksverket 2014b, 2014c. Antalet hästar avser endast hästar vid jordbruksföretag, inklusive de hästar som uppställats inom företaget, men som ägs av utomstående. Det redovisade antalet hästar motsvarar alltså inte det totala antalet hästar i regionen.

<sup>2</sup> SCB (Statistiska centralbyrån 2015-04-07)

<sup>3</sup> Beräknat baserat på 54 hästar per 1000 invånare

Siffror från statistik på antalet hästar på jordbruksföretag år 2013 visar att det fanns 3 557 hästar på 620 jordbruksföretag i länet (Jordbruksverket 2014e). Om den uppskattade statistiken stämmer finns en stor del av hästantalet på anläggningar som inte är jordbruksföretag och därmed inte har egen mark att sprida hästgödseln på. Hästgödselns innehåll av näringsämnen riskerar därmed att inte komma jordbruksmarken till gagn. Under-



sökningar visar dock att många hästhållare genom lantbrukare lämnar iväg sin gödsel för spridning på annan jordbruksmark och en hel del egna initiativ som att lämna gödsel till grannar och bekanta för gödsling i trädgårdar förekommer (Telefonintervjuer med hästhållare i Gävle kommun 2013; Fregidou-Malama et al., 2009). En enkätstudie som genomfördes av Jordbruksverket 2010 visar dock att lite drygt 60 % av hästhållarna i studien sprider hästgödseln på egen mark och att ungefär hälften av ridskolor och turridningsföretag och A-tränare inom trav och galopp har överenskommelser med lantbrukare som tar omhand deras gödsel (Enhäll et al., 2012).

### 3.1 Lagstiftning om hästhållning

Hästhållning omfattas av lagstiftning för att hålla hästar inom vissa områden (detaljplanlagt område) eller att hålla en stor mängd hästar (miljöfarlig verksamhet). Enligt Djurskyddslagen (1988:534) ska också den som yrkesmässigt eller i stor mängd håller, föder upp, upplåter eller säljer hästar eller tar emot hästar för förvaring eller utfodring eller bedriver ridskoleverksamhet med hästar ha tillstånd för verksamheten (Djurskyddslagen 1998:534). Alla hästar ska sedan 2008 (Kommissionens förordning 504/2008) ha hästpass för att hindra att läkemedel hamnar i våra livsmedel, begränsa smittspridning och för att säkerställa hästens identitet (Jordbruksverket, 2015-04-24). Lagring, hantering och spridning av hästgödsel omfattas också av lagstiftning som nämns nedan och i kommande kapitel i rapporten.

#### 3.1.1 Hästhållning

I enlighet med förordning (1998:899) om miljöfarlig verksamhet 39§ krävs det tillstånd från den kommunala nämnden att hålla häst inom detaljplanlagt område inom alla kommuner i länet (Information via kommunernas hemsidor 150206–150209). Den kommunala nämnden i kommunen ansvarar för tillsynen av lagring och spridning av stallgödsel på jordbruk. För större djurhållare med tillstånd för miljöfarlig verksamhet är länsstyrelsen tillsynsmyndighet (Jordbruksverket, 2013c). Två av kommunerna i länet har särskild information om hästhållning och hantering av hästgödsel respektive hästhållning och avstånd till bebyggelse (Sandvikens kommun och Ockelbo kommun hemsidor 150206). Hästhållning med över 100 hästar ska anmälas till kommunen och att hålla över 400 hästar är tillståndspliktig verksamhet där tillståndet söks hos länsstyrelsen (Miljöprövningsförordning, 2013:251).

#### 3.1.2 Avfall, biprodukt eller animalisk biprodukt

Hästgödsel klassas som avfall, biprodukt och animalisk biprodukt. Det klassas som avfall om det finns ett intresse från hästhållaren att bli kvitt gödseln. Avfall är något som ägaren tänker, vill eller är tvungen att göra sig av med (MB 15 kap 1§) och det ska hanteras på ett miljömässigt godtagbart sätt. Henriksson et al. (2015) visar att hästgödsel kan kategoriseras som en avfallstyp från jordbruk enligt Avfallsförordningen (2011:927).

Förbränning av avfall får bara ske i godkänd förbränningspanna för avfall enligt förordning (2013:253) om förbränning av avfall. Om gödsel används som jordförbättringsmedel och sprids och lagras lagligt så ses inte gödsel som avfall enligt en dom i Europadomstolen (Europeiska gemenskapernas kommission, 2007). Hästgödsel kan också vara en biprodukt om det uppkommit i en tillverkningsprocess, det vill säga om hästen hålls för köttproduktion (Miljöbalken 15 kap 1§ 1 p; Miljösamverkan Västerbotten 2013). Enligt EU-parlamentets och rådets förordning (EG nr 1069/2009) klassas hästgödsel som en animalisk biprodukt inom kategori 2-materialen och behandling i 70 grader under minst en timme innan biogasanläggningen ger en tillräcklig avdödning av

smittämnen (Kommissionens förordning (EU) nr 142/2011; Carlsson & Nordström, 2013). Enligt SOU 2013:5 ska animaliska biprodukter, som bl.a. uppstår i en verksamhet, bearbetas eller destrueras på ett säkert sätt. Kategori 2-materialen får bortskaffas som avfall genom förbränning eller deponi, användas för tillverkning av organiska gödningsmedel eller jordförbättringsmedel, komposteras eller omvandlas till biogas och spridas på mark utan bearbetning och användas som bränsle vid förbränning (EU-parlamentets och rådets förordning (EG) nr 1069/2009).

### **3.1.3 Gödselhantering**

Lagstiftningen på gödselhanteringsområdet för jordbruksföretag innefattar att följa Miljöbalkens (1998:808) allmänna hänsynsregler i kapitel 2, och kapitel 12 med lagstiftning om miljöhänsyn i jordbruket. Förordning (1998:915) om miljöhänsyn i jordbruket och Statens jordbruksverks föreskrifter (SJVFS 2004:62) om miljöhänsyn i jordbruket vad avser växtnäring specificerar lagstiftningen angående lagring av gödsel, utformning av lagringen och lagringskapacitet. Kraven i lagstiftningen innebär att gödsel ska förvaras i någon form av tät lagring, där näringsläckage motverkas, och att det ska finnas lagringskapacitet för gödseln under 6 månader om antalet hästar är fler än 2 stycken i känsliga områden eller 10 eller fler i övriga områden i landet (Jordbruksverket, 2013c).

För hästar som inte finns på jordbruk gäller att de allmänna hänsynsreglerna ska följas vilket innebär att gödseln ska förvaras på ett miljömässigt bra sätt. De allmänna råden från Jordbruksverket säger att trots att det inte finns krav på lagringskapacitet bör sådan finnas, och lagringen bör utformas så att läckage och avrinning inte sker (Jordbruksverket, 2013c). En statlig offentlig utredning (SOU 2013:5) utredde om stallgödsel utan koppling till jordbruksföretag, som omfattas av miljöbalkens allmänna hänsynsregler men som inte omfattas av de specifika reglerna för miljöhänsyn i jordbruket (till exempel hästgödsel), ska omfattas av de specifika reglerna. Utredningens slutsats är att genom tillsyn utifrån de allmänna hänsynsreglerna komma tillrätta med eventuella miljöproblem, samtidigt som länsstyrelsen bör ge hög prioritet åt samordnad och riktad tillsyn av gödselhantering vid hästhållning i länen, framför allt i områden där risken för miljöproblem bedöms vara som störst (Statens offentliga utredningar, 2013:5). Utredningen menar att hästhållning har en potentiell miljöpåvekan som inte bör förringas då det finns ett stort och ökande antal hästar som är fördelade på ett stort antal platser. Miljöpåverkan beror på lokalisering, typ av hästhållning och vilken typ av gödselhantering som finns vilket kan medföra växtnäringsförluster och jorderosion från upptrampade rasthagar vid vattendrag och olämpligt placerade stugor (SOU 2013:5).

## 4 Förbehandling och strömaterial

Hästgödsel innehåller en blandning av urin, träck, strömedel och ibland en del fasta föroreningar som till exempel grus och hästskor. Hästgödsel som samlas in från stall med mera har ofta en heterogen sammansättning, d.v.s. strömaterial och träck är ojämnt fördelat och fukthalten varierar. Valet av strömaterial har betydelse för biogasutbytet, men skulle även kunna ha betydelse för vilken typ av förbehandling som krävs och beskrivs därför nedan. Enligt Mönch-Tegeder et al. (2013) ska lagringstiden för gödsel hållas så kort som möjligt då det sker förluster av nedbrytbara ämnen och att mängden näring är mindre i lagrat gödsel, vilket innebär miljöpåverkan i form av näringsläckage.

### 4.1 Förbehandlingsmetoder

För att säkerställa en stabil rötningsprocess krävs att materialet som ska rötas (substratet) är homogent, d.v.s. omblandat och håller en viss styckestorlek. Detta gäller oavsett biogasråvara eller rötningsteknik. I en förbehandling finns också möjligheten att avlägsna oönskat material (t.ex. hästskor, plast etc.) för att inte förorsaka driftstörningar i röttningsprocessen samt att säkerställa att materialet håller rätt TS-halt vilket vid våtrötning ofta innebär en spädning med vatten/rötkammarvätska. Vissa förbehandlingsmetoder har även till syfte att påskynda eller underlätta nedbrytningsprocessen. Ofta tillämpas en kombination av olika förbehandlingsmetoder för att uppnå så optimala processförhållanden som möjligt.

En översikt över olika förbehandlingsmetoder redovisas i Carlsson et al. (2012). Förbehandling kan indelas i två huvudgrupper; mekaniska och kemisk-fysikaliska. Mekaniska förbehandlingsmetoder används för att ta fram ett rötbart substrat. Inhomogent avfall, ofta med inslag av oönskat material såsom plast och metall kan sorteras, sönderdelas, spädas och blandas för att åstadkomma ett rent och driftmässigt stabilt substrat. Alla förbehandlingsmetoder resulterar i två fraktioner; en med rötbar biomassa och en rejektfraktion. Förbehandlingen kan utformas på en mängd olika sätt, varför fraktionernas storlek och renhet kan variera avsevärt (Bohn et al., 2010).

Kemisk-fysikaliska förbehandlingsmetoder syftar till att förbättra substratets tillgänglighet för mikroorganismerna, det vill säga mängden löst COD i vätskefasen. För svårnedbrytbara substrat med hög andel lignin och cellulosa tar det lång tid för mikroorganismerna att bryta ner materialet till enklare monosackarider, vilket gör att hydrolysstegets hastighetsbegränsande steget blir det tidsbegränsande steget (Wang et al., 2009). Genom att förstöra substratets fiberstruktur och cellväggar frigörs det nedbrytbara materialet i cellerna och det första, hastighetsbegränsande hydrolysstegets underlättas. Substratet kan exempelvis upphettas, behandlas med syror eller baser, utsättas för ultraljud eller elektriska pulser. Dessutom kan förbehandlingsmetoder bestå av kombinationer av ovanstående. Ett flertal av dessa metoder finns i dag endast på försöksstadium och till största del undersöks deras effekt på nedbrytbarheten av avloppsslam. (Bohn et al., 2010)

I rapporten "Förbehandling av biogassubstrat i systemanalys" (Carlsson et al., 2013) undersöks extrusion och ångexplosion som förbehandlingsmetoder för hästgödsel och hur dessa påverkar gasutbytet och även vilka systemeffekter som uppstår m a p miljö, energibalans och kostnader. Även vall och matavfall har undersökts i studien. Det första steget vid förbehandling med hjälp av ångexplosion är att materialet hydrolyseras. En hydrolys innebär att man sönderdelar molekyler genom att tillföra vatten, och i detta fall sker det

genom att het vattenånga tillförs. Under denna första del av processen är trycket väldigt högt. Nästa steg i förbehandlingen består av en snabb trycksänkning som kombinerat med vätskan i substratet orsakar att materialet bryts ner. Syftet med detta är att rötningsprocessen ska bli effektivare när materialets egenskaper har förändrats. En nackdel med metoden är att det kan bildas oönskade föreningar som ett resultat av den höga temperaturen, beroende på vad det är för substrat.

Utöver att substratet förhoppningsvis blir mer lättrotat så innebär den här metoden även att substratet hygieniseras, vilket gör att man inte behöver lägga tid eller resurser på det steget i någon annan del av processen. De flesta typer av animaliska biprodukter måste genomgå någon typ av hygienisering i anslutning till rötningen, men naturgödsel (som t.ex. hästgödsel) kan få användas utan hygienisering om Jordbruksverket inte anser att det finns risk för spridning av allvarliga överförbara sjukdomar. För en anläggning som tar emot gödsel från flera gårdar gäller vanligtvis lagstiftningens grundkrav på hygienisering (Jordbruksverket 2015-01-30).

Med metoden extrusion utsätter man substratet för högt tryck genom att två skruvar roterar mot varandra. Mellan dessa skruvar pressas substratet igenom, och syftet med behandlingen är främst att mekaniskt sönderdela materialet till mindre delar. Även med denna metod kan skillnaderna i tryck till viss del påverka materialets egenskaper. Det genereras en del värme när materialet pressas mellan skruvarna, men eftersom temperaturen inte är konstant utan varierar så kommer det att krävas hygienisering av hästgödseln innan rötningen. Andra fördelar med att materialet blir sönderdelat är att det blir mer lätthanterligt under senare delar av rötningsprocessen. Denna fördel gäller även för ångexplosionsmetoden.

En stor skillnad mellan metoderna är vilken typ av energibärare som används. För ångexplosionen krävs främst termisk energi i form av ånga medan extrusionen kräver elektricitet för att driva skruvarna. Båda ånga och elektricitet kan produceras med hjälp av många olika energislag och bränslen. Något som möjligen talar mot användningen av extrusion som förbehandling innan torrrotning av hästgödsel är att det krävs mer energi för att förbehandla torra substrat med denna metod. Resultatet för systemanalysen av båda dessa förbehandlingsmetoder visade att förbehandlingen ger en positiv effekt. Den totala energimängd man får ut överstiger det energitillskott som krävs under förbehandlingssteget. Som en följd av att en större mängd biogas produceras leder detta även till minskad klimatpåverkan. Detta tack vare att biogasen antas uppgraderas till fordonsgas som i sin tur ersätter fossila drivmedel. Klimatnyttan med detta beräknas överstiga den ökade belastning som sker under förbehandlingssteget.

#### 4.2 Förbehandling vid torrrotning

Tamm & Jarlsvik (2009) har i en förstudie frågat leverantörer av torrrotningsanläggningar vilken typ av förbehandling som behövs innan rötningen. Deras sammanställning visar att det inte krävs någon förbehandling för satsvisa typer av torrrotning då det snarast behövs en viss struktur i materialet för att det ska uppstå en bra kontakt mellan perkolat och substrat. Blandningen av substratet innan röt-kammaren fylls sker med hjullastare eller fodermixervagn. Det anges i rapporten att lång halm kan behöva hackas innan rötningen då halmen har en viss vattenavstötande effekt (Tamm & Jarlsvik, 2009). I kontinuerliga torrrotningsanläggningar har inte strukturen på substratet samma betydelse, men det krävs en hackning av halm för att förbättra metanutbytet och den kontinuerliga processen

kräver att störande partiklar och ämnen avlägsnas. Inmatningsfickan matas med hjulastare och sedan sker en automatisk inmatning i rötchammaren (Tamm & Jarlsvik, 2009)

### 4.3 Strömaterialets betydelse för biogasproduktionen

Strömateriäl används i hästhållningen för att skapa en torr och bekväm inomhusmiljö i stallet för hästarna, eller då lösdriфт används, en torr och bekväm liggplats. Strömaterialet väljs utifrån flera egenskaper, till exempel uppsugningsförmåga, dammegenskaper och hur mycket luftemissioner som bildas vid inblandning av gödsel och urin vid användandet av materialet. Andra faktorer som spelar in är tillgänglighet, hur lätt det är att mocka ut gödsel och urin vid användandet och pris på strömaterialet. I hästhållning åtgår en stor mängd strömateriäl och det finns angivelser på att hästgödsel innehåller 25 % och ända upp till 90 % strömateriäl. Halm, torv och spån är de vanligaste strömaterialet men papper och olika typer av pelleterat strömateriäl används också (Jordbruksverket 2013b; Garlipp et al., 2011; Cui et al., 2011; Kusch, 2013).

Jordbruksverkets beräknade statistik från 2010 visar att svenska hästhållare till största del (70 %) använde (såg-)spån, 40 % använde halm och ungefär 20 % använde torv som strömateriäl (Enhäll et al., 2012). Vid telefonintervjuer med hästhållare i Gävle kommun 2013 angav dessa att spån, torv och halm användes som strömateriäl, de flesta angav spån och minst antal använde sig av halm. I Tabell 2 redovisas egenskaper och metanpotential hos olika strömateriäl och blandningar med hästgödsel.

#### 4.3.1 Spån

Sågspån har den lägsta vattenbindande förmågan och ammoniakbindande förmågan medan kutterspån har en högre vattenbindande förmåga än både långhalm och hackad halm enligt Jordbruksverket (2013b). Spånets egenskaper att göra det ljus och fräscht i stallet och att det luktar gott lyfts fram som anledningar till valet av spån som strömateriäl vid samtal med hästhållare i Gävle kommun.

Barrträströmedels (träflis och träpellets) egenskaper vid biogasproduktion har undersökts av Wartell et al. (2012). Träströmedlen verkar ha en utspädningseffekt på energiproduktionen men den hindrar inte biogasprocessen enligt resultaten. Resultaten i undersökningen gjord av Wartell et al. (2012) visade att träströ i stort sett inte var nedbrytbart under anaeroba förhållanden.

I samrötningsprojektet som utfördes på Sötåsen (Olsson, et al., 2014) genomfördes även satsvisa utrötningsförsök som gjordes på olika rena strömedel och på blandningar med hästgödsel. Resultat från försöken visade stora skillnader i metanbildningspotential beroende på vilket strömedel som användes. Hästgödsel där spån (kutterspångödsel) och träpellets hade använts som strömedel gav ungefär 100 Nml metan/g VS. Ren träpellets gav ungefär 20 Nml metan/g VS.

Böske et al. (2014, 2015) har genomfört mesofila och termofila tester för att få fram den biokemiska metanpotentialen för hästgödsel med olika strömateriäl och där har träflis ingått som ett strömateriäl. Resultaten visar att träflis ger den lägsta metanpotentialen av de strömateriäl som ingått i undersökningen (Tabell 1). De jämför dessa resultat med annan forskning på biogaspotential och finner att det stämmer överens med flera andra undersökningar som förklarar låga resultat med trämaterialens innehåll av lignin som inte är nedbrytbart i rötningsprocessen (Böske et al., 2015).

Mönch-Tegeder et al. (2013) har undersökt träpellets och sågspåns metanpotential och de fann att de rena strömaterialen och blandningar med hästgödsel gav låga värden i jämförelse med andra strömedel och författarna menar att användningen av träbiomassa som substrat för rötning är ett oeffektivt sätt att utvinna energi.

**Tabell 2** Egenskaper och metanpotential för olika möjliga strömaterial och blandningar med hästgödsel.

Strömaterial/ möjligt strömaterial	TS [%]	VS [%TS]	Metan- potential [l/kg VS]	C:N kvot	Referens
Använt barrträströ	31,2	92,8	71±22		Wartell et al. (2012)
Höhästgödsel: Träflis (2:1)			71,6±4,5		Böske et al. (2015)
Höensilagehästgödsel: Träflis (2:1)			61,8±7,8		Böske et al. (2015)
Träpellets	89,32	87,45	21	722,63	Mönch-Tegeder et al. (2013)
Sågverksdamm	83,2	82,9	17	642,85	Mönch-Tegeder et al. (2013)
Träpellets	85	99	20	72	Olsson et al. (2014)
Torvmix	48	98	25	39	Olsson et al. (2014)
Halmpellets	85	94	250	62	Olsson et al. (2014)
Halm	81,77-90,98	75,61-85,77	183-237	39,26-105,6	Mönch-Tegeder et al. (2013)
Halmpellets	90,03	85,14	247	69,59	Mönch-Tegeder et al. (2013)
Halm/lin	72,69	67,76	156	57,49	Mönch-Tegeder et al. (2013)
Lin	85,05	83,21	67	85,01	Mönch-Tegeder et al. (2013)
Höhästgödsel: Lin (2:1)			114,5±6,5		Böske et al. (2015)
Höensilagehästgödsel: Lin (2:1)			113,8±11,2		Böske et al. (2015)
Använd vetehalm	93,7±0,0	93,6±0,4	150	39,4±0,2	Cui et al. (2011)
Avfallspapper	94,2±0,02	83,9±0,2	15,3	323,5±12,6	Brown et al. (2012)
Sönderdelat papper				129,3±2,0	Fleming et al. (2008)
Höhästgödsel: Hampa (2:1)			142,3±3,0		Böske et al. (2015)
Höensilagehästgödsel: Hampa (2:1)			134,7±16,1		Böske et al. (2015)

#### **4.3.2 Torv**

Torv har visat sig vara det som kan spridas fortast vid försök gjorda med kompostering av hästgödsel och olika strömaterial (Araiksinen, 2001). Det har också de bästa resultaten vad gäller ammoniakbindande förmåga, fuktabsorption (Jordbruksverket, 2013b) och enligt Araiksinen (2001) även gödselnäringsvärde. Till torvens negativa egenskaper räknas dess dammighet, mörka färg och att den vid komposteringsförsöken hade en heterogen kvalitet (Araiksinen, 2001).

Utrötningsförsök på olika strömaterial som gjordes i samband med samrötningsprojektet som utfördes på Sötåsen (Olsson, et al., 2014) visade att hästgödsel där torv hade använts som strömedel gav ungefär 90 Nml metan/g VS. Undersökningarna visade också att om enbart strömedlet torv rötades så låg metanproduktionen på ungefär 25 Nml metan/g VS. Röttningsförsök med hästgödsel som studerats i översikten av vetenskapliga artiklar har inte med torv som ett strömaterial (Mönch-Tegeder et al., 2013; Böske, 2014, 2015; Kusch 2008).

#### **4.3.3 Halm och lin**

Resultat i röttningsförsök (Mönch-Tegeder et al., 2013) visar att när ren halm rötas ger den i tre av fem röttningsförsök största metanmängden medan själva hästgödseln ger något lägre metanmängd och blandningen halmströ och gödsel ger ett resultat som ligger mellan de båda ingående substanserna.

Satsvisa utrötningsförsök som gjordes i samband med samrötningsprojektet som utfördes på Sötåsen (Olsson, et al., 2014) visade att hästgödsel där halm hade använts som strömedel gav mer än dubbelt så mycket metan som övriga undersökta strömedel. Undersökningarna visade också att om man rötade enbart strömedlet halmpellets så låg metanproduktionen på ungefär samma nivå per gram VS som om man hade rötat halmpellets med gödsel. Detta var inte fallet för träpellets och torv, där strömaterialen gav en lägre metanproduktion om det rötades enskilt.

Halm i en blandning med hästgödsel har i experiment gjorda av Böske et al. (2015) visat sig ge 245,7 l metan/ kg VS. Resultaten i enstegs- och tvåstegs- så kallad UASS-rötningsprocess (funktion se avsnitt 5.3 Torr process) som genomfördes i samma projekt visade att termofil rötning av hästgödsel och halm gav mer metanmängd och högre metanhalt än i den mesofila röttningsprocessen av samma substrat. Sönderdelning av halm och hästgödsel och blötläggning har visat sig öka produktionen av metan medan luftning innan rötningen inte hade någon effekt på metanbildningen i ett torrötningsförsök i laboratorieskala (Kusch et al., 2008). Lin har i experiment gett något mindre metanmängder än hampa (Böske et al., 2015).

#### **4.3.4 Papper**

Forskning om strömaterial för hästar visar att sönderdelat papper har en hög vattenbindande förmåga, bara halmpellets hade högre kapacitet i en studie genomförd av Fleming et al. (2008). Enligt Jordbruksverket (2013b) har torv den högsta uppsugningsförmågan men torv ingick inte i Fleming et al. (2008)-undersökningen. Strimlat tidningspapper och dess kvalitet och komposteringsförmåga utreddes av Araiksinen et al., (2001) och där framgår att en positiv aspekt med tidningspapper var att det inte dammade när det användes i boxarna. Det visade sig att tidningspapper, liksom andra strömaterial som användes i försöken, inte var komposterat till någon hög grad efter en månads kompostering. Endast torvgödseln hade kunnat spridas efter en månads kompostering. På telefon-

katalogpapper som användes som strömaterial och komposterades kunde texten fortfarande läsas efter komposteringsförsök under 65 dagar genomförda av Swinker et al., (1997). En källa beskriver något som kallas för avfallspapper, som man menar är inte återvinningsbart papper, och biogaspotentialen från detta (Brown et al., 2012). Vid torrötning erhöles en låg metanmängd (Tabell 2) medan våtrötning gav 312,4 l metan/kg VS. Papper som hästströ och hur det fungerar i en biogasprocess har den här studien inte hittat något material om. Mer om olika typer av papperspellets och absorptionsegenskaper går att finna i Haglund (2010).

#### **4.3.5 Hampa**

Hampa i en blandning med hästgödsel har i experiment gjorda av Böske et al. (2015) visat sig ge 144,3 l metan/ kg VS.



## 5 Rötning av hästgödsel

Att röta hästgödsel är relativt oprövat i större skala men en del studier som beskriver och utvärderar rötning av hästgödsel har hittats (Tabell 3). Då hästgödsel med sin inblandning av strömaterial har en relativt hög TS-halt är det intressant att studera möjligheten till torrötning men även alternativet att blanda hästgödsel i existerande våtröttningsanläggningar. Båda dessa alternativ finns redovisade i litteraturen och olika metoder har använts i studierna vilkas resultat sammanställts i Tabell 3. Torröttningsstudierna är på det laborativa stadiet medan samrötning i våtröttningsanläggningar har genomförts i större skala. I detta kapitel beskrivs tekniker för rötning av material med hög TS-halt oavsett om anläggningarna rötar hästgödsel eller ej. Studierna visar att användning av halm som strömaterial ger högre metanutbyte än med träströ (Tabell 3).

**Tabell 3.** Egenskaper och metanpotential från hästgödsel. Sammanställning från olika källor.

Substrat	TS (% våtvikt)	VS (% TS)	C/N-kvot	Metan potential (l/kg VS)	Referens
Hästgödsel	30	84		200	Edström et al. (2005)
Hästdynga och halm	32,2-38,0	85,8-89,2		170 <sup>a</sup> 277 <sup>b</sup>	Kusch et al. (2008)
Hästdynga	22,60	87,65	32,12		Kalia & Singh (1997)
Hästgödsel	37,0	83,7		56-133 68-191	Wartell et al. (2012)
Hästgödsel + barrträströ	32,0	79,8		74-148	Wartell et al. (2012)
Hästgödsel	20,67-27,30	18,22-24,72	22,64-37,11	151-191	Mönch-Tegeder et al. (2013)
Höhästgödsel	19,87 (±0,15)	88,31 (±1,08)	34 (±2)	235,4 <sup>c</sup> 78,1 <sup>d</sup>	Böske et al. (2014)
Ensilagehästgödsel	25,89 (±0,23)	82,49 (±1,08)	42 (±1)	222,6 <sup>c</sup> 72,3 <sup>d</sup>	Böske et al. (2014)

<sup>a</sup> Specifikt metanutbyte. L<sub>N</sub> CH<sub>4</sub>/ kg VS<sub>added, FM</sub> FM (färskt material) LN (norm liter)

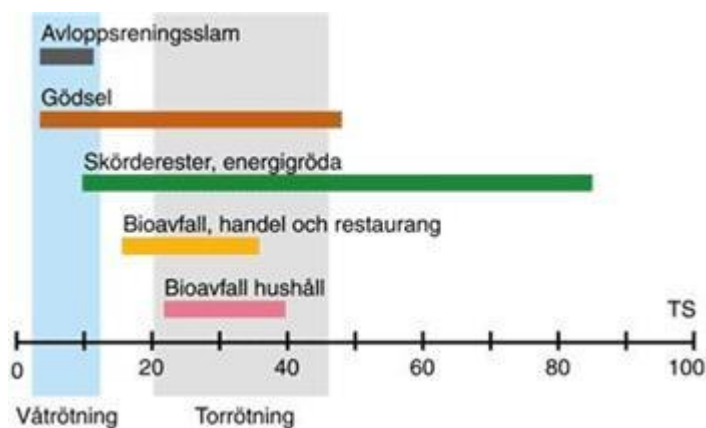
<sup>b</sup> Total metanpotential L<sub>N</sub> CH<sub>4</sub>/ kg VS<sub>added, FM</sub> FM (färskt material) LN (norm liter)

<sup>c</sup> Blandning med vete-halm

<sup>d</sup> Blandning med granflis

### 5.1 Torrötning, våtrötning och tvåfasrötning

Organiskt material som gödsel, matavfall med mera kan rötas med hjälp av olika tekniker. Den nästan helt dominerande tekniken för rötning av organiskt material i Sverige är våtrötning. Vid våtrötning rötas pumbart material (max 12 % torrsbstans). Tekniken lämpar sig väl för till exempel flytgödsel och slam från reningsverk. Torrare material kan våtrötas om de blandas med vätska eller andra material med låg TS-halt. Vid torrötning rötas stapelbara råvaror (ca 30-40 % torrsbstans). Tekniken lämpar sig för till exempel grödor, skörderester och fastgödsel från såväl nöt och svin som häst och fjäderfä. I Sverige finns i dagsläget bara en torröttningsanläggning i drift. I Tyskland finns cirka 300 anläggningar som rötar torrare material, ofta majsensilage (Bioenergiportalen, 2015).



**Figur 1** Lämpliga rötningstekniker för olika material (Bioenergiportalen, 2015).

Torrötning kan utföras satsvis eller kontinuerligt. I satsvis rötning laddas röt-kammaren med substrat som befinner sig i röt-kammaren under hela rötning-processen (det kan röra sig om 4-5 veckor i vissa processer) fram till tömning. Ungefär hälften av det rötade materialet används för att ympa den nya laddningen med substrat. Ympning via ett perkolat kan också förekomma i vissa processer (Tamm & Jarlsvik, 2009).

Satsvisa processer kan vara så kallade enfas eller tvåfasprocesser. I enfas-systemet lakas lakvatten ur den fasta delen av substratet och återförs till samma rötning-skammare som det bildades i. I tvåfas-system sker hydrolysen och acidifikationen i den fasta delen av substratet och lakvattnet transporteras till en metanbildningstank (Mumme et al., 2010).

Kontinuerliga system kan bestå av s.k. pluggflödessystem där allt material har lika lång uppehållstid eller totalomblandade system, där substratmängden stannar olika lång tid i reaktorn. Båda processerna matas kontinuerligt på med nytt material (Tamm & Jarlsvik, 2009).

Det finns också koncept som kombinerar torr och våt teknik, s.k. tvåfas-system. Här lakas substratet ur med en perkolatvätska som sedan röts i en så kallad UASB-reaktor. Detta är en teknik som används i vattenreningsbranschen för att rena bort föroreningar (muntl ref Lundberg 2015-02-20). Denna uppdelning kan göra rötning-processen mer stabil, men det kan vara svårt att separera fasernas olika biologiska processer. För substrat som är fasta och bryts ner långsamt är det bättre att använda ett system med bara en fas eftersom substrat som bryts ner långsamt kan vara svårare att dela in i olika faser. En ytterligare fördel med enfas-system är att det ofta blir billigare (Kusch et al., 2008).

Fördelar med torrötning jämfört med våtrötning som nämns i litteraturen är bland annat att det inte krävs lika mycket utrymme för rötning-processen eftersom substratet innehåller mindre vatten. Det krävs dessutom mindre processenergi tack vare den mindre volymen genom att bland annat uppvärmningsbehovet minskar. Andra fördelar är ett minskat transportbehov, mindre lukt, lägre vattenanvändning samt att färre rörliga delar krävs i rötning-anläggningen (Liew et al., 2012, Kusch et al., 2011). En torrötning-anläggning torde också vara mer robust och mindre störningskänslig eftersom substratet inte pumpas i anläggningen. Vidare skulle, som tidigare framgått, kravet på avancerad förbehandling vara lägre.

## 5.2 Våt process

Att blanda in torra avfallsslag i existerande våtröttningsanläggningar är ett alternativ som undersöks och redovisas i litteraturen vad gäller utökad behov av substrat för biogas, behov av behandling av torra organiska avfallsslag och teknikutveckling för torra biogas-substrat (Edström et al. 2005; Olsson et al., 2014; Cui et al., 2011).

SBI (2012) hävdar att flytgödsel är den enklaste formen av gödsel att hantera då den kan samlas upp och transporteras med tankbil. Om substratet består av fastgödsel krävs att biogasanläggningen tekniskt kan hantera detta substrat och att djupströbäddar inte har spån som ingående strömaterial. Spån i sig har ingen biogaspotential och spån ökar risken för sedimentering i röt-kammare. Biogaspotentialen per kilo är störst för fastgödsel då det har ett lågt vatteninnehåll. Nötgödsel är rik på metanbildande bakterier och utgör därför en bra bas i en samröttningsanläggning.

Rötning av hästgödsel, främst vid våtrötning, redovisas i ett antal forskningsstudier (Mönch-Tegeder et al., 2014; Kalia & Singh, 1998; Wartell et al., 2012) och rapporter (Olsson et al., 2014; Edström et al., 2005) där metanpotentialen från hästgödsel (träck och strömedel) undersöks samt hur substratet beter sig i biogasprocessen.

På Sötåsens naturbruksgymnasium i Töreboda finns en biogasanläggning där det normalt sett rötas kogödsel och ensilage. I ett projekt som utfördes av institutet för jordbruks- och miljöteknik (JTI) på skolans biogasanläggning år 2013 undersöktes möjligheten att samröta kogödseln med gödsel från hästar. Informationen som följande stycken är baserade på kommer från rapporten ”Samrötning av hästgödsel med nötflytgödsel” (Olsson et al., 2014).

Den gödsel som normalt sett rötas på biogasanläggningen kommer från gymnasiets ca 70 mjölkkor. Det sker ingen hygienisering av gödseln. Det finns två röt-kammare på 260 m<sup>3</sup> styck, och röt-kammarna är seriekopplade. Den andra röt-kammaren fungerar som en efter-röt-kammare. Det finns vissa skillnader mellan röt-kammarna, bland annat så är det enbart den första röt-kammaren som har en bottenomrörare. Båda röt-kammarna är däremot utrustade med ytomrörare. Den första röt-kammaren är utrustad med ett uppvärmningssystem medan den andra istället har ett kylsystem. Innan substratet pumpas in i röt-kammaren förvaras det tillfälligt i en pumpbrunn. Naturbruksgymnasiet använder i första hand den producerade gasen för att producera elektricitet och i andra hand till produktion av värme.

I projektet med samrötning av hästgödsel och nötflytgödsel blandades först hästgödsel och rötrest i en pumpbrunn för att skapa ett pumpbart substrat. När substratet blandats i tillräcklig utsträckning fick det ligga stilla ett tag för att låta diverse föroreningar sjunka till botten. På detta sätt minskades mängden föroreningar in i röt-kammaren (Olsson et al., 2014).

Inom ramarna för projektet undersöktes mängden metan man fick ut från hästgödseln, samt hur mängden varierade beroende på vilket strömedel som användes. Detta genomfördes dels i full skala på naturbruksgymnasiets biogasanläggning och dels genom utrötning i laboratorium. Olika typer av strömedel kan användas för hästgödsel. I detta projekt användes hästgödsel kombinerat med halm, spån eller torv.

Det genomfördes även ekonomiska beräkningar för att avgöra om biogasanläggningen skulle behöva ta ut en avgift för att ta emot och behandla gödseln. Det visade sig att detta påverkas av hur stor del av gödseln som har halm som strömedel, vilket beror på att halm

genererar mer metan än övriga undersökta strömedel. Mer halm som strömedel innebär alltså lägre kostnader för hästhållaren. Resultatet visar att det under vissa förutsättningar kan vara möjligt för en hästhållare att lämna sin gödsel till en biogasanläggning utan någon kostnad. För detta skulle det dock behövas en större anläggning än den som finns på naturbruksgymnasiet Sötåsen (Olsson et al., 2014).

### 5.3 Torr process

På senare år har intresset för att röta torra avfallslag ökat, t.ex. matavfall från samhällen (Li et al., 2011, Cho et al., 2013, Forster-Carniero et al., 2007). Även försök med torrrotning av hästgödsel och använt strömaterial förekommer i litteraturen (Kusch et al., 2008; Böske et al., 2014, 2015; Cui et al., 2011).

Resultaten i Kusch et al., (2008), där hästgödsel och halm rötades i laboratorieskala i ett torrrotningssystem med både perkolering och blötläggning, visade att sönderdelning av halm och hästgödsel och blötläggning ökade produktionen av metan medan luftning innan rötningen inte hade någon effekt på metanbildningen (Kusch et al., 2008).

Svårigheter med att utvinna biogas ur hästgödsel tas upp i några av artiklarna som har studerats. För material med hög fiberhalt, som riskerar att skapa problem i våtröttningskammaren, till exempel använd halm, lämpar sig torrrottningsprocesser (solid-state anaerobic digestion, SS-AD) bättre enligt Cui et al. (2011). I torrrottningsprocessen är TS-halten (torrsbstanshalten) 20-55% medan den är under 15 % vid våtrötning (liquid anaerobic digestion, L-AD). Fördelar med torrrottningsprocessen som nämns är det inte finns några rörliga delar i röt-kammaren, den behöver mindre energi för uppvärmning och det bildas inget eller mycket lite lakvatten. Rötning av använd halm som genomfördes med torrrotningsteknik gav som mest ca 56 % högre metanmängd än oanvänd halm med ca 150 l metan/kg VS (Cui et al., 2011). Det går tvärtemot de resultat som Mönch-Tegeeder et al. (2013) har i sin undersökning där ren halm hade större metanbildningspotential än använd halm.

I Böske et al., (2014, 2015) beskrivs hur hästgödsel rötas i en så kallad UASS-process (upflow anaerobic solid-state reactor). Denna process består av en kombination mellan en fast/torr process och en kontinuerlig drift. I en UASS-reaktor fylls substratet kontinuerligt på i nederdelen av reaktorn och rötresten plockas ut i toppen av reaktorn. Lakvattnet cirkulerar uppåt i reaktorn och passerar sedan två anaeroba filter där biogas tas ut. Biogas tas också ut i UASS-reaktorn (Mumme et al., 2010). Termofil rötning av halm och höhästgödsel gav högre metanmängder och metankoncentrationer än mesofil rötning i UASS-försöken (Böske et al., 2015).

I litteraturstudien har vi endast träffat på en anläggning som torrrotar hästgödsel i Tyskland (Wennerberg & Dahlander, 2013), dock utan att hitta mer information om denna. Vi har därför valt att beskriva två torrrottningsanläggningar för matavfall. Den ena ligger i Söderhamn och är tänkt att behandla hästgödsel vid full kapacitet. Den andra ligger i Mörrum i Blekinge och är den anläggning som varit förebild för den anläggning som planeras i Forsbacka utanför Gävle.

#### **5.3.1 Småskalig torrrotning i Söderhamn**

I Söderhamn har en biogasanläggning byggts som är tänkt att röta matavfall respektive hästgödsel, slam och trädgårdsavfall i olika produktionslinjer (muntl ref Stark 2015-03-13). Processen består av tvåfasrötning där substratet lastas i substratcontainern som stängs

och ansluts till systemet. Den ingående torrhalten på substratet kan ligga på mellan 12 och 90 %. Processvätska pumpas runt och sköljer över och sipprar genom substratet. Lakvattnet från de olika behållarna dräneras och blandas och pumpas till metanbildningskammaren. Processvätskan återförs sen till substratkammarna (e-postmedd. Stark 15-03-18; Processdata biogasanläggningen i Söderhamn, utdrag ur Seriqs leveransavtal till Söderhamn NÄRA).

Biogas anläggningen består av substratkammare, som består av ett antal lastväxlarcontainrar efter behov, en metanbildningskammare på 13 m<sup>3</sup> som är ett så kallat UASB-steg (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) med mikroorganismer och en teknikcontainer med styrdatorer, elektronik., pumpar, ställdon, värmeväxlare mm. (e-postmedd. Stark 15-03-18; Processdata biogasanläggningen i Söderhamn, utdrag ur Seriqs leveransavtal till Söderhamn NÄRA).

Målet med anläggningen är att behandla 2 200 ton matavfall per år och utvinna 200 000 Nm<sup>3</sup> biogas per år med en metanhalt på minst 75 %. Den kompletta anläggningen ska byggas i steg där rötningen av matavfallet är del 1, uppgradering av gas är del 2 och behandling av 3000 ton slam och 1500 ton hästgödsel/trädgårdsavfall är del 3 och 4 av den kompletta anläggningen (e-postmedd. Stark 15-03-18; Processdata biogasanläggningen i Söderhamn, utdrag ur Seriqs leveransavtal till Söderhamn NÄRA).

Under våren 2015 är två substratkammare med matavfall i drift och målet är att fylla containrarna med 35 ton per container. En tredje container ska kopplas in i processen under våren 2015. Än så länge ligger behandlad mängd matavfall på 800 ton per år och gaskvaliteten på 75,4 % (e-postmedd. Stark 15-03-18). Processen har körts med en psyrofil bakteriekultur, som arbetar upp till 20°C men med vad som visats sig vara för liten mängd bakteriekultur. Därför har 6000 liter av en mesofil bakterieflora (37-gradig) adderats men för att spara på uppvärmningskostnader från den elpanna som används idag kördes processen på lägre temperaturer än det mesofila intervallet. Processen har inte fungerat så bra vid den lägre temperaturen (muntl. ref. Lidén 2015-02-20). För att få en bättre fungerande process och för att försöka nå målen med biogasanläggningen har Söderhamn Nära startat ett utvecklingsprojekt för anläggningen tillsammans med JTI (Institutet för jordbruks- och miljöteknik). JTI genomför två biogasprocesser, en i 20-gradig temperatur och en i 37-gradig temperatur, som motsvarar fullskalanläggningen i Söderhamn i laborativ skala med samma material i processen (matavfall och granuler). Granulerna är inköpta från Holland och är anpassade till en 37-gradig process. Det finns erfarenheter från andra anläggningar där det fungerar att köra processen med UASB-teknik på lägre temperaturer och eftersom energibehovet i så fall kan minskas är detta av intresse. En lägre temperatur medför dock en längre uppehållstid i röt kamrarna vilket medför att det krävs fler substratkammare för att kunna hantera inkommande matavfall (e-postmedd. Stark 15-03-18).

### **5.3.2 Storskalig torrötning i Mörrum**

Torrötningssystemet i Mörrum ägs av företaget Västblekinge Miljö AB (VMAB) som i sin tur ägs gemensamt av Karlshamns kommun, Olofströms kommun och Sölvesborgs kommun. Dessa tre kommuner har sedan 1980-talet komposterat hushållsavfall. Från början separerades avfallet som skulle komposteras mekaniskt, men när den gemensamma deponin stängdes år 2010 infördes istället källsortering av hushållsavfallet. Totalt inkommer nu 73 000 ton matavfall per år som behandlas biologiskt genom

antingen kompostering eller rötning (Personlig kommunikation Sternsén 2013-08-14; VMAB, 2013), Figur 2.



**Figur 2** Mottagningsficka  
(Foto: Åsa Hadin)



**Figur 3** Stjärnsikt  
(Foto: Åsa Hadin)

Biogasanläggningen i Mörrum består av flera olika processer. Substratet som används på anläggningen består av matavfall och trädgårdsavfall från kommunerna, och det planeras att totalt 20 000 ton av avfallet som samlas in ska rötas varje år. När substratet anländer till anläggningen så krossas det först för att beståndsdelarna ska bli mindre, och sedan sker en utsortering av plast med hjälp av en stjärnsikt, figur 3. Mängden rejekt uppskattas till ca 10 % av det totala, och denna del går istället till förbränning.

En utsortering sker även av det organiska materialet, där bitar som är större än 80 mm sorteras bort. Substratet, med en TS-halt på 30 %, förvaras efter utsortering tillfälligt i ett förvaringsutrymme för att sedan transporteras vidare till en rötchammare där det matas in med hjälp av skruvpressar. I anläggningen finns två stycken rötchammare på 800 m<sup>3</sup> var, och varje rötchammare fylls på kontinuerligt. I varje rötchammare flyttas substratet långsamt framåt allteftersom mer substrat matas in, och det sker även en viss omrörning. Inget vatten tillförs under processen, vilket är anledningen till att rötchammarnas volym kan hållas relativt låg jämfört med rötchammare i en våtröttningsanläggning. Biogasprocessen i rötchammarna är termofil och håller sig kring 55°C. Uppehållstiden är 27 dagar och den totala produktionen är ca 210 m<sup>3</sup> biogas per ton avfall. Av den totala mängden gas så används ca 10 % till uppvärmning under röttningsprocessen.

När röttningsprocessen är klar så har man utöver biogas även en rötrest. Rötresten från anläggningen är delvis flytande och delvis fast. Den flytande (3 000 m<sup>3</sup>) delen har en TS-halt på ca 3-4%. Biogödseln används av jordbrukare och hämtning sker två gånger per år. Den fasta delen av rötresten blandas med trädgårdsavfall och kallas för komposteringsmaterial. Totalt produceras cirka 8000 ton komposteringsmaterial per år. Det är inte känt om denna del komposteras eller om den används till något annat ändamål.

Biogasen uppgraderas i en våtskrubber. Under denna process används vatten för att separera metan och koldioxid så att man bara har kvar den användbara delen. Under uppgraderingsprocessen används även ett kolfilter för att minska dålig lukt.

## 6 Avsättning för biogödsel

Rötning ger två produkter: biogas och biogödsel. Medan avsättningen för biogas (uppgradering till fordonsgas och användning som drivmedel för bussar och bilar) är relativt enkel (men möjligen dyr) att åstadkomma så bjuder avsättningen för biogödsel på fler utmaningar. En utmaning regionalt är att Gävleborg är ett skogslän, d.v.s. det finns inte obegränsade mängder åkermark att tillgå. En annan utmaning är att inom ett rimligt avstånd från en röttningsanläggning hitta lantbrukare som är positivt inställda till att använda biogödsel och kan väga nyttan mot kostnaden. Ytterligare en utmaning är att kvalitetssäkra produkten avseende näringsinnehåll och att den underskrider gränsvärden för icke önskade ämnen. En annan aspekt är vilka krav som ställs på spridningsutrustningen som ska användas.

### 6.1 Tillgänglighet och behov av åkermark

Relevanta aspekter med avseende på avsättningen för biogödseln har identifierats till hur mycket jordbruksmark som finns inom ett visst avstånd från en tänkt anläggning. Detta kallar vi maximal potential, d.v.s. teoretiskt maximal åkerareal att sprida biogödsel på. I det här arbetet har vi specificerat den totala åkerarealen inom länet då det främst är åkerareal som behöver växtnäring även om det på företag med djur även får spridas gödsel på betesmarker.

Utifrån denna areal finns det en rad faktorer som begränsar vilken areal som faktiskt kan användas. Begränsande faktorer är de typer av odling som bedrivs, uppsättningen djurhållningsgårdar (som redan har egen gödsel) respektive växtodlingsgårdar (som skulle kunna använda biogödsel), vattenskyddsområden med mera. Det är denna begränsade potential som är den verkligt tillgängliga. I det här arbetet har åkerarealen antagits vara möjlig att sprida gödsel på, förutsatt att den lagstiftning som finns för detta efterföljs. Antalet företag med djur har identifierats och den åkerareal som de omfattar. Vattenskyddsområden i länet på åkerareal har inte geografiskt eller storleksmässigt kunnat fastställas.

I det sista steget beräknas den spridningsareal som faktiskt behövs utifrån beräknat antal djur med hjälp av länsstyrelsen och det program som används för att beräkna gårdars spridningsareal, STANK in mind. Med hjälp av dessa sätt kan man fastställa om det finns tillräcklig spridningsareal eller ej.

#### **6.1.1 Maximal potential**

I Tabell 4 redovisas den totala mängden åkermark för alla kommuner inom Gävleborgs län. För att tydliggöra att det kan ske förändringar över tid har data från 1994 och 2003 lagts in utöver den senaste informationen från 2014. År 2004 finns inte med i Jordbruksverkets statistikdatabas, vilket är anledningen till att det inte är samma intervall mellan årtalen.

Informationen visar att den totala mängden åkermark minskar för samtliga kommuner i länet. Minskningen var i nästan samtliga fall större mellan 1994-2003 än vad den var mellan 2003-2014, med undantag för Ljusdals kommun där minskningen var något större under den senare perioden. Detta skulle kunna tolkas som att minskningen av total jordbruksmark åtminstone har saktat in lite jämfört med tidigare.

**Tabell 4.** Total åkermark i Gävleborgs kommuner 1994-2014 (Källa: Uppgifter från Jordbruksverkets statistik 2015)

Kommuner i Gävleborgs län	Summa åkermark (ha) 1994	Summa åkermark (ha) 2003	Summa åkermark (ha) 2014
Ockelbo	3 406	3 138	3 016
Hofors	3 110	2 894	2 756
Ovanåker	6 209	5 905	5 793
Nordanstig	6 175	5 166	5 171
Ljusdal	9 067	8 703	8 331
Gävle	5 432	5 088	5 022
Sandviken	9 257	8 940	8 686
Söderhamn	5 761	5 164	4 852
Bollnäs	12 404	11 640	11 532
Hudiksvall	13 814	12 558	12 061
<b>Summa</b>	<b>74 635</b>	<b>69 226</b>	<b>67 220</b>

Minskningen av åkerareal i Sverige har pågått under en längre tid samtidigt som antalet jordbruksföretag också minskar, eventuellt är det mindre åkerskiften långt från företagets brukningscentrum med sämre avkastning som läggs ned eller görs om till betesmarker (e-postmedd. Svensson 2015-04-17).

### 6.1.2 Begränsad potential

Begränsad potential för spridning av rötad hästgödsel beror på

- Andel åkermark som ligger i träda
- Andel åkermark inom vattenskyddsområde
- Andel växtodlingsgårdar utan egna djur
- Andel gårdar med ekologisk odling.

#### Mark i träda

Gödsel får spridas inom den spridningsareal som jordbruksföretaget har. Spridningsarealen är åkermark tillgänglig för spridning av gödsel. Träda och mark där gödselspridning är förbjuden eller olämplig, till exempel på grund av närhet till ytvatten eller vattentäkt, får inte räknas in i spridningsarealen. Betesmark får räknas med som spridningsareal om betesdjur finns på företaget, men bara till så stor andel som betet utgör av djurens årliga foderstat (Miljöhusensyn, 2014). Mark som låg i träda i länet 2012 var enligt Jordbruksverkets statistik (2014-04-16) 3587 hektar. År 2014 var den arealen 3 033 hektar. Betesmark i länet uppgick år 2012 till 5 656 hektar och 2014 var den totala betesmarken 5 511 ha (Jordbruksverkets statistikdatabas 2015-04-19).

#### Mark inom vattenskyddsområde

I Handboken om vattenskyddsområden från Naturvårdsverket (2011) ges råd och vägledning för att främja och skydda tillgången på dricksvatten. I skyddsföreskrifterna för vattenskyddsområden kan förbud meddelas mot till exempel spridning av gödsel (Naturvårdsverket, 2011).

Inom länet finns vattenskyddsområden som fastställs av länsstyrelsen efter krav från vattentäktens huvudman. Det kan röra sig om grundvattentäkter, sjöar eller vattendrag. Alla vattentäkter som försörjer fler än 50 personer eller levererar mer än 10 m<sup>3</sup> vatten per



dygn ska skyddas. Vilka fastigheter som omfattas av vattenskydd anges i specifika vattenföreskrifter för respektive område i Gävleborgs läns författningssamling (Länsstyrelsen Gävleborg 2014-09-12). Det rör sig om ca 65 fastigheter/områden som omfattas av vattenskydd i länet idag (Länsstyrelsen Gävleborg, 2015-03-26).

Exempel på restriktioner inom vattenskyddsområden är tex att upplag för gödsel kräver tillstånd från miljönämnden, att gödsel inte får spridas på tjälad mark och att jordbruksverkets riktlinjer för gödsling ska följas (21FS 2006:33). Gödselstäder får bara anläggas om betryggande åtgärder mot grundvattenförorening enligt anvisningar från miljö- och hälsoskyddsnaämnden vidtas. Naturgödsel får spridas i en omfattning som behövs för ett normalt nyttjande av jordbruk (21FS 1986:28).

### Jordbruksföretag utan egna djur

Jordbruksföretag med växtodling som odlar konventionellt kan använda olika mineralgödselmedel med kväve, fosfor och kalium i olika proportioner, stallgödsel, grön gödslingsvallar eller biogödsel samt avloppsslam om detta är REVAC-certifierat och att produkternas användningsområde inte omfattas av ytterligare försiktighetsregler (Albertsson, 2013). Jordbruksföretag med växtodling men utan egna djur har inte eget naturgödsel/stallgödsel att tillgå och de utan djur kan därför vara mer intresserade av att ta emot biogödsel. I till exempel Gävle kommun finns det 84 företag med 1922 ha åkermark där man inte har djur (Tabell 5).

**Tabell 5.** Åkermark på jordbruksföretag med och utan djur 2014 (Uppgifter från lantbruksregistret 2012 via e-post Svensson, 2015-04-13). Ekologisk odlad åkermark 2013 (Jordbruksverkets statistik 2015-04-23).

Gävleborgs län						
Kommun	Företag som har djur		Företag som inte har djur		Summa	Ekologisk
	Total åkermark (ha)	Företag med åkermark	Total åkermark (ha)	Företag med åkermark	åkermark (ha)	odling (ha)*
Ockelbo	1 804	50	960	60	2 764	649
Hofors	1 136	40	1 366	58	2 502	..
Ovanåker	5 805	133	562	53	6 367	960
Nordanstig	4 275	104	790	79	5 065	913
Ljusdal	6 676	181	1 210	106	7 886	2 879
Gävle	3 327	101	1 922	84	5 249	1 812
Sandviken	5 812	149	2 970	182	8 782	1 778
Söderhamn	3 313	96	1 351	91	4 664	1 003
Bollnäs	9 498	166	2 710	138	12 208	1 936
Hudiksvall	9 546	211	2 018	132	11 564	3 278
<b>Summa</b>	<b>51 192</b>	<b>1 231</b>	<b>15 859</b>	<b>983</b>	<b>67 051</b>	<b>15 208</b>

\* Totalt omställd/under omställning åkermark Statistiken omfattar arealer jordbruksmark som brukas med ekologiska produktionsmetoder och som uppfyller kraven enligt Rådets förordning (EG) nr 834/2007 av den 27 juni 2007 om ekologisk produktion och märkning av ekologiska produkter. Uppgifterna har rapporterats till Jordbruksverket av de tre godkända kontrollorganen inom jordbruksområdet i Sverige (Kiwa Sverige AB, SMAK AB och HS Certifiering AB).

Tabell 5 visar att den allra största delen av den tillgängliga åkermarken finns hos företag som har djur, vilket innebär att dessa företag har gödsel. Till vilken grad de har gödsel framgår inte av de uppgifter vi har. En mindre del av företagen har inte några djur och måste därmed fylla hela sitt gödselbehov på något annat sätt. Detta behöver dock inte

nödvändigtvis innebära att företagen är intresserade av att ta emot biogödsel, men det visar att behovet av gödningsmedel av något slag existerar. Det är även möjligt att företagen som har egna djur behöver gödningsmedel utöver den egna gödseln eller att företag har överskott av växtnäring och kan sälja till andra företag i behov av mer växtnäring.

Totala arealen åkermark i Gävleborgs län uppgår till drygt 67 000 hektar (Tabell 5) och det är särskilt de företag som inte har djur (ca 16 000 ha) eller de som odlar ekologiskt (ca 15 000 ha) som kan ha användning av hästgödsel i sin rötade form som gödselmedel. Det är inte känt hur stor del av de ekologiska odlarna som har djur.

I informationsinsamlingen för statistiken efterfrågas areal brukad åkermark, vilket innebär att både till hög grad brukad mark, och mark som bara hålls öppen ingår i statistiken (e-postmedd. Svensson 2015-04-17). Anledningen till att den summerade totala åkermarken (kolumn summa åkermark) inte stämmer mellan Tabell 4 (67 220 ha) och Tabell 5 (67 051 ha) är att statistiken i Tabell 4 beräknas genom förlägga åkerarealen exakt där den är belägen medan i Tabell 5 beräknas statistiken utifrån att åkerarealen förläggs där företagets brukscentrum ligger (e-postmedd. Persson 2015-04-20). Jämförelser med statistik från 2012 visar att den åkerareal som odlas ekologiskt ökar och även den åkermark som finns på företag som har djur.

#### **Användning av gödselmedel inom ekologisk odling**

Ekologisk odling grundar sig på att hushålla med och recirkulera växtnäringen på gården från i första hand de egna djuren och en närande växtnäringsföljd med vallen som grund. Mineralgödselmedel får inte användas men stallgödsel från andra gårdar kan användas, även vissa från inte ekologiska gårdar. De flesta ekologiska gårdar har egna djur och då ska minst 60 % av fodret produceras på den egna gården. Vaxtnäringsförsörjningen är främst ett problem för ekologiska gårdar utan djur (Jordbruksverket, 2015-04-17).

Vid KRAV-certifierad växtodling får rester från växtodling och djurhållning, till exempel gröngödsling eller stallgödsel, användas. Detta är så kallade organiska gödningsmedel. Andra exempel på organiska gödselmedel är halm, växtrester och vall. Torv får bara användas i trädgårdsodling och stallgödsel från vissa djur, till exempel djur i bur, får inte användas (KRAV 2015-04-19).

Rötrest från biogasanläggning som rötat tillåtet stallgödsel får användas som gödselmedel vid ekologisk odling om substraten som rötas är tillåtna vid ekologisk odling. Om tillåten och otillåten gödsel rötas tillsammans får den andel som motsvarar den tillåtna mängden användas i ekologisk odling. Minst 5 % av mängden rötat material ska komma från ekologisk produktion. Avföring eller avloppsslam får inte ingå i det rötade materialet (KRAVs regler, utgåva 2015).

Om total jordbruksmark söks i Jordbruksverkets statistik ger det att det i Gävle kommun finns 1870 hektar jordbruksmark omställd till ekologisk odling. I jordbruksmark ingår åkermark och betesmark (Jordbruksverket, 2013d).

Det är ca 20 % av åkermarken i Gävleborgs län som brukas ekologiskt (muntl. ref. Westlin A. 2014-05-14). Det samstämmer i stort med resultatet om procentantalet från uppgifterna i Tabell 5 räknas ut (23 %). Av det ovan nämnda är hästgödsel ett tillåtet gödselmedel vid ekologisk odling om inte torv används som strö, som bara är tillåtet vid trädgårdsodling.

### 6.1.3 Faktiskt arealbehov

Behovet av spridningsareal bestäms av mängden gödsel och vilken giva (gödslingsintensitet) som används. Det kan också finnas innehåll av oönskade ämnen (t.ex. tungmetaller) i gödseln som sätter en gräns för hur mycket biogödsel som kan spridas per hektar vilket också påverkar arealbehovet. Beräkning av mängden gödsel beror direkt av hur mycket djur det finns som alstrar gödsel. I kolumnen (Tabell 5) där åkermark på företag som har djur redovisas ingår även jordbruksföretag som har hästar och fjäderfä. Det är 3 700 hästar som finns med i Jordbruksverkets statistik för hästantalet i länet. De finns på och är ägda av jordbruksföretag eller är uppstallade på företaget och ägda av andra. Tillförseln av fosfor via stallgödsel och andra organiska gödselmedel är begränsad till högst 22 kg per hektar och år i genomsnitt över en femårsperiod. I känsliga områden får mängden kväve som tillförs inte överstiga 170 kg totalkväve per hektar och år (Jordbruksverket 2015).

Med hjälp av beräkningar genomförda av växtnäringsrådgivare på Länsstyrelsen i programmet Cofoten/Stank in mind, Jordbruksverkets statistik 2014-04-28 på antal husdjur efter kommun och djurslag 2013 har den befintliga mängden gödsel från länets djur beräknats. Cofoten/Stank in mind är ett program för att genomföra växtnäringsbalanser och beräkningar för stallgödsel på gårdar. Det ger ett underlag för att genomföra planering för växtnäringen på den specifika gården (Jordbruksverket 2014-09-12). I det här fallet har programmet använts för att beräkna mängden gödsel och spridningsareal för hela länet vilket medfört att antaganden om t.ex. typ av gödsel, strömedel, lagringssätt för olika typer av gödsel och anpassningar från statistikens typer av djur till programmets typer av djur har gjorts (Tabell 6). Strömedel har antagits vara 100 % halm (muntl. ref. Westlin, 2014-06-25). Hästgödsel har en torrsbstanshalt (TS-halt) på över 20 % vilket kännetecknar fastgödsel och djupströgödsel som hästgödsel brukar benämnas. Fastgödsel är stapelbar över 1 m och djupströgödsel kan staplas över 2 m (Albertsson, 2013). Hästgödsel går oftast under benämningen fastgödsel men den beter sig mer som djupströgödsel varför djupströgödsel använts vid beräkningarna för lagringskapacitet (Albertsson, 2013; muntl. ref. Westlin 2014-06-25). Enligt beräkningen från STANK in mind/Cofoten räcker växtnäringen i gödsel från länets djur till att gödsla 23 790 hektar, varav hästarna står för 5 597 hektar (Tabell 6).

I Linné et al. (2008) anges att hästgödsel med begränsning motsvarar 50 % av den producerade gödseln. Begränsningarna består i att hästarna vistas på bete en viss del av året och lämnar gödseln på betesmarken samt att hästarna befinner sig utomhus en stor del av dygnet, i rasthagar som mockas vid vissa tillfällen. I ovanstående beräkning av mängden gödsel (Tabell 6) räknas 4 månaders gödsel bort på grund av betesperiod (muntl. ref. Westlin 2014-06-25)

Enligt Tabell 6 alstrar 15 000 hästar  $110\,376\text{ m}^3$  djupströgödsel med halm. Med volymvikten 0,5 ton per  $\text{m}^3$  motsvarar det 55 188 ton gödsel. Det ger en utsöndring av ungefär 27 ton kväve, 552 ton kalium och 83 ton fosfor för alla hästar i länet per år (Jordbruksverket, 2013). Med begränsningen 22 kg per hektar och år skulle denna mängd fosfor räckta till ungefär 4000 hektar (3763 ha) medan Stank in mind beräknar att gödseln skulle räckta till ungefär 5500 hektar (Tabell 6).

**Tabell 6.** Beräkning av spridningsareal [ha], antal djurenheter 2013 och gödselmängder [m<sup>3</sup>] Gävleborgs län (Westlin, 2014-06-25, STANK in mind).

Djurslag	Antal	Fast-gödsel	Urin	Djupströ-gödsel	Flyt-gödsel	Spridningsareal
Mjölkkor	8 909	0	0	0	159 370	6 366
Dikor	6 051	29 531	17 497	0	0	3 362
Gödtjur	7 500	10 200	7 340	0	21 838	1 563
Vallfodertjur	4 500	14 940	11 671	0	27 899	1 607
Yngre kvigor	7 500	7 264	5 086	0	15 281	1 310
Dräktiga kvigor	6 500	11 040	8 442	0	25 989	2 321
Suggor i produktion	96	0	0	351	231	46
Avvanda smågrisar	2 106	0	0	270	0	-
Galtar	8	0	0	39	0	0,8
Slaktsvin	4 338	0	0	0	11 480	452
Värphöns	88 953	0	0	3 349	0	556
Unghöns	2 000	0	0	22	0	5,4
Får	9 063	0	0	10 271	0	604
Hästar	15 000	0	0	110 376	0	5 597
<b>Totalt alla djurslag</b>		<b>72 975</b>	<b>50 035</b>	<b>124 680</b>	<b>312 646</b>	<b>23 790</b>

Som en jämförelse med denna mängd gödsel, som motsvarar en viktig näringsresurs, anger Henriksson et. al. (2012) att det år 2009 fanns 12 biogasgårdsanläggningar som producerade 53 000 ton biogödsel (våtvikt) i Sverige. År 2010 var produktionen från biogasgårdsanläggningar 66 000 ton biogödsel (våtvikt) i Sverige från 14 gårdsanläggningar (Henriksson et. al., 2012).

## 6.2 Biogödselns egenskaper

Biogödsel som bildas efter våtrötning av gödsel, matavfall lantbruksgrödor och andra rena organiska avfall har en liknande konsistens som flytgödsel och är rik på näring och har lågt innehåll av föroreningar. Biogödseln är därför bra att använda som gödningsmedel i jordbruket (Naturvårdsverket 2012). Kvaliteten på biogödseln beror på vilka substrat som rötas i biogasanläggningen och innehåll av eventuella oönskade ämnen i substraten. Föroreningarna i substraten koncentreras i rötresten, t.ex. kan svinggödsel ge höga zinkhalter och potatisrester ge höga kadmiumhalter (Henriksson et. al. 2012). Biogödseln från samröttningsanläggningar har ofta en låg TS-halt och sprids ofta oavvattnad på åkermark. Biogödseln ger ifrån sig mindre lukt än flytgödsel vid lagring och spridning och kan lätt spridas med släpplangsspridare eller med myllningsaggregat. Fast biogödsel sprids som stallgödsel. Spridning av biogödsel innebär en minskad smittspridning då den oftast är hygieniserad (Henriksson et. al. 2012).

### 6.2.1 Tungmetaller

I ekologisk odling ska mängden tungmetaller som tillförs begränsas. Tungmetaller kan tillföras med till exempel gödselmedel och om det finns anledning att anta att mängden tungmetaller kan vara hög ska en analys genomföras på medlet. Tabell 7 anger de maximala mängder som får tillföras åkermarken via inköpta produktionshjälpmedel. Gränsvärdena är ett genomsnitt beräknat på en femårsperiod. Om olika gödselmedel används behöver den totala tillförseln räknas ut (KRAV regler 4.1.7.6).

**Tabell 7.** Gränsvärden för maximal tillförsel av tungmetaller på en femårsperiod (KRAV regler 4.1.7.6)

Ämne	g/ha och år
Bly	25
Kadmium	0,45
Koppar	300*
Krom	40
Kvicksilver	0,8
Nickel	25
Zink	600
Silver	3

\*Om det kan visas att den aktuella åkermarken behöver koppartillskott kan maximalt 1 kg per hektar godtas.

Grunden till certifieringsregler för biogödsel och kompost finns i dokumentet SPCR 120. Substraten kan vara lättnedbrytbara och källsorterade och komma från exempelvis lantbruk och animaliska biprodukter. Ämnen som skadar eller hotar förorena biogödseln ska undvikas. Avloppsslam och latrin kvalitetssäkras inte enligt SPCR 120. Metallhalter i avloppsslam som ska spridas på åkermark regleras i SNFS 1994:2 (Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2015). Systemkraven i certifieringen SPCR 120 omfattar substratet, leverantörer, insamling, transport, mottagning, behandling, distribution och krav på slutproduktens (biogödselns) innehåll av metaller och smittämnen (Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2015).

Henriksson et al., (2015) genomförde analyser på hästgödsels tungmetallhalt och beräkningar på Cd/P-kvot för att bedöma hästgödselns lämplighet som gödsel på åkermark. Hästgödsel visade sig ha en låg kadmiumhalt vilket gav en Cd/P-kvot som låg under gränsvärdet för Revaq-certifierat slam som ligger på 17 mg Cd/P. Hästgödselvärderna på metallinnehåll enligt den studien ligger även under gränsvärdena för SPCR-certifierad biogödsel (Tabell 8).

**Tabell 8.** Metallhalter och kadmiumfosforkvot (Cd/P-kvot) i hästgödsel (orötat substrat). Resultat från Eurofins, ackrediterat laboratorium (Henriksson et al., 2015). Riktvärden för metallinnehåll i biogödsel (Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2015).

Ämne	Innehåll [mg/kg TS]	Mätosäkerhet [%]	SPCR 120 [mg/kg TS]
Fosfor (P)	6 900	15	-
Bly (Pb)	1,3	25	100
Kadmium (Cd)	<0,095	15	1
Koppar (Cu)	30	15	600
Krom (Cr)	<2,4	15	100
Kvicksilver (Hg)	<0,048	25	1
Nickel	<2,4	15	50
Silver (Ag)	<0,95	20	-
Zink (Zn)	99	15	800
Cd/P-kvot*	<13,8		-

\*Beräknat värde (mg)

### **6.2.2 Mediciner**

Statistik över försålda läkemedel till djur år 2013 visar att av de mängder som är sålda till häst finns antimikrobiella läkemedel, antiparasitära läkemedel, hormoner, antiinflammatoriska medel, lugnande medel och vacciner. I statistiken finns både de föreskrivna läkemedlen och de som är uttagna på rekvisition för vilka det inte är känt vilket djurslag de är använda på (Girma, 2014). En sammanställning av statistiken på försålda läkemedel till djur, genomförd i detta projekt, visar att till exempel inom gruppen antimikrobiella läkemedel är 42 % uttaget på rekvisition till okända djurslag vilket gör att det är osäkert att säga något om total mängd medicin till ett enstaka djurslag, till exempel häst (muntl ref Girma 2015-02-23).

Resultat från en studie där tre olika antibiotika tillsattes med experiment med rötning av flytgödsel från gris visade att två av de tre olika antibiotikasorter som testades hämmade metanproduktionen (Lallai et al., 2002). Även resultaten från laborieförsök gjorda av Shi et al. (2011) visar att mängden producerad metan påverkades negativt av antibiotika. Antibiotika används även till hästar men det är inte känt om de preparat som testats i de ovan nämnda forskningsprojekten används till hästar. Antibakteriella medel som benämns tetracykliner köps för att användas till hästar enligt en sammanställning av statistik på försålda läkemedel till djur, men just dessa medel visade inte på någon hämmande effekt i försöken gjorda av Lallai et al. (2002).

Sedan 2007 sker avmaskning av hästar om träckprov, efter analys, visar att avmaskning behövs. Veterinär föreskriver i så fall recept på lämpligt preparat. Tidigare var det rekommenderat att avmaska fyra gånger per år och hästägaren kunde då köpa avmaskningsmedel receptfritt. Hästägare avmaskar sina hästar i genomsnitt 3,2 gånger per år Zeffer, (Utan årtal). Avmaskningsmedel innehåller bland annat ivermektin vilket är ett gift för den spillningsnedbrytande faunan och behandling av häst med avmaskningsmedel påverkar utvecklingen av larver under 40 dagar efter avmaskningen (Naturvårdsverket, 2006). Ivermektinbaserade preparat stod för den största delen av 60 % av apotekets totala försäljning av avmaskningsmedel för häst år 2005. Som läkemedel sett är preparaten effektiva vid låga koncentrationer, de behandlar flera olika parasittyper (bredverkande) och lagras i kroppsfetterna och verkar därför åtminstone i två veckor. Stora mängder av preparaten lämnar hästen onedbrutna men bryts snabbt ned av solljus eller jord (Naturvårdsverket, 2006). Till nackdelarna hör att ivermektinpreparaten är toxiska för fisk och akvatiska miljöer och att preparaten fortsätter vara aktiva inuti spillningshögar. Det gör att preparaten, också på grund av att de är bredverkande, kan påverka andra organismer än de parasiter de ska behandla på ett negativt sätt (Naturvårdsverket, 2006). I den här studien har inte någon information hittats om hur antiparasitära medel (avmaskningsmedel) i hästgödsel påverkar biogasprocessen. Om man följer veterinärens råd för avmaskning ska inte innehållet av avmaskningsmedel vara ett hinder för att sprida hästgödsel på åkerareal (Steineck et al., 2000b).

### **6.2.3 Näringsinnehåll**

Hästgödsel är en gödsel som i stort sett sammanfaller med nötgödsel i kväveeffekt och växtnäringsinnehåll (Tabell 9). Liknande information ger Steineck et al. (2001) som i ett komposteringsprojekt som genomfördes på Wångens trav- och galoppkola fann att komposterad och lagrad hästgödseln eller hästgödsel som bara lagrats innehöll lika mycket fosfor, kalium och kväve som fastgödsel från mjölkkor. Man menade därför att hästgödsel var ett väl lämpat gödselmedel för vall och spannodling. Jordbruksverkets information om näringsinnehåll visar att storleken på häst spelar roll för hur mycket

fosfor som avges; en häst avger 8,9 kg P per år och en ponny avger 6,4 kg P per år. Informationen från Jordbruksverket anger att mjölkkor avger mer fosfor per djur och år med 14,9-19,9 kg P/år medan kvigor, tjurar and stutar avger 8,0 kg P/år (Jordbruksverket, 2011).

**Tabell 9.** Riktvärden för kväveeffekt och växtnäringsinnehåll i stallgödsel, kg per 10 ton gödsel (Albertsson, 2013).

Gödseltyp	N värspridning	Totalkväve	Fosfor	Kalium
Djupströgödsel, nöt	5	54	15	100
Djupströgödsel, häst	5	49	15	100
Djupströgödsel, får	5	95	15	200

I samrötningen som genomfördes i full skala i Sötåsen analyserades växtnäringsinnehåll i olika strömaterial samt i blandning med hästgödsel. Analyserna visar att ammoniumkvävet är högre vid användning av torv som strö medan halmströ ger högre kalium och fosforinnehåll (Tabell 10).

**Tabell 10.** Växtnäringsinnehåll (kg/ton TS) för blandning av strömedel och hästgödsel (Olsson et al., 2014)

	Totalkväve	Ammoniumkväve	Fosfor	Kalium
Hästgödsel och spån	16	3,3	1,3	14
Hästgödsel och torv	23	6,3	1,4	12
Hästgödsel och halm	19	3,2	3,6	18

#### 6.2.4 Biogödsel från våtröttningsprocesser

Biogödseln efter en våtröttningsanläggning är i sin oförädlade form ett flytgödselmedel med samma innehåll av näringsämnen som i de ingående substraten. Biogödseln innehåller mer stabilt organiskt material som höjer mullhalten och ger en förbättrad jordstruktur. Organiska gödselmedel, som stallgödsel och biogödsel innehåller mikronäringsämnen som är viktiga för jordens långsiktiga produktionsförmåga och näringsinnehållet i de producerade växterna. Handelsgödsel ger inte samma mikronäringsämnen som ger god avkastning år efter år. Biogödsel innehåller större andel ammoniumkväve som är mer lättillgängligt för växterna och lättare att anpassa till grödans behov än orötat stallgödsel (SBI, 2012).

Biogödsel från våtröttningsprocesser har en låg TS-halt, till exempel anger Rodhe et al. (2013) att TS-halten på rötad nötflytgödsel är 3,7 och 3,8 vid spridning hösten 2010 och våren 2011. Rötresten efter fullskaleförsöken vid Sötåsen hade en TS-halt på ca 7 % (Olsson et al., 2014).

Efter våtrötning lagras rötresten i gastätt lagringsutrymme där gas kan tas tillvara. Genom värmeväxling tas energin i rötresten tillvara. Rötresten kan fassetteras genom centrifugering eller pressning för att få en fast och en flytande rötrest som kan spridas med den maskinella utrustning som finns på lantbruket, på samma sätt som obehandlad flytgödsel (Nordberg & Nordberg, 2007).

Att spridning av biogödsel kan ske med vanlig spridningsutrustning för urin och flytgödsel anger också en utredning från Svenska renhållningsverksföreningen 2005. Enligt

denna utredning förvarade lantbrukare som spred biogödsel denna främst i gödselbrunnar utan täckning, i vissa fall tillsattes halm för att skapa ett täcke och på så vis minska ammoniakförlusterna (RVF, 2005).

Beräknade resultat i Olsson et al. (2014) visar att tillförseln av hästgödsel höjer koncentrationen av näringsämnen i gödseln vilket ger en möjlighet att minska transportkostnaden per hektar gödslad mark. Hästgödseln konverteras till flytgödsel som är mer lättodoserat och går att sprida i växande gröda. De analyser som tagits på det rötade materialet visar att rötresten har högre halter av ammoniumkväve än både flytgödseln och hästgödseln innan rötningen, men lägre andel totalkväve. Både kalium och fosforhalterna är lägre i det rötade materialet (rötresten) än i den hästgödsel som rötades, mätt i kg per ton (Olsson et al., 2014).

### **6.2.5 Biogödsel från torrötningsprocesser**

Information om torrötning av hästgödsel finns i olika forskningsartiklar (Kusch et al., 2008; Böske et al., 2014, 2015) men dessa har inte gett information om rötresten utan har varit mer inriktade på biogasprocessen, metanpotential och metanutbyte. Nedan beskrivs information som hittats om biogödsel från torrötningsanläggningar som inte rötar hästgödsel.

Vid torrötning fås en fast biogödsel och en flytande rötrest. Efter rötningen lastas den fasta biogödseln ur torrötningskammaren och efterkomposteras, lagras med efterrötning eller sprids. En viss del av rötresten används som ympmaterial, ibland kan det vara så mycket som 50 % som sparas och blandas med den nya omgången material som ska rötas. Hygienisering kan göras genom att rötresten vid kompostering med fritt lufttillträde drivs upp i +70° C. Perkolatvätskan kan spridas som flytgödsel (Nordberg & Nordberg, 2007).

På Skilleby experimentlantbruk i Järna har fastgödsel rötats mellan åren 2004 till 2010. Fastgödsel med en TS-halt på 17,7-19,6 % rötades i en tvåstegs torrötningsanläggning. Efter rötningen separerades rötresten i en våt och en torr fraktion. Den våta fraktionen rötades i en metanbildningsreaktor och användes sedan som ett flytande gödningsmedel. Den fasta fraktionen komposterades och användes som gödsel på växtodling (Granstedt, 2011).

I en studie genomförd av Tamm & Jarlsvik 2009 fick olika företag ge information om deras koncept på torrötningsanläggningar och information om biogödseln. Det sammanställda resultatet visar på att satsvis rötning ger mindre mängd flytande biogödsel än den kontinuerliga rötningen vilket kan bero på att utröttningsgraden är högre i kontinuerliga anläggningar, att avvattningen är effektivare i kontinuerliga processer eller att vetskapen om hur biogödseln kommer vara beskaffad (TS-halten bland annat) är begränsad hos leverantörerna. Den torrare delen av rötresten kan lagras i befintliga lagringsutrymmen och hanteras med hjullastare. Den flytande delen av rötresten behöver lagras i ett rötrestlager (Tamm & Jarlsvik 2009).

### **6.2.6 Hygienisering och smittspridning**

Rötning av gödsel från en egen gård kräver inga förändringar av hanteringen av gödsel med avseende på smittrisken. Rötning innebär i princip alltid att smittrisken blir mindre i jämförelse med spridning av obearbetad gödsel. Ökade risker uppstår när substrat med animaliskt ursprung tas in från andra ställen, t.ex. gödsel, matavfall, slakteriavfall mm.



Det innebär att det krävs en ökad medvetenhet och kunskap om riskerna (Carlsson & Nordström, 2013).

Hästar finns ofta på fastigheter utan mark att sprida gödseln på. För att nyttiggöra gödseln behöver gödseln transporteras och det ökar riskerna för spridning av eventuella smittämnen. Vad gäller innehåll av smittämnen i hästgödsel så är hästbesättningar mer spridda i ålder och har högre medelålder och det kan innebära att immuniteten mot smittämnen är högre hos hästar än hos livsmedelsproducerande djur. Att hästar har mer kontakt med andra hästar och människor ökar exponeringen för smittämnen vilket är oklart om det har betydelse. Smittämnen som hästar teoretiskt kan vara bärare av är t.ex. salmonella, campylobacter, clostridier och cryptosporidium. Det finns fall av antibiotika-resistenta bakterier hos häst i Sverige, men inga av de nämnda smittämnen tros vara något problem i svensk hästhållning idag. Det finns en risk att problemen med artspecifika smittämnen som rodokocker och inälvsparasiter skulle kunna öka vid ökad transport och spridning av hästgödsel (Carlsson & Nordström, 2013). Efter spridning av rötrest, liksom naturgödsel, finns restriktioner för när djur får ha kontakt med ytorna eller skördar får tas på 6 veckor respektive 3 veckor (Carlsson & Nordström, 2013).

### **6.2.7 Gödselmedel för ekologisk odling**

Vid ekologisk odling får gröngödsling och stallgödsel användas som gödselmedel och om gårdens egen gödselproduktion inte räcker till är det tillåtet att ta in tillåtna gödselmedel till gården om inte tungmetaller eller andra ämnen anrikas i marken (KRAV regler 2014-03-27). Det är främst stallgödsel från ekologisk djurhållning som ska användas. Stallgödsel från industrijordbruk ska inte användas och i Sverige gäller det förbudet konventionell gödsel från slaktsvin, burhöns, pälsdjur och nöt i spaltgolvsboxar, gödsel från slaktkycklingar och andra slaktfåglar (Jordbruksverket, 2015). Mineralgödsel inte är ett tillåtet gödselmedel (Jordbruksverket, 2015-04-20) och det kan vara av intresse för ekologiska odlare att använda hästgödsel som rötats för att täcka behovet av växtnäring vid odlingen.

Vad gäller olika strömedel i stallgödseln så får torv bara användas vid ekologisk trädgårdsodling. Sågspån och träflis får bara komma från träprodukter som inte är kemiskt behandlade. Vegetabiliska produkter som t.ex. halm är godkända som gödselmedel.

Vid rötning av otillåtna stallgödselmedel tillsammans med tillåtna stallgödselmedel i en gemensam biogasanläggning får den rötrest som motsvarar andelen tillåten gödsel användas i KRAV-certifierad produktion. Substraten som används i en biogasanläggning, där både otillåtna och tillåtna gödselmedel används, ska till minst 5 % volyms- och årsbasis komma från ekologisk produktion för att få använda rötresten som gödningsmedel i ekologisk odling. Bland substraten får inte gödsel från genetiskt modifierade djur, djur i bur, avföring eller avloppsslam ingå (KRAV, 2014-03-27; KRAV regler 4.3; Jordbruksverket, 2015). Rötresten måste vara tillåtetbedömd eller certifierad enligt KRAVs regler för att användas i ekologisk odling (Jordbruksverket, 2015).

## **6.3 Spridning**

Efter torrrotning fås en rötrest som är uppdelad i en torr del och en våt del, till skillnad från våtrötning där det tillkommer ytterligare processer om man vill ha rötresten uppdelad. Om det i detta steg finns ett behov av hygienisering så kan detta ske genom kompostering, annars kan rötresten lagras i ett tätt utrymme för en efterrötning. För alla steg kommer det att krävas separat lagring och transport just eftersom rötresten är uppdelad i

två faser. När biogödseln ska spridas går det ofta att genomföra med utrustning som normalt sett redan finns på en gård (Nordberg & Nordberg, 2007).

Fördelar med att röta gödseln för att sedan sprida den, istället för att sprida den direkt, är bland annat att det leder till minskad lukt. Det finns vissa skillnader i hur man sprider gödsel beroende på om den är fast eller flytande. Fast rötrest sprids oftast på samma sätt som stallgödsel (troligen avses fast- eller djupströ stallgödsel), medan man kan använda bland annat släpslangspridare för den flytande delen. I viss mån kan olika smittämnen ha försvunnit genom att gödseln genomgått röttningsprocessen, vilket också är en fördel jämfört med om man väljer att sprida obehandlat gödsel (Henriksson et al., 2012).

## 7 Diskussion

Under arbetets gång har vi slagits av hur mycket information det finns om hästar, hästhållning och hästnäringens betydelse i samhället. Det är dock förvånande hur lite som finns beskrivet kring gödsel och gödselhantering. I synnerhet saknas statistik av betydelse för att kunna bedöma miljöpåverkan från hästhållning i allmänhet och gödselhantering i synnerhet. Samma sak verkar vara fallet med rötning; det finns oerhörda mängder information om förbehandling, rötning och i viss mån avsättning för biogödsel, men få har studerat detta för hästgödsel. Nedan diskuterar och sammanfattar vi vad vi vet och vad vi inte vet. Ambitionen är att diskutera utifrån möjligheter och drivkrafter samt hinder och svårigheter. Några kortfattade slutsatser kring hur avsaknaden av viktig information påverkar utförandet av systemanalysen ingår också.

### 7.1 Hästhållning och hästgödsel

#### **7.1.2 Hästarnas antal och lokalisering i Gävleborg**

Antalet hästar och antalet hästhållare har inte kunnat identifieras i projektet vilket medför att de beräkningar som genomförts är antaganden utifrån beräknad statistik. Sammanlagt i länet har vi beräknat/uppskattat att det finns ungefär 15 000 hästar men försök att kartlägga var hästarna finns i länets kommuner har inte lyckats. Enligt beräknad statistik på hästar i Sverige, som ska användas med försiktighet, skulle det innebära att en stor del av dessa hästar, även i Gävleborgs län, befinner sig nära tätorterna. Det kan innebära ett problem med hästallergener och information från en kommun visar på riktlinjer för avståndet till bebyggelse vid hästhållning. Enligt beräknad statistik ökar antalet hästar i Sverige och i Gävleborgs län över tid. Det är dock inget som kan styrkas med information från länsstyrelsen eller från den kommun i länet som särskilt tillfrågats inför detta projekt.

Uppgiften att bestämma antalet hästar och lokalisera dessa i en kommun i länet påbörjades innan detta projekt inleddes genom kontakter med, och studier av dokument från, länsstyrelsen, hästhållare från en tidigare kommuninventering, avelsföreningar angående hästpass, veterinärer med mera. Det är anmärkningsvärt att ett så pass stort djur som omfattas av så pass mycket lagstiftning, som finns nära oss människor och som årligen omsätter stora mängder pengar är så bristfälligt registrerade. Om registerhållningen för hästpassen stramades upp skulle det kunna vara ett sätt att lösa detta problem. I det fortsatta arbetet med systemanalys måste problemet med bristande information om hästantalet hanteras. Antingen räknar vi på de hästar vi faktiskt känner till och då framförallt travbana, ridskolor och hästar inom jordbruket. Möjligen kan vi även inkludera kända hästar hos privatpersoner. Alternativet är att räkna på en given mängd hästgödsel, t.ex. 10 000 ton och relatera alla resultat per ton gödsel. När det gäller lokalisering så använder man kända data för t.ex. ridskolor och trav medan hästar på jordbruk och i privat ägo får antas.

Det finns inte nationell statistik på hur många hästar hästhållarna har men en regional jämförelse visar att hästantalet ligger i medeltal på ungefär 4 hästar per hästhållare i en enkätundersökning från 2002-2003 i Gävleborgs län (Femling, 2003). Över hälften av de svarande hade dock 1-2 hästar. Många hästhållare med få hästar medför en utmaning vid ett eventuellt insamlande av hästgödsel för att använda det som biogassubstrat. I medel fanns ungefär 7 hästar per hästhållare enligt telefonintervjuer med hästhållare i en kommun i länet under 2013 (med en variation mellan 2-90 hästar per hästhållare). Det

kan bero på att hästhållare med ett stort antal hästar är lättare att identifiera, som till exempel ridskolor.

### **7.1.3 Förvaring, hantering och miljöpåverkan**

Det är inte fullständigt känt hur förvaringen av hästgödsel sker hos hästhållarna. I de fall man har problem med att uppfylla de allmänna hänsynsreglerna i Miljöbalken för lagringen av gödsel så kan både hästhållare och miljö tjäna på att hästgödseln tas omhand för att utvinna energi. Ungefär 41 % av hästhållarna med hobbyutövning och 25 % av de professionella utövarna i en undersökning som genomfördes i länet 2002-2003 hade inte en tät förvaring (Femling, 2003). Inom två kommuner i länet har man i olika projekt arbetat under 2014-2015 med att kartlägga hästgödselhanteringen inom områden där vattenresurser behöver skyddas från föroreningar.

Dagens hästhållning och hantering av hästgödsel medför miljöpåverkan i form av utlakning, från hagar och gödselhantering och emissioner till luft men det finns hinder med att kvantifiera miljöpåverkan då det inte är känt hur många som har vilken typ av hästhållning eller hästgödselhantering. Den nationella enkätundersökning som genomfördes på svenska hästhållare 2010 visar dock att den största delen av de tillfrågade i enkäten lagrar hästgödsel med tät förvaring men det finns en del hästhållare (ca en fjärdedel) som lagrar på marken eller i stuka (Enhäll et al. 2012).

I systemanalysen är det osäkert hur väl vi kan beskriva miljökonsekvenserna av dagens hantering. Denna får i så fall hanteras med en del antaganden eller förenklingar, t.ex. mer eller mindre väl fungerande kompostering.

### **7.1.4 Drivkrafter och hinder**

Hästhållningen hos privatpersoner sker till största del som hobbyverksamhet vilket förmodligen påverkar betalningsförmågan för en mer miljöriktig hantering som för en del innebär ökade kostnader för insamling av gödseln. Det ingår inte i projektet att fundera kring vilka styrmedel som kan behövas, men vi betraktar detta som ett hinder för en del av hästhållarna. På många platser har man redan idag en hantering där gödseln läggs i en container vilken hämtas av en entreprenör. I det fallet innebär en omställning inga praktiska hinder, däremot är det svårt att uttala sig om hur kostnaden för hästhållaren skulle påverkas.

Hästgödsel är ett avfall om hästhållaren vill göra sig av med gödsel men klassas som animalisk biprodukt (ABP) vid hantering, kategori 2, på grund av smittoriskerna och ska hygieniseras i 70 grader i en timme i anslutning till rötning. Naturgödsel kan få användas utan hygienisering om Jordbruksverket ger tillstånd till det, till exempel vid rötning av eget gödsel på den egna gården. Det faktum att hästhållare ser gödsel som ett avfall som måste tas omhand är en drivkraft för att ställa om mot ett ökat resursutnyttjande, t.ex. biogas, från gödseln. Det har dock inte gått att identifiera hur stor del av hästhållarna det gäller i länet. Det är inte heller känt hur stor del av hästgödseln som inte används som växtnäring på jordbruksmark, men indikationer i undersökningar och studier pekar på att ridskolor, turridningsföretag och A-tränare inom trav och galopp är i större behov av hjälp med gödselomhändertagandet än hästhållarna i riket. De anger till största del att gödseln tas omhand av lantbrukare och i andra hand av någon annan än lantbrukare (Enhäll et al. 2012).

## 7.2 Strömmaterial och förbehandling av hästgödsel

### 7.2.1 Strömmaterial

Hästgödsel innehåller gödsel, strömmaterial och urin. Vi har inga mätningar på hur mycket strömmaterial som ingår i hästgödseln, men mängderna är förmodligen stora då litteraturen visar att gödseln till 25-90 % utgörs av använt strö. Hampa ger lägst volym hästgödsel per år medan halm ger den största (Araiksinen, 2001). På nationell nivå anges att flest hästhållare använder spån som strömmaterial (Enhäll et al. 2012). Detsamma gäller utifrån de enkätsvar som redovisas för länet i länsstyrelsens (numer avslutade) projekt Hästlyftet (Femling, 2003) och telefonintervjuer med hästhållare i Gävle kommun under 2013 som visar på att spån är det mest använda strömedlet hos de tillfrågade. En del använder fler än ett strömmaterial och i alla studier som studerats inför detta arbete har tillfrågade hästhållare kunnat ange fler än ett alternativ. I telefonintervjuerna i kommunen har hästhållarna fått uppskatta mängden använt strömedel. Ur rötningssynpunkt anger den studerade litteraturen att det är mest fördelaktigt att använda halm, tätt följt av halmpellets (Olsson et al., 2014) medan andra källor anger att spån är svårnedbrytbart vilket gör det svårt att röta.

Vi bedömer att vi har tillräckligt gott om data från litteraturen för att kunna validera en modell för olika strömmaterial. Inblandningen av strömmaterial i gödseln kommer särskilt att undersökas i en form av känslighetsanalys. Vi kommer även att belysa betydelsen av val av strömmaterial med spån och halm som ytterligheter. Vi har också data avseende metanpotentialer som kan användas för att validera modellen.

### 7.2.2 Förbehandling

Vi vet från litteraturen att förbehandling av substrat rent generellt har en positiv effekt på driftsäkerhet, nedbrytning med mera. Vi vet inte vilken typ av förbehandling som är lämplig vid torrrotning, men troligen är den inte avancerad. Torrrotning behöver ingen förbehandling för att få processen att fungera enligt Tamm & Jarlsvik, 2009. I de experiment som studerats i denna studie har Kusch et al. (2008) använt sönderdelning genom en kompostkvarn två gånger och intensiv omblandning innan de rötade hästgödsel. I laboratorieförsöken med enfas och tvåfas kontinuerlig torrrotning, i så kallade UASS-reaktor, är den enda förbehandling som nämns hackning av halmen till en längd under 20 cm (Böske et al., 2015). Av de studerade förbehandlingsmetoderna så vet vi en del om extrusion och ångexplosion som förbehandlingsmetoder för hästgödsel. I det fall vi bedömer att sådan förbehandling behövs eller bör utvärderas så har vi förmodligen möjlighet att få tillgång till färdiga simuleringsmodeller.

### 7.2.3 Drivkrafter och hinder

Av avgörande betydelse har valet av strömmaterial, det visar bl.a. försöken vid Sötåsen. Att hästhållarna i Gävleborg mest använder spån kan ses som ett hinder för utvecklingen. Det kan dock vara så att om många hästägare går över till halm så blir det mer intressant för halmströtillverkare att leverera till vår region och priserna kan pressas. Då halm verkar ha en utbredd användning i södra Sverige ser vi ingen anledning till att det inte skulle vara ett utmärkt strömmaterial även här. I det fall det inte krävs någon omfattande förbehandling, vilket vissa studier pekar på, så är det positivt för en omställning då det minskar investeringsbehovet för en anläggning. Om förbehandling behövs när spån används som strömmaterial så är det förmodligen bättre för biogasprocessen att byta strömmaterial än att investera i förbehandlingskapacitet, särskilt ifall hästägare kommer byta strömmaterial vid en senare tidpunkt, i det fallet har ju investeringen inte gett full nytta. Det finns många

faktorer som påverkar valet av strömedel, priset och tillgängligheten är några, men även uppsugningsförmåga och hur lätt det är att utföra mockningen på grund av materialet spelar roll. Kommunikationen mellan de inblandade parterna vid ett eventuellt användande av hästgödsel som biogassubstrat och hur biogasutvinningen organiseras har betydelse för att hitta fungerande system för energiomvandlingen.

### 7.3 Rötning av hästgödsel

Inventeringen har gett oss en bra bild över olika processutformning där vi kan skilja på våtrötning och torrötning (olika typer: UASS (Böske et al., 2015), batch, kontinuerlig). Batchvis torrötning kan vara av enfas- eller tvåfastyp.

#### 7.3.1 Våtrötning

Hästgödsel innehåller en stor del fiberpartiklar vilket gör att den inte lämpar sig i våta röttningsprocesser då substratet medför igensättning av pumpar och rör (Böske et al., 2015). Ett teknikhinder som uppmärksammas i Cui et al. (2011) är att våtrötningstekniken inte lämpar sig för rötning av fiberrikt material som till exempel halm, då halmen skapar problem i röttningskammaren. Från detta kan man sluta sig till att det i vissa fall ändå kan vara möjligt med lämplig förbehandling, alternativt att en ny anläggning förbereds för detta från början. Utifrån bl.a. röttningsförsök vid Sötåsen har vi data för samrötning av hästgödsel med nötflytgödsel. Även om våtrötningstekniken just nu inte är aktuell i regionen så kommer vi studera detta alternativ i den kommande systemanalysen.

#### 7.3.2 Torrötning

I några experimentstudier har man rötat hästgödsel med hjälp av olika torrötningstekniker. Kusch et al. rötade hästgödsel (2008) enligt batchprocess i olika försök med perkolerande vätska och genom översvämning av ympvätska. UASS-processen användes i laborativ skala av Böske et al. (2014, 2015). I ett regionalt perspektiv har vi varit intresserade av att förstå hur hästgödsel kan rötas i de anläggningar för torr rötning som utvecklas för användning på Långtå i Söderhamn och Mullbacka i Forsbacka. Vi har fått en hel del information om processen i Söderhamn, men vi kan tyvärr inte gå vidare med en modellering i detta projekt och det beror på att röttningsprocessen fortfarande inte fungerar som tänkt, man får inte alls det gasutbyte som utlovats av leverantören som baseras på teoretiska beräkningar. Vi hade hoppats på att man skulle hunnit lösa problemen för matavfall och även hunnit med att röta slam respektive hästgödsel, men det är således inte aktuellt i dagsläget. Därigenom har vi inte de data som behövs för modellering.

I fallet med Forsbacka så genomförs just nu en upphandling av anläggningen. Att modellera baserat på kraven i upphandlingen är inte möjligt utan vi behöver tillgång till tekniska data och specifikationer från vinnande anbud. En variant skulle vara att istället använda data från processen i Mörrum, men även här saknas data. Detta beror dels på att de haft tekniska problem där hygieniseringssteget havererat, något som bland annat fått Gästrike Ekogas att överväga en mesofil process. En annan aspekt är att man inte samrötat matavfall med hästgödsel.

#### 7.3.3 Drivkrafter och hinder

Läget är svåranalyserat. I Söderhamn finns hästgödsel med i planerna men man behöver få ordning på tekniken, det är alltså för tidigt att uttala sig om ifall anläggningen i Söderhamn är en tillgång/möjlighet för rötning av hästgödsel. Liknande kan sägas om Forsbacka där man varken sagt ja eller nej till hästgödsel. Det är mindre troligt att hästgödsel kommer sambehandlas med matavfall med hänsyn till spårbarhet och certifiering av bio-

gödseln, men det är likväl möjligt att hantera hästgödsel separat på anläggningen. Från litteraturen konstaterar vi att UASS-tekniken kan vara positiv för hästgödsel-rötning (Böske et al., 2015).

## 7.4 Avsättning för biogödsel från hästgödsel

### 7.4.1 Arealbehov

De företag som inte har djur i länet och därmed ingen egen gödsel har totalt ungefär 16 000 hektar. Enligt beräkningar utförda i STANK in mind – ett datorprogram som används för att beräkna gårdars växtnäringstillgång och spridningsareal - kan hästgödseln i länet räckta till ca 5 500 ha. Denna siffra baseras på uppgifter om befintlig mängd gödsel från olika djurslag vilka baseras på en del antaganden som till exempel andel hästar, typ av strö (som antagits vara halm) och typen av gödsel hos olika djurslag. Uppgifterna visar att det finns behov växtnäringmässigt av den beräknade mängden hästgödsel i länet.

Projektet har också gett oss kunskap om några faktorer som begränsar arealen. Vattenskyddsområden kan göra att spridningspotentialen minskar, men det är inte känt till hur stor del åkerareal dessa områden omfattar och ifall de är belägna i områden nära en tänkt biogasanläggning. Den åkerareal som anges i statistiken är brukad areal vilket borde innebära att träda inte ingår i åkerarealen som redovisas i statistiken.

### 7.4.2 Spridning

Litteratursökningen har inte gett någon information om biogödsel från rötning av hästgödsel. Den torra fraktionen av biogödsel ska kunna spridas som fastgödsel med fastgödselspridare. Hästgödsel är en fastgödsel med hög andel strö som gör den lätt och torr och svårnedbrytbar. Kompostering gör att koncentrationen av kalium, fosfor och mikro-näringsämnen ökar medan kvävet minskar (Jordbruksverket, 2013). Vi saknar uppgifter om det finns lämplig spridningsutrustning hos de lantbrukare som kan komma ifråga.

### 7.4.3 KRAV-odling

Odlar man enligt KRAVs regler får man inte använda konstgödsel, vilket innebär att KRAV-gårdar borde vara en prioriterad marknad för biogödsel från exempelvis hästgödsel. Åkerarealen som odlas ekologiskt ökar enligt information från Jordbruksverkets statistikdatabas, medan åkerarealen minskar nationellt sett bland annat på grund av nedläggning av jordbruksföretag och att små inte så produktiva marker avvecklas eller omvandlas till bete. Utvecklingen för åkermark i regionen visar också på minskade arealer åkerareal. Det är inte känt hur många av de ekologiska odlarna som har egna djur och vi vet inte var KRAV-odlad åkerareal är belägen geografiskt i länet. I övrigt känner vi till några faktorer som påverkar egenskaperna hos biogödseln, men vi vet inte hur mycket de påverkar.

## 8 Slutsatser

I projektet har möjligheterna att omvandla hästgödseln från ett avfallsproblem till en förnybar resurs där både energin och näringsämnen tas tillvara utretts. Slutsatser från projektet är att möjligheter och drivkrafter för att utvinna energi från hästgödsel består av följande faktorer:

- Stor mängd hästgödsel, och att många hästar finns nära tätorter, borde göra att avfallsproblemet är samlat och därför nära till att samla in.
- Halm som strömmaterial har visat sig ge tillskott av biogas enligt en källa.
- Många hästhållare har inte egen mark att sprida hästgödseln på och har kostnader för hästgödselhanteringen samt behöver kontakter och överenskommelser för att få det att fungera.
- Forskning på rötning av hästgödsel och strömmaterial sker då det är ett uppmärksammat problem på flera håll i världen.
- Skyddandet av gemensamma vattenresurser ökar intresset för att även hanteringen av hästgödsel ska vara mindre miljöpåverkande.
- Hästgödseln är, enligt studier, ett bra gödselmedel, särskilt efter kompostering där strömaterialet brutits ned till viss grad.

Hinder/svårigheter med att använda hästgödsel som biogassubstrat som har identifierats i projektet är:

- Torrötning av hästgödsel testas i laboratorieskala men någon anläggning som använder tekniken i full skala har vi inte lyckats få tag på. Teoretiskt finns tekniken men det krävs att den körs i full skala och det är idag oklart vem som satsar ekonomiskt för att genomföra det utvecklingsarbete som krävs i full skala.
- Hög andel strömedel i substratet som till största delen är träbaserat och därmed väldigt svårnedbrytbart.

I Tabell 11 ges sammanfattning av de aspekter som vi kunnat bedöma. De flesta aspekter blir mer positiva med en behandling i en biogasprocess. Många aspekter/faktorer är svårbedömda, men har ändå belysts i rapporten.

**Tabell 11.** Sammanfattade bedömning av möjligheter och svårigheter med att utvinna och nyttiggöra biogas och biogödsel från hästgödsel

Aspekt	Utvinning av biogas	Återföring av växtnäring
Hästgödselmängd	+	+
Tillgänglighet hästgödsel	+	+
Typ av strömmaterial	+/- <sup>1</sup>	+ <sup>2</sup>
Luktproblem	+	+
Gödselvolym	+	+
Näringsinnehåll	0	+ <sup>3</sup>
Logistik	-	-
Gasmängd	+	0
Spridningsbarhet	0	?

+ möjlighet/drivkraft - hinder/svårighet 0 ingen förändring ? ingen information

<sup>1</sup> Beror på strömmaterial

<sup>2</sup> Ibland först år 2

<sup>3</sup> Mer lättillgängliga näringsämnen



Avslutningsvis vill vi betona att projektet lever med betydande osäkerheter. Till de viktigare hör att beräknad statistik står för informationen om antalet hästar. Det innebär att antal hästar i verkligheten är okänt och framförallt är det okänt var de finns uppstallade. Det har tyvärr inte varit möjligt att på ett enkelt sätt få reda på hur många hästar det finns i en kommun, och var de finns, vilket gör det svårt att beskriva hur stort problemet är. Några andra osäkerheter värda att nämnas är:

- Hästhållning och hästgödsel
  - Vi vet inte hur hästgödseln förvaras ute hos hästhållarna.
  - Vi vet inte hur stor miljöpåverkan dagens hantering av hästgödsel medför.
- Förbehandling av hästgödsel
  - Vi har inga mätningar på hur mycket strömaterial som ingår i hästgödseln.
  - Vi vet inte vilken typ av förbehandling som är lämplig vid torrötning.
- Rötning av hästgödsel
  - Vi vet en del om torrötning, men inte av hästgödsel.
  - Vi vet inget om ifall hästgödsel kan/kommer rötas vid anläggningarna i Söderhamn och Forsbacka.
- Avsättning för biogödsel från hästgödsel
  - Vi vet inte var spridningsarealerna finns rent geografiskt.
  - Vi vet inget om biogödselns egenskaper, vare sig från torr eller våt rötning.
  - Vi vet inte om det finns lämplig spridningsutrustning hos de lantbrukare som kan komma ifråga.

Detta får naturligtvis konsekvenser för fortsättningen. Den kommande systemanalysen kommer att göras rent explorativ, d.v.s. vi får i hög utsträckning arbeta med antaganden och förenklingar. Det är motiverat att göra så i rådande läge, men det kommer förmodligen vara svårt att dra några säkra slutsatser utifrån resultaten. Betydelsen av olika antaganden kan dock analyseras i känslighetsanalyser. Systemanalysen planeras att utföras i två steg där det första steget innebär att utvärdera olika system för rötning där teknik, strömaterial mm utvärderas. I steg 2 jämförs sedan ett eller flera rötningsscenarier mot annan hantering.



## Referenser

- Albertsson, B. (2013). *Riktlinjer för gödsling och kalkning 2014*. Jordbruksinformation 11-2013. Jordbruksverket. Sverige.
- Airaksinen, S., Heinonen-Tanski, H., & Heiskanen, M. (2001). Quality of different bedding materials and their influence on the compostability of horse manure. *Journal of Equine Veterinary Science*, Vol. 21, No. 3, 125-130. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0737-0806\(01\)70108-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0737-0806(01)70108-6)
- Bioenergiportalen (2015). <http://www.bioenergiportalen.se/?p=3134&m=1303>
- Bohn, I., Carlsson, M., Eriksson, Y., Holmström, D. (2010). *Utvärdering och optimering av metod för förbehandling av källsorterat hushållsavfall till biogasproduktion*, Svenskt Gastekniskt Center, Rapport SGC 216, ISRN SGC-R-216-SE
- Böske, J., Wirth, B., Garlipp, F., Mumme, J., van der Weghe H. (2014). Anaerobic digestion of horse dung mixed with different bedding materials in an upflow solid-state (UASS) reactor at mesophilic conditions. *Bioresource technology*, Vol. 158, 111-118.
- Böske, J., Wirth, B., Garlipp, F., Mumme, J., van der Weghe H. (2015). Upflow anaerobic solid-state (UASS) digestion of horse manure: Thermophilic vs. mesophilic performance. *Bioresource technology*, Vol. 175, 8-16.
- Carlsson, M., Holmström, D., Lagerkvist, A., Bisailon, M. (2013) *Förbehandling av biogas-substrat i systemanalys*, Waste refinery, WR 49, SP, Sweden
- Carlsson, B., Nordström, A. (2013). *Handbok vid hantering av substrat och rötrest vid biogas-anläggningar*. Hushållningssällskapet Skaraborg
- Carlsson M, Lagerkvist A, Morgan-Sagastume F (2012). The effects of substrate pre-treatment on anaerobic digestion systems: a review. *Waste Management*, Vol. 32, No. 9, sid 1634-1650
- Cui, Z., Jian, S. & Yebo, L. (2011). Solid-state anaerobic digestion of spent wheat straw from horse stall. *Bioresource Technology*, Vol. 102, No. 20, 9432-9437.
- Djurskyddslag (1988:534) *Svensk författningssamling* 1988:534 16§ 2 st.
- Edström, M., Nordberg, Å., Ringmar, A. (2005). *Utvärdering av gårdsbaserad biogasanläggning på Hagavik*. JTI-rapport Kretslopp & Avfall 31
- EU-parlamentets och rådets förordning (EG) nr 1069/2009 om hälsobestämmelser för animaliska biprodukter och därav framställda produkter som inte är avsedda att användas som livsmedel och om upphävande av förordning (EG) nr 1774/2002 (förordning om animaliska biprodukter). *Europeiska unionens officiella tidning L 300*, 14.11.2009
- Enhäll, J., Nordgren, M., Kättström, H. (2012). *Hästhållning i Sverige-2010*. Rapport 2012:1. Jordbruksverket. Sverige.
- Europeiska gemenskapernas kommission (2007). *Bryssel den 21.2.2007 KOM(2007) 59 slutlig Meddelande från kommissionen till rådet och europaparlamentet*. Tolkningsmeddelande om avfall och biprodukter. Åtkomst 2015-03-25.  
<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0059:FIN:SV:PDF>
- Femling, M. (2003). *Hästen i Gävleborg*. Förstudierapport 2003: 4. Lantbruks- och veterinär-enheten. Länsstyrelsen Gävleborg.
- Fleming, K., Hessel, E. F. & van der Weghe H.F.A. (2008). Evaluation of Factors Influencing the Generation of Ammonia in Different Bedding Materials Used for Horse Keeping. *Journal of Equine Veterinary Science*, Vol. 28, No. 4, 223-231.
- Fregidou-Malama, M., Shamirany, N., Andersson, J. (2009). *Hästmärningens situation i Gävleborgs län*. Fou-rapport nr 36, Högskolan i Gävle.

- Garlipp, F., Hessel, E. F. & van der Weghe H.F.A. (2011). Characteristics of Gas Generation (NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O) from horse manure added to different bedding materials used in deep litter bedding systems. *Journal of Equine Veterinary Science*, Vol. 31, No. 7, 383-395.
- Girma, K. (2014). *Försäljning av djurläkemedel 2013*. Enheten för foder och hälsa 2014-04-30 Jordbruksverket
- Granstedt, A. (2011). *On farm biogas production with solid manure in organic farming. Evaluation of the two stage dry anaerobic biogas plant production and recycling on Skilleby experimental farm in Järna 2004-2010*. Final report December 2011. Biodynamic Research Institute, Järna.
- Haglund, M. (2010) *Utvärdering av strömmaterial av restprodukter från wellpapp*, examensarbete, Sveriges lantbruksuniversitet, nr K5
- Henriksson, G., Palm O., Davidsson K., Ljung E., Sager A., 2012. *Rätt slam på rätt plats*. Projekt-nummer WR-41 WASTE REFINERY.
- Henriksson, G., Willquist, K., Björkmalm, J., Kjerstadius, H., Johansson, I., Hedenstedt, A, (2015). *Benchmarking av gödselsamrötning med avloppsslam mot förbränning av häst- och djurparksgödsel*. Energiteknik SP Rapport 2015:11
- Jordbruksverket (2011), *Antalet hästar och anläggningar med häst 2010*, Statistisk meddelande JO 24 SM 1101.
- Jordbruksverket (2012). *Hästen och vi-tillsammans skapas mervärden. Goda exempel på samverkan*. Landsbygdsdepartementet.
- Jordbruksverket (2013a) *Jordbruksföretag och företagare 2013*. Sveriges officiella statistik statistiska meddelanden. JO 34 SM 1401.
- Jordbruksverket (2013b) *Hästgödsel - en naturlig resurs*. Jordbruksinformation 75–2013. Jönköping.
- Jordbruksverket (2013c). *Gödsel och miljö 2014. Vägledningsmaterial för lagring och spridning av gödsel, höst- och vinterbevuxen mark*. Jönköping.
- Jordbruksverket (2013d). *Ekologisk växtodling 2013*. JO 10 SM 1403
- Jordbruksverket (2013e) *Jordbruksmarkens användning 2013*. Sveriges officiella statistik statistiska meddelanden. JO 10 SM 1401.
- Jordbruksverket (2014a). *Programmet Cofoten/Stank in mind*. Åtkomst: 2014-09-12 Available at: <http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/odling/vaxtnaring/cofoten/omstankinmind.4.6beab0f111fb74e78a78000102.html>
- Jordbruksverket (2014b). *Statistikdatabasen. Husdjur efter kommun och djurslag*. År 1981-2013 efter Region, Djurslag och År. Åtkomst 2014-04-28. [http://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas\\_Husdjur\\_Antal%20husdjur/JO0103G6.px/?rxid=5adf4929-f548-4f27-9bc9-78e127837625](http://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas_Husdjur_Antal%20husdjur/JO0103G6.px/?rxid=5adf4929-f548-4f27-9bc9-78e127837625)
- Jordbruksverket (2014c). *Statistikdatabasen. Företag med husdjur efter kommun och djurslag*. År 2003-2013. Åtkomst 2014-04-28. [http://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas\\_Husdjur\\_Antal%20foretag%20med%20husdjur/JO0103G2.px/?rxid=5adf4929-f548-4f27-9bc9-78e127837625](http://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas_Husdjur_Antal%20foretag%20med%20husdjur/JO0103G2.px/?rxid=5adf4929-f548-4f27-9bc9-78e127837625)
- Jordbruksverket (2014d) *Lägesrapport juni 2014 Handlingsplan för en enklare vardag för lantbrukare*. Jönköping
- Jordbruksverket (2014e) *Husdjur i juni 2013. Slutlig statistik*. Sveriges officiella statistik statistiska meddelanden. JO 20 SM 1401.

- Jordbruksverket (2015-04-17). *Växtnäring i ekologisk odling*.  
<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/miljoklimat/ekologiskproduktion/vaxtodling/vaxtnaring.4.389b567011d9aa1eeab8000781.html>
- Jordbruksverket (2015-04-20). *Vad är ekologisk produktion?*  
<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/miljoklimat/ekologiskproduktion/vadarekologiskproduktion.4.7850716f11cd786b52d80001021.html>
- Jordbruksverket (2015) *Gödselmedel för ekologisk odling 2015. Specialgödselmedel och stallgödsel*  
[http://www2.jordbruksverket.se/download/18.73ec2c8614c1f08e28fda04d/1426509645929/p7\\_11\\_2v6.pdf](http://www2.jordbruksverket.se/download/18.73ec2c8614c1f08e28fda04d/1426509645929/p7_11_2v6.pdf)
- Jordbruksverket, (2015-04-24). *Hästpass*.  
<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/djur/olikaslagsdjur/hastar/hastpass.4.1cb85c4511eca55276c80001096.html>
- Jordbruksverket, (2015-06-05). *Animaliska biprodukter*.  
<http://www.jordbruksverket.se/amnesomraden/djur/produkterfrandjur/animaliskabiprodukter.4.67e843d911ff9f551db80002182.html>
- Jordbruksverket (2015-01-30). *Rötning av animaliska biprodukter*. Enheten för CITES, foder och djurprodukter.  
<http://www.jordbruksverket.se/download/18.14ecca214b4b686100aa126/1422954787652/Information+r%C3%B6tning+abp+150130.pdf>
- Kalia, A. K. & Singh, S.P. (1998). Horse dung as a partial substitute for cattle dung for operating family-size biogas plants in a hilly region. *Bioresource technology*, Vol. 64, 63-66.
- Kommissionens förordning (EU) nr 142/2011 av den 25 februari 2011 om genomförande av Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1069/2009 om hälsobestämmelser för animaliska biprodukter och därav framställda produkter som inte är avsedda att användas som livsmedel och om genomförande av rådets direktiv 97/78/EG vad gäller vissa prover och produkter som enligt det direktivet är undantagna från veterinärkontroller vid gränsen *Europeiska unionens officiella tidning L 54*, 26.2.2011.
- Kommissionens förordning (EG) nr 504/2008 av den 6 juni 2008 om tillämpningen av rådets direktiv 90/426/EEG och 90/427/EEG avseende metoder för identifiering av hästdjur
- KRAV (2015-04-19). *Växtnäring*. Åtkomst 2015-04-19. <http://www.krav.se/vaxtnaring>
- KRAV (2015) *Regler för KRAV-certifierad produktion utgåva 2015*. Regler 2015-Växtnäring. Uppsala. <http://www.krav.se/sites/www.krav.se/files/paket-vaxtodling.pdf>
- KRAV, 2015-06-05. *Växtodling*. (<http://www.krav.se/node/75310>).
- KRAV, 2015-06-05. *Definitioner* (<http://www.krav.se/regel/18-definitioner>).
- KRAV 2015-06-08. *Ramar för regelverket*. (<http://www.krav.se/regel/13-ramar-regelverket>)
- Kusch, S. (2013) *Horse stall waste: Amounts, management, bioenergy generation*. Electronic International Interdisciplinary Conference, September, 2-6. 2013. Section Energy , 423-428  
<http://www.eic.cz/>
- Kusch, S., Schumacher, B., Oechsner, H. & Schäfer, W. (2011).Methane yield of oat husks. *Biomass & bioenergy*, Vol. 35, 2627-2633.
- Kusch, S., Oechsner, H.& Jungbluth, T. (2008). Biogas productionwith horse dung in solid-phase digestion system. *Bioresource echnology*, Vol. 99, 1280-1292.
- Lallai, A., Mura, G., Onnis, N. (2002). The effects of certain antibiotics on biogasproduction in the anaerobic digestion of pig waste slurry. *Bioresource technology*, Vol. 82, 205-208.
- Liew, L. N., Shi, J. & Li, Y.(2012).Methane production from solid-state anaerobic digestion of lignocellulosic biomass. *Biomass & bioenergy*, Vol. 46, 125-132.

- Linné, M., Ekstrand, A., Englesson, R., Persson E., Björnsson, L., Lantz, M. (2008) *Den svenska biogaspotentialen från inhemska restprodukter*. Avfall Sverige, Svenska Biogasföreningen, Svenska gasföreningen, Svenskt Vatten
- Länsstyrelsen Gävleborg (2014). *Vattenskyddsföreskrifter*. Åtkomst: 2014-09-12. Available at: <http://www.lansstyrelsen.se/gavleborg/Sv/miljo-och-klimat/halsoskydd/dricksvatten/Pages/vattenskyddsomraden.aspx>
- Länsstyrelsen Gävleborg. *Länets författningssamling a*) Åtkomst: 2014-09-12. Länsstyrelsens i Gävleborgs län föreskrifter om fastställelse av skyddsområde för grundvattentäkter längs Gävle-Valboåsen i Gävle kommun (21FS 2006:33) Available at: [http://web05.lansstyrelsen.se/orisx/forfatt/2006/fs\\_2006\\_33.pdf](http://web05.lansstyrelsen.se/orisx/forfatt/2006/fs_2006_33.pdf)
- Länsstyrelsen Gävleborg. *Länets författningssamling b*) Åtkomst: 2014-09-12. Kungörelse om fastställande av skyddsområde för grundvattentäkt på fastigheterna Järbo 4:64 och 13:8 i Järbo, Sandvikens kommun (21FS 1986:28) Available at: <http://web05.lansstyrelsen.se/orisx/forfatt/1986/1986-28.pdf>
- Länsstyrelsen Gävleborg. *Länets författningssamling* (2015). Vattenskyddsområden. Åtkomst 2015-03-26 <http://web05.lansstyrelsen.se/orisx/lista5.htm#Grundvattenskydd>
- Maskinring Blekinge (2015). *Hästgödsel*. Åtkomst: 2015-04-17. Available at: <http://www.maskinringblekinge.se/hastgodsel/>
- Miljöhusensyn (2014) *V10 Spridning av gödsel* <http://www.miljohusesyn.nu/userfiles/file/MHS%2015%20aug%202014%20uppdad.pdf>
- Miljöprövningsförordning* (2013:251). 2 kap Jordbruk. Svensk författningssamling 2013:251.
- Mumme, J., Linke, B., Tölle, R. (2010). Novel upflow anaerobic solid-state (UASS) reactor. *Bioresource technology*, Vol 101, 592-599.
- Mönch-Tegeder, M., Lemmer, A., Oechsner, H., Jungbluth, T. (2013). Investigation of the methane potential of horse manure. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, Vol 15, No 2, 161-172.
- Naturvårdsverket (2006). *Spillningslevande bladhorningar. Litteraturstudie över deras ekologi och påverkan från avmaskningsmedel med fokus på hästspillning*. Naturvårdsverket rapport 5650. Bromma.
- Naturvårdsverket (2011). *Handbok om vattenskyddsområde 2010:5* • utgåva 1 • februari 2011 Stockholm.
- Naturvårdsverket (2012). *Biogas ur gödsel, avfall och restprodukter Goda svenska exempel*. Naturvårdsverket rapport 6518. Stockholm
- Nordberg, U. & Nordberg, Å. (2007). *Torrötning-kunskapsammanställning och bedömning av utvecklingsbehov*. JTI-rapport Lantbruk & Industri 357. Uppsala. ISSN 1401-4963.
- Ockelbo kommun (2009). *Riktlinjer för hästhållning inom Ockelbo kommun*. KF 31/09 - 2009-05-04.
- Olsson, H., Andersson, J., Edström, M., Rogstrand, G., Persson, P-O., Andersson, L., Bobeck, S., Assarsson, A., Benjaminsson, A. Jansson, A., Alexandersson, L. Thorell, K. (2014). *Samrötning av hästgödsel med nötflytgödsel-fullskaleförsök vid Naturbruksgymnasiet Sötåsen*. JTI-rapport. Kretslopp & Avfall/ Recycling & Organic Waste, nr 51.
- Persson, D. (2014-04-20). *Företag med och utan djur 2013 och 2014 samt skillnader mellan statistik*. Information via e-post. Jordbruksverket.
- Rodhe, L., Ascue, J., Tersmeden, M., Willén A., Nordberg, Å., Salomon, E. & Sundberg, M. (2013). *Växthusgaser från rötad och orötad gödsel vid lagring och efter spridning-samt bestämning av ammoniakavgång och skörd i värkorn*. Rapport 413. Lantbruk & Industri. JTI-institutet för jordbruks och miljöteknik, Uppsala.
- RVF (2005). *Användning av biogödsel*. RVF utveckling. Svenska renhållningsverksföreningen Rapport 2005:10.

- Sandvikens kommun (inget årtal) *Hur hantera hästgödsel? - Information till dig som har häst i Sandvikens kommun* Åtkomst: 2015-02-06.  
<http://sandviken.se/byggabomiljo/miljoochhalsoskydd/hemochfritid/hastgodsel.4.7ee66dca1461fe91b2e294ff.html>
- SBI (2012). Swedish Biogas International AB 2012-01-18. *Gårdsberäkningar av biogasproduktion*, Biogas Mitt.
- Shi, J.C., Liao, X.D., Wu, Y.B., Liang, J.B. (2011). Effect of antibiotics on methane arising from anaerobic digestion of pig manure. *Animal Feed Science and Technology*, Vol 166-167, 457-463.
- Statens jordbruksverks föreskrifter (2004:62) om miljöhänsyn i jordbruket vad avser växtnäring; med ändring enligt SJVFS 2012:41 Föreskrifter om ändring i Statens jordbruksverks föreskrifter och allmänna råd (SJVFS 2004:62) om miljöhänsyn i jordbruket vad avser växtnäring; samt ändring SJVFS 2013:40 Föreskrifter om ändring i Statens jordbruksverks föreskrifter och allmänna råd (SJVFS 2004:62) om miljöhänsyn i jordbruket vad avser växtnäring;
- Statistiska centralbyrån (2015) *Folknämgd i riket, län och kommuner 31 december 2013 och befolkningsförändringar 2013*. Åtkomst 2015-04-07. [http://www.scb.se/sv/\\_Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Befolkning/Befolkningens-sammansattning/Befolkningsstatistik/25788/25795/Helarsstatistik--Kommun-lan-och-riket/370301/](http://www.scb.se/sv/_Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Befolkning/Befolkningens-sammansattning/Befolkningsstatistik/25788/25795/Helarsstatistik--Kommun-lan-och-riket/370301/)
- Statens offentliga utredningar (SOU 2013:5) *Djurhållning och miljön – hantering av risker och möjligheter med stallgödsel. Betänkande av Utredningen om miljöbestämmelser för jordbruksföretag och djurhållning*. Stockholm
- Steineck, S., Gustafson, G., Andersson, A., Tersmeden, M. & Bergström, J. (2000a). *Plant nutrients and trace elements in livestock wastes in Sweden*. Rapport 5111, Swedish Environmental Protection Agency, Stockholm.
- Steineck, S., Svensson L., Jacobsson, C., Karlsson S., Tersmeden M. (2000b). *Hästar - gödselhantering*. Teknik för lantbruket 82. JTI, jordbrukstekniska institutet.
- Steineck, S., Svensson, L., Tersmeden, M., Åkerhielm, H. & Karlsson, J. (2001). *Miljöanpassad hantering av hästgödsel*. JTI-Rapport 280. Lantbruk & Industri. JTI-Institutet för jordbruks- och miljöteknik
- Svensson, U., (2014-03-13). *Företag med och utan djur*. Information via e-post. Jordbruksverket.
- Svensson, U., (2015-04-17). *Minskande åkerarealer*. Information via e-post. Jordbruksverket.
- Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (2015). *Certifieringsregler för biogödsel-SPCR 120*. Borås. [http://www.avfallsverige.se/fileadmin/uploads/Arbete/Biologisk\\_behandling\\_certifiering/SPCR\\_120\\_version\\_2015.pdf](http://www.avfallsverige.se/fileadmin/uploads/Arbete/Biologisk_behandling_certifiering/SPCR_120_version_2015.pdf)
- Tamm, D. & Jarlsvik, T. (2009). *FÖRSTUDIE Torrömningsutveckling 2009-06-30* Göteborg energi och innovatum teknikpark. Trollhättan.
- Västblekinge miljö ab (vmab) Informationsmaterial 2013-08-14
- Wartell, B. A., Krumins, V., Alt, J., Kang, K., Schwab, B. J., Fenell, D. E. (2012) Methane production from horse manure and stall waste with softwood bedding. *Bioresource Technology*, Vol. 112, 42-50.
- Wennerberg, P. & Dahlander, C. (2013). *Hästgödsel som en resurs: En förstudie om olika hanteringskedjor för hästgödsel*. TecnoFarm, Källby.
- Westin A., (2014-06-25) *Växtodlingsrådgivare*. Besök och intervju: STANK in mind. Länsstyrelsen Gävleborg.
- Zeffer A.,( utan årtal). *Kartläggning av hästgödselhanteringen inom två definierade avrinningsområden i Stenungsunds kommun*, En kartläggning från Stenungsunds kommun i samarbete med Länsstyrelsen





## Tidigare FoU-rapporter:

32. Mauritz Glaumann och Marita Wallhagen: *Study of international policies, Sweden: National initiatives for reducing the environmental impact of the building sector.* Institutionen för teknik och byggd miljö 2008.
33. Mauritz Glaumann, Getachew Assefa, Beatrice Kindembe, Ola Norrman Eriksson: *Miljövärdering av bebyggelse. Extern miljöpåverkan. Beskrivning av olika miljöpåverkanskategorier.* Institutionen för teknik och byggd miljö 2009.
34. Mauritz Glaumann och Tove Malmqvist: *Miljövärdering av bebyggelse. Metodbeskrivning. EcoEffect-metoden.* Institutionen för teknik och byggd miljö 2009.
35. Anders S. Brandt: *Betydelse av höjdmodellers kvalitet vid endimensionell översvämnings-modellering.* Institutionen för teknik och byggd miljö 2009.
36. Maria Fregidou-Malama, Nina Shamirany och Jenny Andersson: *Hästnäringens situation i Gävleborgs län.* Institutionen för ekonomi 2009.
37. Magnus Hjelmblom: *State Transitions and Normative Positions within Normative Systems.* Institutionen för ekonomi 2011.
38. My Lilja: *Attityder och normer kring anlagd brand bland högstadieungdomar och skolpersonal.* Avdelningen för socialt arbete och psykologi 2011.
39. Harry Berg, Mikael Forsberg, Inger Hedman, Anna Helmersson, Inge Johansson, Britt Nilheim, Helena Stöpfunghoff: *Att gestalta och förstå demokratiska värderingar i fritidshemmets arbete.* Avdelningen för kultur-, religions- och utbildningsvetenskap 2011.
40. Annika Elm Fristorp och Inge Johansson: *Hållbar utveckling i förskolan.* Avdelningen för kultur-, religions- och utbildningsvetenskap 2013.
41. Anders Hydén: *Nätverksmöten hos socialtjänsten i Gävle. Vad eftersträvas och hur når man det?* Avdelningen för socialt arbete och psykologi 2013.

**Publicerad av:**  
Gävle University Press  
Högskolan i Gävle



**HÖGSKOLAN  
I GÄVLE**

**Postadress:** 801 76 Gävle, Sweden

**Besöksadress:** Kungsbäcksvägen 47

**Telefon:** 026 64 85 00

**[www.hig.se](http://www.hig.se)**