

Den svenska biogaspotentialen
från inhemska råvaror

RAPPORT 2008:02

ISSN 1103-4092

FÖRORD

Klimat- och energifrågor står högt på den politiska dagordningen och många klimat- och energipolitiska beslut kommer att tas under 2008 och 2009. På nationell nivå arbetar klimatberedningen med underlagsmaterial för den kommande klimatpropositionen. På EU-nivå har ett klimatpaket föreslagits. Biogasens potential är viktig information för de klimatpolitiska besluten.

I denna rapport kartläggs potentialen för biogas inom områdena avfall, slam, restprodukter från lantbruk, gödsel och restprodukter från skogsbruk och skogsindustri.

Uppdragsgivare för undersökningen har varit Avfall Sverige, Svenska Biogasföreningen, Svenska Gasföreningen och Svenskt Vatten.

Rapporten är författad Marita Linné (projektledare), Alexandra Ekstrandh, Rolf Englesson och Emelie Persson, samtliga från BioMil AB, samt Lovisa Björnsson och Mikael Lantz från Envirum AB.

Malmö juli 2008

Håkan Rylander
Ordf. Avfall Sveriges Utvecklingskommitté

Weine Wiqvist
VD Avfall Sverige

SAMMANFATTNING

Rapporten är en inventering av råvarumängderna från matavfall, park- och trädgårdsavfall, avloppsslam, gödsel samt restprodukter från industri, lantbruk och skogsbruk som finns i Sverige och som är lämpade för biogasframställning. Inventeringen har huvudsakligen skett länsvis för att få en överblick över hur råvarorna är fördelade över landet. För varje råvarukategori beskrivs hur datainsamling, avgränsningar och antaganden har gjorts. Förutom den totala råvarumängden diskuteras även hur mängden råvaror begränsas med hänsyn till dagens tekniska och ekonomiska situation

Den totala biogaspotentialen från inhemsk råvara, exklusive råvara från skog, uppgår till drygt 15,2 TWh/år, varav den totala biogaspotentialen med begränsning bedöms vara 10,6 TWh/år. Detta kan emellertid snabbt komma att ändras med förändrade konkurrenssituationer, energipriser m.m. Restprodukter från skogen innebär en betydande potential för framtida biometanproduktion. Av restprodukterna från skogsbruk och skogsindustri bedöms den totala energipotentialen till cirka 59 TWh metan per år. Metanproduktion ur träråvara sker genom termisk förgasning, som används i begränsad omfattning idag. Det är därmed svårt att ange när tekniken kan vara kommersiellt tillgänglig. Den totala biogas- och energipotentialen uppgår därmed till 74 TWh/år, varav skogsrelaterade restprodukter utgör cirka 80 %.

Naturvårdsverket har som mål att senast 2010 skall minst 35 % av matavfallet från hushåll, restauranger, storkök och butiker återvinnas genom biologisk behandling. I denna rapport antas att minst 60 % av allt matavfall kan vara tillgängligt för biogasproduktion. Denna mängd motsvarar cirka 760 GWh årligen och utgör 7 % av den totala biogaspotentialen med begränsning. Den totala biogaspotentialen från allt matavfall i Sverige uppgår till 1346 GWh/år.

Restprodukter från olika industrier utgör en stor potential, ungefär 10 % av den totala biogaspotentialen med begränsning beräknas komma härifrån. Från växtodlingsrester och gödsel finns en betydande framtida potential, 10,8 TWh/år. Den totala biogaspotentialen med begränsning under dagens förhållanden bedöms dock vara lägre, cirka 8 TWh/år, vilket bl.a. beror på att betesgödsel inte inkluderats samt att en del halm kan behöva lämnas kvar för att inte riskera markens mullhalt m.m.

Avloppsreningsverken har en lång tradition av att röta slam eftersom metoden varit ett sätt att stabilisera och reducera mängden avloppsslam. En stor del av Sveriges avloppsslam rötas redan idag, men med något ökade slammängder till rötning och genom att optimera processerna kan mer biogas produceras. Av den totala biogaspotentialen med begränsning utgör avloppsslammet 7 %.

Vid en länsvis fördelning av biogaspotentialen har framförallt Skåne och Västra Götaland särskilt stora råvarutillgångar. Förutom tillgång på råvaror är det viktigt att se till möjligheten för avsättning av biogas och biogödsel. Förutsättningar för ett gemensamt gasnät samt närhet till produktiv mark där den näringsrika biogödseln kan spridas ses som fördelaktigt.

På den politiska agendan står klimat- och energifrågor ständigt i fokus och under 2008 och 2009 förväntas flera klimat- och energipolitiska beslut att fattas. Föreliggande rapport avser att utgöra ett informationsmaterial från biogasbranschen om hur mycket inhemsk råvara som finns att tillgå för biogasproduktion.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1.	INLEDNING.....	5
1.1.	Bakgrund.....	5
1.2.	Syfte och målsättning.....	5
1.3.	Omfattning och avgränsningar.....	5
1.4.	Rapportens upplägg.....	6
1.5.	Definitioner.....	6
2.	MATAV FALL FRÅN HUSHÅLL, RESTURANGER, STORKÖK OCH BUTIKER SAMT PARK- OCH TRÄDGÅRDSAVFALL.....	7
2.1.	Datainsamling och avgränsningar.....	7
2.2.	Avfallsmängder.....	8
2.3.	Biogasutbyte.....	9
2.4.	Biogaspotential för matavfall.....	9
2.5.	Biogaspotential för park- och trädgårdsavfall.....	14
3.	RESTPRODUKTER FRÅN INDUSTRI.....	15
3.1.	Datainsamling och avgränsningar.....	15
3.2.	Avfallsmängder.....	15
3.3.	Biogasutbyte.....	26
3.4.	Biogaspotential per bransch.....	29
3.5.	Biogaspotential per län.....	32
4.	SLAM FRÅN AVLOPPSRENINGSVÄRK.....	35
4.1.	Datainsamling.....	35
4.2.	Avgränsningar.....	35
4.3.	Slammängder.....	36
4.4.	Biogasutbyte.....	37
4.5.	Biogaspotential.....	38
5.	VÄXTODLINGSRESTER OCH GÖDSEL.....	40
5.1.	Datainsamling.....	40
5.2.	Specifika definitioner.....	40
5.3.	Avgränsningar.....	40
5.4.	Gödsel.....	41
5.5.	Odlingsrester.....	46
5.6.	Biogasutbyte.....	52
5.7.	Total biogaspotential.....	56
5.8.	Total biogaspotential med begränsningar.....	59
6.	RESTPRODUKTER FRÅN SKOGSBRUK OCH SKOGSINDUSTRI.....	61
6.1.	Termisk förgasning.....	61
6.2.	Datainsamling och avgränsningar.....	62

6.3.	Specifika definitioner	62
6.4.	Energipotential	62
6.5.	Miljö	64
6.6.	Slutsatser om skogsrelaterade restprodukter	64
7.	METODER OCH TEKNIKER FÖR ATT ÖKA BIOGASUTBYTET	66
7.1.	Samrötning	66
7.2.	Termofil rötning och temperatur optimering	66
7.3.	Termisk förbehandling.....	66
7.4.	Enzymtillsats.....	67
7.5.	Tillsats av näringslösning.....	67
7.6.	Förbehandling med ultraljud.....	67
7.7.	Seriekopplade processer	67
7.8.	Förbättrad processkontroll	68
7.9.	Elektroporation.....	68
7.10.	Värdering av ny teknik	68
8.	SAMMANSTÄLLNING	71
8.1.	Biogaspotential per råvarukategori	71
8.2.	Biogaspotential per län	74
9.	REFERENSER	77

1. INLEDNING

1.1. Bakgrund

På den politiska agendan står klimat- och energifrågor ständigt i fokus och under 2008 och 2009 förväntas flera klimat- och energipolitiska beslut att tas. På nationell nivå arbetar klimatberedningen med ett underlagsmaterial till den kommande klimatpropositionen och från EU har ett klimatpaket föreslagits. Föreliggande rapport skall utgöra informationsmaterial från biogasbranschen inför kommande politiska klimatrelaterade beslut.

Det finns sedan tidigare bedömningar av den inhemska biogaspotentialen som baseras på råvarutillgången från avfall, slam, gödsel och energigrödor från mark i träda (Jönsson & Linné, 2004 och Nordberg et al, 1998). Sedan dessa potentialuppskattningar publicerats har dels nya uppgifter om råvarutillgången framkommit och dels har teknikutvecklingen gått framåt. Exempelvis uppskattar de tidigare potentialbedömningarna energimängden från gödsel till 2,5 TWh, men i en nyligen publicerad undersökning från Jordbruksdepartementet har den totala potentialen för rötning av gödsel beräknats till 4-6 TWh.

I de tidigare undersökningarna redogörs metoder och avgränsningar för beräkningarna av råvarutillgång och biogaspotential bristfälligt. Flera faktorer motiverar således en ny utredning av råvarumängder inom Sverige och biogaspotentialen från dessa råvaror.

BioMil AB och Envirem AB har fått i uppdrag av Svenskt Vatten, Avfall Sverige och Svenska Gasföreningen att genomföra en ny inventering och bedömning av biogaspotentialen baserad på inhemska råvaror.

1.2. Syfte och målsättning

Syftet med föreliggande studie av biogaspotentialen i Sverige är att uppdatera tidigare potentialstudier eftersom teknikutvecklingen gått framåt sedan dess och nya uppgifter om råvarutillgången framkommit. Projektet syftar vidare till att ta fram ett underlagsmaterial som ger information om den nationella biogaspotentialen från inhemska restprodukter.

Målsättningen är att publicera en utredning som, med tydlig metodik och tydliga avgränsningar, bedömer den totala samt *den totala biogaspotentialen med begränsning* på nationell nivå, samt redovisar hur stor den inhemska råvarumängden och biogaspotentialen är länsvis.

1.3. Omfattning och avgränsningar

Följande kategorier utgör avgränsningar för potentialstudien: avfall, avloppsslam, växtodlingsrester och gödsel samt restprodukter från skogsbruk och skogsindustri. Inom avfallskategorin ingår biologiskt hushållsavfall inklusive avfall från restauranger, storkök, butiker (både retur och som ingår i insamlingskedjan), rötbart trädgårds- och parkavfall samt rötbara restprodukter från industri och livsmedelsindustri. Mer detaljerade avgränsningar för råvarukategorierna redovisas i respektive kapitel.

Den totala biogaspotentialen beräknas med antagandet att de mest effektiva tekniker som finns i kommersiellt bruk nyttjas. Vidare ingår merparten av alla restprodukter i den totala biogaspotentialen. Med *total biogaspotential med begränsning* avses generellt en rimlig bedömning av potentialen under rådande ekonomiska förhållanden. Både *den totala* och *den totala biogaspotentialen med begränsning* redovisas på olika sätt beroende av råvarukategori eftersom förutsättningarna för kategorierna skiljer sig åt.

När det gäller biogasutbyten används data som bedöms vara rimliga med konventionell teknik och det görs ingen skillnad i biogasutbyten mellan *den totala* och *den totala biogaspotentialen med begränsning*.

För skogen gäller istället *den totala energipotentialen* samt *den totala energipotentialen med begränsning*, eftersom biometan och inte biogas tillverkas i förgasningsprocessen.

1.4. Rapportens upplägg

I rapporten redovisas varje råvarukategori var för sig, i kapitel 2 till 6. BioMil AB är författare till kapitel 2, 3, 4 och 6. Envium AB är författare till kapitel 5 om odlingsrester och gödsel. BioMil och Envium står tillsammans som författare till kapitel 7 och 8.

Vid den specifika kategorigenomgången redovisas tillämplad metod för datainsamling och specifika avgränsningar, avfallsmängder, biogasutbyte och biogaspotential. För råvarukategorier med flera delkategorier redovisas varje delkategori för sig. Detta gäller främst för restprodukter från livsmedelsindustri och annan industri samt för växtodlingsrester och gödsel.

Efter genomgången av råvarukategorierna lyfts olika metoder och tekniker fram som skulle kunna öka biogasutbytet för befintliga råvaror. Idag finns ett flertal företag som specialiserat sig på att optimera biogasprocessen, men ingen av dessa metoder kan idag sägas vara i kommersiellt bruk. I stället förs en diskussion om hur kommande teknik kan komma att påverka biogaspotentialen för de olika råvarukategorierna.

Slutligen görs en sammanställning över *den totala* och *den totala biogaspotentialen med begränsning* för alla ingående råvarukategorier, både per kategori och per län.

1.5. Definitioner

Följande begrepp används i rapporten:

TWh	Terawattimmar, 1000 GWh
GWh	Gigawattimmar, 1000 MWh
MWh	Megawattimmar, 1000 kWh (kilowattimmar)
Nm ³	Normalkubikmeter, Gasvolym vid 273,15 K (0 °C) och 1,01325 bar
TS	Torrsubstans
VS	Volatile solids, ett mått på mängden organiskt material

2. MATAVFALL FRÅN HUSHÅLL, RESTURANGER, STORKÖK OCH BUTIKER SAMT PARK- OCH TRÄDGÅRDSAVFALL

2.1. Datainsamling och avgränsningar

Matavfall

Insamling av uppgifter på matavfall från hushåll, restauranger, storkök och butiker har skett genom antagande av ett nyckeltal för insamlingspotentialen per person och år. I en studie från 2005 lät Avfall Sverige genomföra plockanalyser av hushållens avfall (Avfall Sverige, 2005). Av rapporten framgår att varje person i ett hushåll ger upphov till 1,9 kg matavfall varje vecka eller 98,8 kg matavfall per år.

Enligt Avfall Sverige uppskattas mängden matavfall från hushåll till 900 kton/år. Utifrån nyckeltal (Avfall Sverige, 2006) för matavfall från restauranger, storkök och butiker har den totala mängden matavfall från restauranger, storkök och butiker beräknats till cirka 250 kton/år. Baserat på dessa uppgifter skulle totalt cirka 1160 kton matavfall uppstå årligen i Sverige.

I en undersökning åt Naturvårdsverket 2007 (Linné, 2007) framgår att nyckeltalet per behandlingsanläggning för organiskt avfall varierar, vilket beror på att nyckeltalet har baserats på antingen potentiella insamlingsmängder eller på faktiska mottagna mängder. Den faktiskt insamlade avfallsmängden är betydligt lägre än den potentiella, vilket är möjligt att åtgärda genom bl.a. information om betydelsen med bättre källsortering som leder till förändring av människors beteenden men även tekniska aspekter såsom tillämpning av bästa möjliga insamlingssystem. Det genomsnittliga nyckeltalet för anläggningarna i studien uppgick till 92 kg matavfall från hushåll, restauranger, storkök och butiker per person och år, vilket är betydligt lägre än totalmängden som uppskattats av Avfall Sverige. Skillnaden bedömdes bero på att en del av nyckeltalen som ingick i beräkningen av genomsnittsnykkeltalet var relativt låga. En förklaring är också att i de fall som verkligt mottagen mängd redovisas, är mängden organiskt material som gick till biologisk behandling mindre än potentialen pga. att en del organiskt material sorterats bort i anläggningen före röt-kammaren. Studien visar på att det finns en rundgång i de nyckeltal som har använts av respektive uppgiftslämnare avseende de uppskattade totalmängderna. Utifrån sammanställningen i rapporten har ett nyckeltal som anses rimligt i förhållande till uppgifterna om insamlingspotentialen i Avfall Sveriges rapport 2005:05 samt i dess årliga statistik använts.

Om nyckeltalet på 98,8 kg matavfall från hushåll per person och år används innebär detta att 910 kton matavfall från hushållen uppkommer varje år, vilket överensstämmer med Avfall Sveriges uppgifter. Om den totala mängden matavfall som uppkommer i Sverige fördelas per person erhålls ett nyckeltal på 126 kg matavfall från hushåll, restauranger, storkök och butiker per person och år. Detta nyckeltal bedöms vara relevant. Utifrån underlaget till Naturvårdsverkets rapport (Linné, 2007) har dock ett annat trovärdigt nyckeltal valts ut. Detta nyckeltal används även av ett avfallsbolag i södra Sverige för att beräkna den potentiella mängden matavfall i bolagets verksamhetsområde. Nyckeltalet är 128 kg matavfall per person och år från hushåll, restauranger, storkök och butiker. Uppgifter på antalet invå-

nare har inhämtats från SCB. Nyckeltalet har därefter multiplicerats med invånarantalet i respektive län.

Park- och trädgårdsavfall

Mängden park- och trädgårdsavfall som uppkommer i Sverige har baserats på uppgifter hämtade i statistik från Avfall i Sverige 2004 samt kompletterats med uppgifter på behandlade mängder enligt statistik från Avfall Sverige. Beräkning av hushållens andel har gjorts genom antagande att 7 % av säck- och kärlosoporna består av trädgårdsavfall (Avfall Sverige, 2005). Park- och trädgårdsavfall fördelas inte länsvis.

2.2. Avfallsmängder

Matavfall

Den potentiella mängden matavfall från hushåll, restauranger, storkök och butiker redovisas som 100 %, 35 % och 17 %. 100 % motsvarar den totala mängden matavfall från hushåll, restauranger, storkök och butiker som beräknas uppstå i Sverige. 35 % motsvarar Naturvårdsverkets miljömål 15, delmål 5 om att senast 2010 skall minst 35 % av matavfallet från hushåll, restauranger, storkök och butiker återvinns genom biologisk behandling. 17 % motsvarar ungefär dagens situation. Under 2007 hemkomposterades cirka 70 000 ton matavfall (Svensk Avfallshantering 2007).

Tabell 1. Resultat av inventeringen av matavfall från hushåll, restauranger, storkök och butiker. (Data i kton matavfall/år)

	MÄNGDPOTENTIAL FÖR MATAVFALL		
	100 %	35 %	17 %
Stockholm	250	87	42
Uppsala	41	14	7
Södermanland	34	12	6
Östergötland	54	19	9
Jönköping	43	15	7
Kronoberg	23	8	4
Kalmar	30	11	5
Gotland	7	3	1
Blekinge	20	7	3
Skåne	154	54	26
Halland	37	13	6
Västra Götaland	198	69	34
Värmland	35	12	6
Örebro	35	12	6
Västmanland	32	11	5
Dalarna	35	12	6

	MÄNGDPOTENTIAL FÖR MATAVFALL		
	100 %	35 %	17 %
Gävleborg	35	12	6
Västernorrland	31	11	5
Jämtland	16	6	3
Västerbotten	33	12	6
Norrbottn	32	11	6
Totalt	1175	411	199

Park- och trädgårdsavfall

Det uppkommer cirka 450 kton park- och trädgårdsavfall per år i Sverige, varav cirka 275 kton härrör från den kommunala renhållningssektorn och utgörs av utsorterat trädavfall samt park- och trädgårdsavfall (Naturvårdsverket, 2006). Under 2006 komposterades totalt cirka 335 kton park- och trädgårdsavfall (Svensk Avfallshantering 2007), vilket motsvarar cirka 75 %.

2.3. Biogasutbyte

Den potentiella biogasproduktionen beräknas genom ett nyckeltal för metanutbytet i m³ CH₄ per ton våtvikt. Nyckeltalet för biogasutbytet har baserats på den procentuella fördelningen mellan matavfall från handel i förhållande till den totala insamlingspotentialen per person och år, vilket innebär att 78 % härrör från hushåll och restauranger och 22 % härrör från handeln. I Tabell 2 redovisas en sammanställning av metanutbyten per avfallsslag (Basdata om biogas, 2006) samt det beräknade nyckeltalet.

Tabell 2. Metanproduktion från respektive råvara.

Avfallslag	Metanutbyte	Enhet
Källsorterat matavfall från hushåll och restauranger	125	m ³ CH ₄ /ton våtvikt
Källsorterat matavfall från butiker	77	m ³ CH ₄ /ton våtvikt
Nyckeltal i potentialbedömning	114,5	m ³ CH ₄ /ton våtvikt
Park- och trädgårdsavfall*	250	m ³ CH ₄ /ton VS

* Nordberg & Nordberg, 2007

2.4. Biogaspotential för matavfall

Vid behandling av 100 % matavfall från hushåll, restauranger, storkök och butiker i biogasanläggningar skulle 1346 GWh biogas kunna produceras. Om det källsorterade matavfallet som samlats in för att nå miljömålet på 35 % biologisk behandling, skulle behandlas i biogasanläggningen skulle 471 GWh biogas kunna produceras. Som jämförelse kan nämnas att befintliga biogasanläggningar som samrötar olika organiska material (inte reningsverk) producerade cirka 230 GWh biogas tillsammans under

2007. Observera att denna biogasproduktion även omfattar rötning av restprodukter från livsmedels-industri och annan produktion. Hemkompostering av 70 000 ton matavfall motsvarar cirka 80 GWh biogas per år.

I Tabell 3 redovisas biogaspotentialen för matavfall från hushåll, restauranger, storkök och butiker.

Tabell 3. *Biogaspotential för matavfall från hushåll, restauranger, storkök och butiker uppdelad per län. (Data i GWh/år)*

	BIOGASPOTENTIAL FÖR MATAV FALL		
	100 %	35 %	17 %
Stockholm	286	100	49
Uppsala	47	17	8
Södermanland	39	14	7
Östergötland	62	22	10
Jönköping	49	17	8
Kronoberg	26	9	5
Kalmar	34	12	6
Gotland	8	3	1
Blekinge	22	8	4
Skåne	176	61	30
Halland	43	15	7
Västra Götaland	227	79	39
Värmland	40	14	7
Örebro	40	14	7
Västmanland	37	13	6
Dalarna	40	14	7
Gävleborg	40	14	7
Västernorrland	36	12	6
Jämtland	19	7	3
Västerbotten	38	13	6
Norrbotten	37	13	6
Totalt	1346	471	229

Prognos över insamlingsmöjligheterna för matavfall

Allt fler kommuner inför insamling av källsorterat matavfall. I en studie från Avfall Sverige (2007) framgår att en tredjedel av landets kommuner samlar in källsorterat matavfall från hushåll. Jämförelsevis med 2005 ökade insamlingen av matavfall med 10 % under 2006 och insamlingen förväntas öka för varje år som går. Totalt behandlades cirka 135 kton källsorterat matavfall från hushåll biologiskt under 2006, varav cirka 45 kton i biogasanläggningar. Baserat på dessa uppgifter samt uppgifter från

KLIMP (Klimatinvesteringsprogram) görs bedömningen att antalet biogasanläggningar för behandling av bl.a. matavfall kommer att öka inom de närmaste åren. Vidare indikerar uppgifter från Avfall Sverige att 14 av 20 befintliga komposteringsanläggningar planerar att övergå till biogasproduktion. Det är främst komposteringsanläggningar lokaliserade i regioner med relativt stor befolkning som planerar att övergå till biogasproduktion.

I två oberoende studier har befintlig och planerad behandlingskapacitet för organiskt avfall i Sverige kartlagts (Avfall Sverige, 2006a och Linné, 2007). Båda studierna har kommit fram till att mer än 800 kton livsmedelsbaserat avfall skulle kunna behandlas biologiskt. I den ena utredningen anges att den biologiska behandlingskapaciteten troligtvis kommer att öka cirka 50 % till år 2010 (under förutsättning av planerade behandlingsanläggningar verkligen byggs). $\frac{3}{4}$ av den totala biologiska behandlingskapaciteten antas utgöras av biogasanläggningar år 2010.

För att komma fram till vad som är praktiskt möjligt och samtidigt ekonomiskt rimligt att samla in av matavfallet har information inhämtats från Länsstyrelsen i respektive län. Baserat på uppgifter från länen har sedan en realistisk bedömning av insamlings- och behandlingspotentialen kunnat göras. Nedan ges en kortfattad sammanfattning för respektive län i punktform:

- I Stockholms läns miljömålsprogram från 2006 gjordes bedömningen att miljömålen avseende återvinning av matavfall kommer att klaras. Detta innebär att minst 35 % av matavfallet ska kunna sorteras ut. Merparten av de källsorterade matavfallet behandlas på komposteringsanläggningar, varav merparten av dessa anläggningar vill övergå till biogasproduktion. Under förutsättning att en eller flera biogasanläggningar byggs i länet skulle det vara möjligt att samla in merparten av det källsorterade matavfallet.
- I Uppsala sker källsortering av matavfall i de större kommunerna. Tre av de mindre kommunerna har uppmuntrat till hemkompostering.
- Södermanlands län planerar biogasanläggningar i två av städerna i länet, varav den ena planerar att röta matavfall. Den största staden beräknas därmed uppnå miljömålet på 35 % i god tid innan 2010. En stor del av matavfallet i Södermanland rötas eller komposteras inom länet.
- I Östergötland har en av de två största kommunerna långtgående planer på att bygga en biogasanläggning som skall behandla källsorterat matavfall. Denna anläggning kommer troligtvis att medföra att även grannkommunerna kommer att införa källsortering av matavfall. I den andra av de två större kommunerna går i dagsläget allt hushållsavfall till förbränning. Östergötland är ett konkret exempel på en biogasregion, så det är troligt att även källsorterat matavfall kommer att behandlas i en biogasanläggning i framtiden.
- I Jönköping har en förbehandlingsanläggning med kapacitet att ta emot allt matavfall som uppstår i länet tagits i drift. Det behandlade avfallet kommer att transporteras till en biogasanläggning i Jönköpings kommun.
- I Kronobergs län rötas en del matavfall från skolkök i Älmhult och Växjö kommuner. Biogasanläggningen som har kapacitet att behandla betydligt mer matavfall har under den senaste tiden dessvärre haft diverse driftproblem.

- I Kalmar län finns en biogasanläggning som har möjlighet att ta emot mer organiskt material. En av de mindre kommunerna samlar in matavfall som sedan skickas till kompostering i Blekinge. Flertalet av de resterande kommunerna har långtgående planer på att införa källsortering av matavfall. Det skulle vara möjligt att behandla en del av matavfallet i länet i befintlig biogasanläggning
- På Gotland har utsortering av källsorterat matavfall nyligen påbörjats och kommer successivt att införas över hela ön. Matavfallet skall komposteras i s.k. ag-bags.
- I Blekinge satsas både på kompostering och på biogasproduktion. En relativt ny komposteringsanläggning finns i Karlskrona och både i Karlshamn och i Sölvesborg planeras biogasanläggningar. Fördelningen av mängden matavfall till de olika biologiska behandlingsprocesserna uppskattas till 50 procent. En stor del av matavfallet sorteras dock ut mekaniskt, och ingår därmed inte i miljömålet. Kommunerna i Blekinge kommer att börja med källsortering av matavfall så snart biogasanläggningarnas framtid har beslutats.
- I Skåne finns sju avfallsbolag varav merparten bedriver eller avser att bedriva biogasproduktion bl.a. från matavfall. De av avfallsbolagen som idag komposterar matavfall planerar att behandla det i biogasanläggningar istället. Uppgifter från ett av avfallsbolagen visar dessutom att insamlingsmängden av matavfall skulle kunna vara högre än den är idag. Det skulle alltså vara möjligt att behandla merparten av matavfallet från hushållen i Skåne.
- I Halland förbränns i princip allt hushållsavfall. Eftersom det saknas behandlingskapacitet för den organiska fraktionen avvaktas införande av källsortering. Den största kommunen avser dock att utreda förutsättningarna för biogasproduktion bl.a. baserad på källsorterat hushållsavfall.
- I Västra Götaland finns fyra biogasanläggningar, varav tre behandlar källsorterat matavfall. Ytterligare en biogasanläggning planeras i länets storstadsregion.
- I Värmland visar en systemstudie att i de delar av länet som är glest befolkade åts miljövinsterna med central biologisk behandling upp av ökade transporter. Här uppmuntras till ökad hemkompostering via en sänkning av avfallstaxan. Några av de större kommunerna har planer på centraliserad biogasproduktion av bl.a. källsorterat hushållsavfall.
- I Örebro har de större kommunerna startat system för utsortering av källsorterat matavfall. Den största kommunen med cirka hälften av befolkningen satsar även fortsättningsvis på kompostering.
- I Västmanland finns en biogasanläggning som bl.a. tar emot källsorterat organiskt matavfall från hela regionen.
- I Dalarna satsar de större kommunerna på fortsatt kompostering. Länsstyrelsen har kommit överens med samliga kommuner om att de ska införa de nationella miljömålen avseende avfallshanteringen i sina avfallsplaner under 2006.
- I Gävleborg finns ett avfallsförbund som tar hand om hushållsavfall från 53 % av länets befolkning och komposterar det. Resterande mängder hushållsavfall förbränns. Resterande kommuner i regionen har börjat fundera på källsortering av matavfall.

- I Jämtland är det i dagsläget enbart invånarna i Östersund som källsorterar matavfallet. En systemstudie i Östersunds kommun visar att det inte är ekonomiskt möjligt att bygga en biogasanläggning för enbart behandling av matavfall från en mindre ort, i detta fall med mindre än 60 000 invånare. Systemstudien visar också på att en biogasanläggning på en mindre ort är beroende av andra substrat såsom restprodukter från livsmedelsindustri och annan industri eller från jordbruket. Vidare är det i länet enbart en av de mindre kommunerna som förberett sig på att börja sortera ut matavfall. Det skulle vara möjligt att införa källsortering av matavfall även i övriga angränsande kommuner.
- I Västernorrland, Västerbotten och Norrbottens län har norrlandskommunerna Boden, Luleå, Skellefteå, Umeå och Örnsköldsvik genomfört en gemensam förstudie. De nämnda kommunerna svarar för 50 % av befolkningen i de tre länen.

Begränsningar i biogaspotentialen från matavfall

Den länsvisa genomgången visar att det är möjligt att utöka källsorteringsgraden av hushållsavfall eftersom de flesta regioner har en ambition om utökad källsortering. Genomgången visar på att betydande mängder hushållsavfall, däribland organiskt matavfall som kan källsorteras, går till förbränning idag. En angelägen fråga i Avfall Sveriges rapport 2006:10 var att studera hur stora mängder organiskt avfall som kan komma att materialåtervinnas i framtiden. En ökad materialåtervinning skulle direkt leda till mindre behovskapacitet i förbränningsanläggningar samtidigt som biologisk behandling behöver byggas ut. Av rapporten framgår att materialåtervinningen inte är en konkurrent till slutbehandlingen dvs. förbränning eller rötning av det organiska avfallet. Materialåtervinning styrs främst av politiska beslut såsom producentansvaret, men också av politiska incitament såsom de nationella miljömålen.

Av den länsvisa genomgången framgår tydligt att många kommuner tagit fram eller reviderat sina avfallsplaner i enlighet med Naturvårdsverkets miljömål att 35 % av matavfallet från hushåll, restauranger, storkök och butiker skall behandlas biologiskt 2010. Beroende av t.ex. miljömålets framtida revidering är det möjligt att återvinningsmålet ökas. Det är också möjligt att fler kommuner inför källsortering av matavfall, vilket skulle påverka biogaspotentialen positivt. I kapacitetsutredningen (Avfall Sverige, 2006a) nämns att det skulle vara möjligt att i högre grad satsa på att återvinna sådana material som ger stor miljönytta och minska resurserna för sådan återvinning som av miljöskäl inte anses lika kostnadseffektiv. Behandling av organiskt matavfall i en biogasanläggning är ett steg i strävan mot hållbar utveckling, eftersom det genereras både förnyelsebar energi och näringsämnen återförs marken.

Separeringsgraden för kommersiellt tillgänglig förbehandlingsutrustning för källsorterat matavfall varierar mellan uppskattningsvis 40 – 70 % av inkommande substratmängd. Ett försök med pressning av matavfall visar att endast 44 % av det organiska materialet hamnar i pressvätskan (Carlsson, 2005). Andra uppgifter indikerar på att cirka 75 % av det organiska materialet kan återfinnas i pressvätskan (Stockholms stad, 2005). Genom optimering av förbehandlingsprocessen skulle det vara möjligt att erhålla en högre separeringsgrad. Baserat på ovanstående uppgifter har *den totala biogaspo-*

tentialen med begränsningar uppskattats till cirka 60 % av den totala biogaspotentialen minus biogaspotentialen från hemkomposteringen dvs. cirka 760 GWh/år.

2.5. Biogaspotential för park- och trädgårdsavfall

Den totala biogaspotentialen för park- och trädgårdsavfall beräknas till cirka 400 GWh/år. Park- och trädgårdsavfall har dock egenskaper som inte lämpar sig för vanlig traditionell rötning med våta substrat. Istället passar torrrotning, en teknik som inte är särskilt vanlig i Sverige då enbart två anläggningar är konstruerade enligt metoden. I Tyskland finns däremot uppskattningsvis drygt 300 torrrottningsanläggningar, främst baserade på torrrotning av restprodukter från jordbruket. JTI har under 2007 genomfört en studie avseende torrrotning och kommit fram till att det krävs både teknikutveckling och demonstrationsanläggningar innan torrrotning kan bli vanligt i Sverige (Nordberg & Nordberg, 2007). Vidare påpekas i rapporten att våtrötning ger lägre produktionskostnader än torrrotning både vad gäller fastgödsel och vallensilage. Detta beror främst på att våtrötning har utvecklats under en betydligt längre tid jämfört med torrrotning.

Tekniken för att producera biogas ut park- och trädgårdsavfall finns alltså, men är ännu inte särskilt välkänd i Sverige vilket därmed begränsar den totala biogaspotentialen. Genom kontinuerlig bevakning av den tyska utvecklingen, som JTI förutsätter kommer att fortsätta, kan torrrotning så småningom komma att bli vanligare i Sverige. Termisk förgasning skulle också kunna vara möjlig, men även produktion med denna teknik är minimal i dagsläget och bedöms därmed inte som relevant ännu. Vidare är park- och trädgårdsavfall stapelbara substrat som medger längre transportavstånd (Nordberg & Nordberg, 2007). Detta skulle kunna innebära goda förutsättningar för både torrrotning och termisk förgasning i framtiden.

3. RESTPRODUKTER FRÅN INDUSTRI

Inom kategorin restprodukter från industrin ingår både livsmedelssektorn samt övrig industri som genererar organiskt avfall lämpligt för biogasproduktion. Till övrig industri härrör flygplatser, pappers-, massa- och cellulosaindustrin samt producenter av etanol och RME.

3.1. Datainsamling och avgränsningar

Datainsamlingen har skett på olika sätt beroende på restprodukt och industri. I och med detta kommer varje avfallskategori att redovisas var för sig. Eventuella avgränsningar som gjorts för kategorierna redovisas tillsammans med datainsamlingen.

I en tidigare studie (Linné, 2007) hänvisade Livsmedelsföretagens organisation i Sverige (LI) till de fyra största branschföreningarna som täcker in en stor del av verksamheten inom livsmedelsindustrin. Dessa branschföreningar är: kött och chark, mejeri, bryggeri och bageri/kvarnar. Utöver dessa branscher uppkommer stora mängder restprodukter från den svenska produktionen av socker, potatisstärkelse och konsumtionssprit. Förpackat avfall från livsmedelsindustrin ingår också som restprodukter från livsmedelssektorn.

I sammanställningen redovisas den totala biogaspotentialen samt den totala biogaspotentialen med begränsning, som baseras på uppgifter om den totala mängden restprodukter som kan samlas in samt respektive restprodukts eventuella begränsning. Bedömning av den begränsande mängden restprodukter som finns tillgängliga för biogasproduktion varierar beroende på bransch, vilket diskuteras under respektive bransch. Generellt gäller att restprodukter som idag avsätts som djurfoder inte är tillgängliga för biogasproduktion och därmed utgör en begränsning av den totala biogaspotentialen. Detta motiveras vidare med att djurfoder i ett sådant fall måste importeras till Sverige, vilket varken bedöms vara ekonomiskt eller miljömässigt hållbart med dagens förutsättningar. Om den totala biogaspotentialen jämförs med dess begränsningar ges ändå en indikation på vad som skulle kunna vara möjligt om förutsättningarna ändras för djurfoder inom lantbruket.

3.2. Avfallsmängder

Kött och chark

Enligt branschorganisationen Kött och Chark svarar SCAN AB för cirka 60 % av branschens verksamhet i Sverige. Baserat på data i SCAN:s miljöredovisning 2006 har mängden animaliskt kategori 1, 2 och 3 (avfall, gödsel och slam) beräknats för Sverige. I en studie (Herstad & Sterngård, 2004), som undersökt hur ABP-material (animaliska biprodukter) ska omhändertas i Sverige kan utläsas att cirka hälften av den totala mängden animaliskt avfall var kategori 1 och 2-material samt kategori 3-material som blandats med SRM (specificerat riskmaterial) från charkföretag och som enligt gällande regelverk inte får behandlas i en biogasanläggning. Tillgänglig mängd animaliskt avfall som är möjligt att behandla i en biogasanläggning har beräknats enligt dessa uppgifter. I Tabell 4 redovisas en sammanställning av restprodukter från slakteri och charkuteri.

Tabell 4. Sammanställning av restprodukter från slakterier och charkuterier. (Data i kton våtvikt/år)

	MÄNGDPOTENTIAL FRÅN KÖTT OCH CHARK	
	Total	Total med begränsning
Kategori 3-material	48	-
Gödsel mm. samt fettslam	66	-
SUMMA	114	94

Under 2007 behandlades 89 kton slakteri- och charkuteriavfall i de biogasanläggningar som ingår i Avfall Sveriges statistik samt på en gårdsanläggning. Utöver dessa avfallsmängder finns uppgifter från en biogasinventering att cirka 5 kton restprodukter från slakterier och charkuterier kan vara tillgängligt för biogasproduktion. Merparten av detta slakteriavfall transporteras idag till en behandlingsanläggning utanför Sverige pga. långa transportavstånd till befintliga svenska biogasanläggningar. En biogasanläggning som togs i drift 2007 har erhållit tillstånd att ta emot detta slakteriavfall.

De svenska biogasanläggningarna skulle tillsammans kunna behandla minst 94 kton slakteriavfall, vilket motsvarar mer än 80 % av den totala mängden restprodukter från kött- och charkindustrin. Resterande mängder avsätts idag som djurfoder, och utgör därmed en begränsning av den totala mängdpotentialen.

Restprodukter från slakterier och charkuterier fördelas inte länsvis, främst pga. att några av de kontaktade slakterierna och charkuterierna inte vill att uppgifterna redovisas öppet. Uppgifter har också hämtats från Avfall Sveriges anläggningsstatistik som inte är offentlig. Vidare råder det idag stor konkurrens om dessa restprodukter, vilket medfört omfattande transporter av slakteriavfall till olika biogasanläggningar i Sverige. I och med detta bedöms det inte som relevant för biogaspotentialen var slakteriavfallet uppkommer.

Mejerier

Enligt branschorganisationen Svensk Mjök förädlas 99 % av all mjök av följande sex företag: Arla, Milko, Skånemejerier, Norrmejerier, Falköpings Mejeri och Gefleortens mejeri. Därutöver finns uppgifter på ostproduktionen vid Gäsene mejeri i Västra Götaland. Uppgifterna är hämtade från underlag till Naturvårdsverket (Linné, 2007) samt kompletteringar med uppgifter från respektive mejeris hemsida.

Mejerierna har vid tidigare tillfälle påpekat problemet med att definiera vad som är biologiskt avfall (Linné, 2007). Inom mejeribranschen förekommer stora volymer biprodukter i form av vassle, vassle-biprodukter och fodermjök¹. Vanligen är biprodukterna lätta att sälja som djurfoder, men periodvis vid t.ex. låg svinproduktion kan det bli svårt att få avsättning för de stora volymerna. Mejerierna har,

¹ Fodermjök eller populärt kallad "gränsmjök" är sådan mjök som uppkommer i gränsfaser tex. vid uppstart och rengöring av maskiner samt i retur.

enligt indikation från både Milko och Skånemejerier, för avsikt att ständigt försöka minska mängden fodermjolk. Vid tillfällena då kvaliteten på biprodukterna är bristfällig och inte duger som foder, blir det avfall. Även fettslam från interna reningsverk uppstår i verksamheten. En del av detta slam behandlas i befintliga biogasanläggningar, medan resterande mängder sprids direkt på åkermark. Det skulle vara möjligt att behandla allt detta fettslam i en biogasanläggning.

För att beräkna mängden av dessa restprodukter har uppgifter på total mängd invägd mjölk samt total ostproduktion under 2007 vid respektive mejeri tagits fram. Den totala mjölkinvägningen i Sverige under 2007 uppgick till 2986 kton. Vassle uppkommer vid ostproduktion och för varje kg ost som produceras uppkommer 10 liter vassle. Enligt statistik från Svensk Mjolk uppgick den totala ostproduktionen under 2007 till 108 kton som i sin tur resulterade i 1080 kton vassle. Uppgifter på ostproduktionen vid Milko, Norrmejerier, Falköping och Gäsene har tagits från respektive bolags årsredovisning. Milko och Skånemejerier äger tillsammans Ostkompaniet, som står för 25 % den svenska av osttillverkningen. Ostproduktionen vid Skånemejerier har beräknats utifrån dessa uppgifter. Resterande mängder ost har antagits tillhöra Arla. Fördelningen av Arlas ostproduktion har beräknats genom procentuell andel av den invägda mjölken vid respektive mejeri samt med hjälp av nyckeltal från Svensk Mjolk på mängd invägd mjölk samt ostproduktion under 2007, där 1 ton invägd mjölk ger 0,1 ton ost. Uppgifter på mängden fodermjolk från respektive mejeri har beräknats med nyckeltal från ett mejeri, 0,006 kg TS fodermjolk/kg invägd mjölk. Även för mängden avloppsslam används nyckeltal från ett mejeri, 0,00328 kg TS avloppsslam/kg invägd mjölk. Baserat på uppgifter från ett mejeri antas vassle ha 5,5 % TS, fodermjolk 2 % TS och avloppsvatten från mejerierna ha 0,07 % TS. I Tabell 5 redovisas mängden restprodukter från de svenska mejerierna.

Tabell 5. Sammanställning över mängden restprodukter från mejerier. (Data i kton TS/år)

	MÄNGDPOTENTIAL FRÅN MEJERIER	
	Total	Total med begränsning
Vassle	59,8	29,9
fodermjolk	17,9	8,9
Fettslam från reningsverk	9,8	9,8
SUMMA	87,5	48,6

Av den totala mängden restprodukter från mejerier avsätts nästan all vassle och gränsmjölk som djurfoder idag. Det förekommer ett fall där vassle och fodermjolk behandlas i biogasanläggning. I ett flertal biogasinventeringar som gjorts under senare år har vassle varit av intresse som substrat. I en planerad biogasanläggning är fodermjolk av intresse som substrat. Till skillnad från den generella avgränsningen inom projektet att alla restprodukter som idag avsätts som djurfoder skall exkluderas från den begränsande potentialen, har ett antagande som baserat på ovanstående information gjort om att endast 50 % av mängden vassle och gränsmjölk utgör en begränsning av den totala mängdpotentialen. Denna begränsning har gjorts eftersom det råder en viss efterfrågan på restprodukter från mejerier till biogasproduktion.

I Tabell 6 redovisas en länsvis sammanställning av den totala mängdpotentialen samt dess begränsning av restprodukter från mejerierna.

Tabell 6. Länsvis sammanställning över mängden restprodukter från mejerier. (Data i kton TS/år)

	MÄNGDPOTENTIAL FRÅN MEJERIER	
	Total	Total med begränsning
Stockholm	3,0	2,0
Östergötland	2,0	1,4
Jönköping	3,1	2,1
Kalmar	5,3	2,8
Skåne	12,5	6,8
Halland	11,9	6,3
Västra Götaland	34,6	18,7
Värmland	1,9	1,1
Dalarna	0,7	0,5
Gävleborg	3,6	1,9
Västernorrland	0,6	0,4
Jämtland	2,5	1,3
Västerbotten	5,0	2,7
Norrboten	0,8	0,6
Totalt	87,5	48,6

Bryggerier

Enligt Svenska Bryggareföreningen står Carlsberg, Spendrups, Kopparbergs, Åbro och Krönleins för 99 % av den totala öl- och läsktillverkningen i Sverige. Lämpliga restprodukter från bryggerierna är dravavfall (skal) och jäst, som idag avsätts som djurfoder. Vid bryggerierna uppkommer också stora mängder avloppsvatten som antingen går till kommunala reningsverk med efterföljande biogasproduktion eller i ett fall till en egen biogasanläggning. Det är endast slammet från bryggeriet med egen biogasanläggning som kategoriseras som restprodukt från livsmedelsindustrin. Mängden slam från resterande bryggerier redovisas under avfallskategori "slam" eftersom det behandlas i kommunala reningsverk.

Uppgifter för Carlsberg, Spendrups, Åbro och Krönleins har hämtats från underlaget till en tidigare studie (Linné, 2007). För beräkning av Kopparbergs andel har uppgifter på den tillståndspliktiga produktionsmängden använts (Kopparberg, 2008). Den tillståndspliktiga produktionen uppgår till 149,5 miljoner liter, varav Kopparbergs och Sofiero står för 100 respektive 15 miljoner liter. Resterande mängd antas vara lika fördelad mellan Zeunerts och Banco. Uppgifter för Kopparbergs har baserats på ett beräknat medelvärde av mängden avloppsvatten, dravavfall och jäst som uppkommer vid de först-

nämnda bryggerierna. Dessa medelvärden har sedan multiplicerats med den beräknade produktionsmängden vid respektive av Kopparbergs bryggerier.

Dravavfall och jäst utgör en begränsning av den totala mängdpotentialen, eftersom dessa restprodukter även fortsättningsvis antas komma att avsättas som djurfoder. Antagandet stärks av uppgifter från det bryggeri med egen biogasanläggning som inte behandlar dessa restprodukter i sin anläggning. Detta visar på att det finns en tydlig efterfrågan på dravavfall och jäst som djurfoder. För sammanställning över mängden restprodukter från de svenska bryggerierna, se Tabell 7.

Tabell 7. Sammanställning över mängden restprodukter från svenska bryggerier. (Data i kton våtvikt/år)

	MÄNGDPOTENTIAL FRÅN BRYGGERIER	
	Total	Total med begränsning
Dravavfall (21 % TS)	59	0
Jäst (15 % TS)	9	0
Slam till intern biogasanläggning	730	730
SUMMA	798	730

I Tabell 8 görs en länsvis fördelning över mängden restprodukter från bryggerierna. Både den totala mängdpotentialen och dess begränsningar är betydligt högre i Halland, vilket beror på att bryggeriet med intern biogasanläggning är lokaliserad här.

Tabell 8. Länsvis sammanställning av mängden restprodukter från svenska bryggerier. (Data i kton våtvikt/år)

	MÄNGDPOTENTIAL FRÅN BRYGGERIER	
	Total	Total med begränsning
Stockholm	11	0
Kronoberg	2	0
Kalmar	3	0
Gotland	0,04	0
Halland	753	730
Dalarna	27	0
Västernorrland	2	0
Totalt	798,04	730

Bageri/kvarnar

Från bagerier uppstår främst förpackade kassationer i samband med tillverkningen samt returbröd från butiker som går tillbaka till bagerierna. Denna fraktion redovisas under rubriken "förpackat livs-

medelsavfall". Merparten av det förpackade returbrödet avsätts som djurfoder. Mindre mängder t.ex. spill och kladdiga kakor går som brännbart.

Vid kvarnar uppstår främst avrens och skal från spannmål. I en tidigare studie (Linné, 2007) redovisas att det totalt uppkommer 78 kton restprodukter från bagerier och kvarnar, varav cirka 21 kton bedöms vara förpackat (Avfall Sverige, 2007). Den totala avfallsmängden från kvarnarna uppgår därmed till 57 kton. Restprodukterna redovisas inte länsvis pga. konkurrenssituationen mellan involverade företag. Om en länsvis fördelning görs, finns en uppenbar risk att någon kvarn pekas ut.

Merparten av restprodukterna från kvarnindustrin används idag som biobränsle i biobränsleeldade förbränningsanläggningar. Det finns därmed ett uppbyggt system för förbränning av kvarnarnas restprodukter. Vidare tyder indikationer från branschen på att flera är "stolta" över sin självförsörjning. Samtidigt indikerar andra uppgifter från diverse biogasinventeringar på att det finns mindre kvarnar som är intresserade av att finna mer långsiktiga lösningar för avsättningen av sina restprodukter. Det skulle vara möjligt att ersätta spannmålsavrens med andra restprodukter såsom t.ex. flis. Även om det finns ett uppbyggt system för förbränningen av spannmålsavrens, anses detta inte som en begränsning. I Tabell 9 redovisas en sammanställning av mängden restprodukter från kvarnindustrin.

Tabell 9. Sammanställning av mängden restprodukter från kvarnar. (Data i kton våtvikt/år)

	MÄNGDPOTENTIAL FRÅN KVARNAR	
	Total	Total med begränsning
Övrigt	57	57

Restprodukter från övrig livsmedelsindustri

I Sverige finns idag ett tjugotal biogasanläggningar där olika substrat samrötas. Enligt statistik från Avfall Sverige (2008) behandlades cirka 86 kton restprodukter från livsmedelsindustrin (ej slakterier) i dessa biogasanläggningar under 2007. Exempel på livsmedelsindustrier som ingår i denna kategori är bl.a. grönsaksberedning, fiskerier/rökerier, äggproduktion, kycklingslakterier samt färdigmatstillverkning. Uppgifterna i Avfall Sveriges anläggningsstatistik är inte offentliga, och därmed kan ingen länsvis uppdelning av dessa restprodukter erhållas. Om en länsvis uppdelning ändå skulle försöka göras, finns en risk att specifika biogasanläggningar pekas ut då det i vissa län endast finns en anläggning. Vidare är, i likhet med slakteri- och charkuteriavfallet, en del av restprodukterna från övrig livsmedelsindustri utsatta för en viss konkurrens.

Ett flertal kommuner har ansökt om, och några har beviljats, bidrag från KLIMP för nya biogasanläggningar. Flera av dessa biogasanläggningar är lokaliserade i områden med relativt god tillgång på restprodukter lämpliga för biogasproduktion. En sammanställning av tio planerade samrötningsanläggningar visar att nästan 50 % av ingående avfall till dessa anläggningar redan idag går till biogasanläggningar, cirka 40 % går till djurfoder och att resterande avfallsmängder antingen sprids direkt på åkermark eller förbränns. Detta bevisar att det råder konkurrens om vissa avfallslag och stärker argumentet för att vissa avfallslag inte behöver fördelas länsvis. Resultatet av inventeringar vid de planerade

biogasanläggningarna visar att cirka 55 kton restprodukter från livsmedelsindustrin inte behandlas i biogasanläggningar idag, varav cirka 80 % avsätts som djurfoder idag och utgör därmed en begränsning av mängdpotentialen..

Baserat på ovanstående uppgifter finns det totalt cirka 140 kton restprodukter från övrig livsmedelsindustri, varav 60 % redan idag behandlas i biogasanläggningar. Med hänsyn taget till den mängd restprodukter som idag avsätts som djurfoder, utgör den begränsande mängdpoteintalen cirka 100 kton.

I Tabell 10 redovisas en sammanställning över mängden restprodukter från övrig livsmedelsindustri.

Tabell 10. Sammanställning över mängden restprodukter från övrig livsmedelsindustri. (Data i kton våtvikt/år)

MÄNGDPOTENTIAL FRÅN ÖVRIG LIVSMEDELSINDUSTRI		
	Total	Total med begränsning
Behandlade avfallsmängder från övrig livsmedelsindustri i befintliga biogasanläggningar 2007	86	86
Inventerade avfallsmängder inom övrig livsmedelsindustri som idag inte behandlas i biogasanläggningar	55	11
SUMMA	141	97

Restprodukter från övrig livsmedelsindustri fördelas inte länsvis, med motivering att det uppstått konkurrens kring vissa avfallsfraktioner och att andra avfallsfraktioner har avsättning som djurfoder. Det förefaller därmed inte relevant att se var avfallet uppkommer.

Producent av socker, stärkelse och konsumtionssprit

Den svenska sockerproduktionen sker vid Danisco Sugar i skånska Örtofta. BioMil AB har vid ett tidigare tillfälle genomfört en utredning om biogasproduktion från restproduktion från Danisco Sugar. Restprodukter från sockertillverkningen är främst betblast och betmix vars mängder inte redovisas separat. Vid Danisco uppkommer också avloppsvatten som behandlas i ett internt reningsverk med efterföljande biogasanläggning. Mängden avloppsvatten vid Danisco Sugar redovisas inte i mängdsammanställningen, men anläggningens biogasproduktion inkluderas i biogaspotentialen.

Lyckeby Stärkelsen i Kristianstad och Sölvesborg svarar för Sveriges produktion av potatisstärkelse. Framställningen av stärkelse från potatis genererar stora mängder fruktsaft samt pulpa, som sprids direkt på åkermark samt avsätts som djurfoder. Uppgifter på dessa restprodukter har erhållits via personlig kontakt med anläggningsföreträdare. I Kristianstad uppkommer 189 kton fruktsaft och i Sölvesborg uppkommer 50 kton fruktsaft (Linné, 2007). De båda produktionsanläggningarna har mer eller mindre långtgående planer att producera biogas från fruktsaft. Vidare har Kristianstad erhållit bidrag från KLIMP och Sölvesborg ansökte om KLIMP 2008.

Den svenska produktionen av konsumtionssprit sker huvudsakligen på Absolut Company i Kristianstad. Mindre mängder produceras även i Lidköping. Uppgifter på restprodukterna som uppkommer

vid dessa anläggningar har erhållits via personlig kontakt med anläggningsföreträdare. Under 2007 producerades 400 kton blötdrink med en genomsnittlig TS-halt på 9 % (Stavström, 2008). Provrötning har skett tillsammans med fruktsaft från den intilliggande stärkelsefabriken. Vid anläggningen i Kristianstad uppstår också cirka 1,5 miljoner liter finkel- och sekundärsprit, som i dagsläget avsätts som kolkälla i det kommunala reningsverket. Det är praktiskt möjligt att behandla hela mängden restprodukter från sprit- och stärkelseproduktionen i biogasanläggningar, vilket innebär att det inte finns någon begränsande faktor. I Tabell 11 redovisas en länsvis sammanställning av mängden restprodukter från den svenska produktionen av konsumtionssprit och potatisstärkelse.

Tabell 11. Länsvis sammanställning av restprodukter från den svenska produktionen av socker, potatisstärkelse och konsumtionssprit. (Data i kton våtvikt/år)

	MÄNGDPOTENTIAL	
	Total	Total med begränsning
Blekinge	50	50
Skåne	1101	641

Förpackat livsmedelsavfall

Uppgifter på mängden förpackat livsmedelsavfall har erhållits från Avfall Sveriges rapport 2007:04, där SP, SIK samt JTI genomfört en undersökning avseende dagens hantering av förpackat livsmedelsavfall. Enligt denna undersökning uppskattas överslagsmässigt mängden förpackat avfall från livsmedelsindustrin till cirka 50 kton våtvikt/år, varav cirka 50 % har uppskattats komma från bagerier. Vidare är rapportens bedömning att dessa mängder inte kommer att minska bl.a. beroende på ökad diversifiering av produkterna. För sammanställning av mängden förpackat livsmedelsavfall, se Tabell 12.

Tabell 12. Sammanställning av uppskattad mängd förpackat avfall per bransch. Uppgifter är tagna direkt ur Avfall Sveriges rapport 2007:04. (Data i kton våtvikt/år)

	MÄNGDPOTENTIAL	
	Total	Total med begränsning
Fiskberedningsindustri	0,1	0,1
Potatisindustri	0,5	0,5
Juice- och saftindustri	2,6	2,6
Industri för råa oljor och fetter	2,9	2,9
mejerier	2,7	2,7
Glassindustri	0,1	0,1
Industri för beredda fodermedel samt mat för sällskapsdjur	9,6	9,6
Bagerier	24,1	24,1
Industri för senap, ketchup, kryddor och andra sötningsmedel	0,7	0,7
Annan industri samt tobaksindustrin	4,5	4,5
SUMMA	47,8	47,8

Mängden förpackat livsmedelsavfall fördelas inte länsvis, med motivering att det idag enbart finns ett tiotal behandlingsanläggningar för denna sorts avfall i Sverige. Behandlingsanläggningarna är dessutom utspridda i Sverige, från Eslöv i Skåne till Östersund i Jämtland. Vidare framgår i Avfall Sveriges rapport 2007:04 att den totala behandlingskapaciteten för befintliga och planerade behandlingsanläggningar uppgår till cirka 80 % av den totala mängden förpackat livsmedelsavfall. Med detta som bakgrund antas att en viss regional fördelning av det förpackade livsmedelsavfallet faktiskt kommer att ske.

Flygplatser

Mängden avisningsvätska (MPG) som uppkommer på flygplatser har beräknats genom ett medelvärde för de senaste fem årens nyckeltal i Luftfartsverkets miljöredovisning samt statistik för antalet passagerare per flygplats under det senaste året. Det beräknade medelvärdet uppgår till 0,1002 kg MPG/passagerare. Mängden avvisningsvätska som används på flygplatserna för avisning av flygplan redovisas i ren (100 %) MPG dvs. mängden vatten i brukslösningen är borträknad.

Flygplatsen i Luleå har byggt en återvinningsstation för använd och uppsamlad MPG. Enligt LVF återvanns nästan 100 % av MPG:n vid Luleå flygplats under 2006. Eftersom mängden MPG från Luleå har annan avsättningen i dagsläget, inkluderas den inte i den totala mängdpotentialen med begränsning. Övrig mängd MPG antas ha avsättning som biogas redan i dagsläget, eftersom merparten av uppsamlad MPG lämnas på de kommunala reningsverken.

Vidare har Arlanda flygplats har långtgående planer på egen biogasanläggning för behandling av avisningsvätska. I Tabell 13 redovisas en länsvis sammanställning av avisningsvätska från flygplatser. Av tabellen går att utläsa att cirka 60 % av all MPG uppkommer vid Arlanda flygplats.

Tabell 13. Sammanställning av avisningsvätska från flygplatser med länsvis fördelning. (Data i ton MPG/år)

	MÄNGDPOTENTIAL	
	Total	Total med begränsning
Stockholm	2123	2123
Jönköping	11	11
Gotland	34	34
Blekinge	27	27
Skåne	242	242
Västra Götaland	469	469
Värmland	13	13
Västernorrland	51	51
Jämtland	41	41
Västerbotten	113	113

	MÄNGDPOTENTIAL	
	Total	Total med begränsning
Norrbotten	121	21
Totalt	3245	3145

Pappers-, massa och cellulosaindustrin

Uppgifter på mängden bioslam från pappers-, massa och cellulosaindustrin har erhållits från branschorganisationen Skogsindustrierna som bl.a. har en miljödatabas där alla bruk lämnar miljörelaterande uppgifter. Personlig kontakt har tagits med representant vid bioreningen på Domsjö Fabriker i Örn-sköldsvik.

Cirka hälften av de bruk som lämnat uppgifter till miljödatabasen separerar inte fiber- och bioslam. Pga. högt fiberinnehåll i fiberslam är det enbart lämpligt att behandla bioslam i en biogasanläggning. I sammanställningen nedan redovisas därför endast de bruk (cirka hälften av alla bruk som redovisat sina slamdata) som redovisat specifik data för producerat bioslam. Utifrån statistik för dessa bruk går att utläsa att mer än 50 % av detta bioslam förbränns idag, cirka 30 % komposteras eller sprids direkt till mark och att resterande 20 % materialåtervinns eller omhändertas på annat sätt. I den totala mängdpotentialen med begränsning bedöms även andelen av bioslammet som idag förbränns, vara tillgängligt för biogasproduktion.

Av uppgifterna i miljödatabasen går det också att utläsa att bioslammets ts-halt varierar från 2 % till 100 % i redovisningen, varför bioslammet kommer att redovisas i ton TS.

I Tabell 14 sammanfattas mängden bioslam som uppstår vid dessa industrier i Sverige.

Tabell 14. Sammanställning av mängden bioslam från pappers, massa och cellulosaindustrin, exklusive data på avloppsvattnet vid bioreningen på Domsjö Fabriker. (Data i kton TS/år)

	MÄNDPOTENTIAL	
	Total	Total med begränsning
Östergötland	0,8	0,8
Jönköping	2,2	2,2
Kronoberg	1,1	1,1
Kalmar	11,1	11,1
Blekinge	1,2	1,2
Skåne	11,0	11,0
Halland	3,8	3,8
Värmland	2,7	2,7
Örebro	5,3	5,3
Dalarna	5,7	5,7
Gävleborg	4,1	4,1

	MÄNDPOTENTIAL	
	Total	Total med begränsning
Västernorrland*	17,4	17,4
Västerbotten	3,5	3,5
Norrbotten	1,1	1,1
SUMMA	71	71

* Domsjö Fabriker ligger i Västernorrland. Uppgifter på avloppsvattnet vid Domsjö Fabriker ingår inte i sammanställningen, se diskussion nedan.

Vid Domsjö Fabriker i Örnsköldsvik behandlas ingående avloppsvatten från Domsjö, Akzo Nobel och SEKAB först i ett anaerobt system där biogas produceras. I anaerobsteget reduceras avloppsvattnets innehåll av COD med cirka 80 %. Via en sedimenteringsbassäng sedimenteras slammet med anaeroba mikroorganismer, och avloppsvattnet leds vidare till ett aerobt system medan slammet pumpas tillbaka till det anaeroba systemet. Årligen renas drygt 2 miljoner m³ avloppsvatten, med en COD-koncentration på 13,5 g/l i den gemensamma bioreningen (Geijer, 2008). Mängden avloppsvatten vid Domsjö Fabriker redovisas inte i mängdsammanställningen, men anläggningens biogasproduktion inkluderas i biogaspotentialen.

Restprodukter från övrig industri

De restprodukter som ingår från övrig industri är bl.a. garveriafall, substrat från läkemedelsindustri, glycerol från produktion av RME samt drank från produktion av etanol.

Under 2007 behandlades cirka 40 kton restprodukter från övrig industri i de biogasanläggningar som ingår i statistik från Avfall Sverige (2008). Det är främst restprodukter från garveri, läkemedelsindustri och RME-produktion som ingår i dessa data.

Den storskaliga produktionen av RME i Sverige sker vid Lantmännen Ecobränsle i Karlshamn samt vid kemiföretaget Perstorps anläggning i Stenungsund. Enligt uppgifter från Lantmännen Ecobränsles hemsida har det senaste året kännetecknats av dålig lönsamhet i kombination med produktionsproblem på anläggningen. Under 2008 kommer därför Lantmännen Ecobränsle att göra ett produktionsuppehåll. Produktionen av RME i Stenungsund har beräknats uppgå till 60 kton i början (Perstorp, 2008). Vid produktion av RME erhålls en glycerol som restprodukt. Merparten av den glycerol som uppstår i Stenungsund kommer att behandlas i svenska biogasanläggningar.

Den svenska produktionen av etanol sker idag på två platser i Sverige. På Agroetanol i Norrköping tillverkas spannmålsbaserad etanol och vid SEKAB i Örnsköldsvik produceras etanol av en restprodukt från Domsjö sulfittfabrik. SEKAB har också en pilotanläggning för produktion av cellulosebaserad etanol, med en kapacitet på 150 m³ etanol per år.

Agroetanols produktion uppgår till cirka 55 000 m³/år, som ger upphov till 45 kton proteinrik drank (Agroetanol, 2008). Under 2007 tog den intilliggande biogasanläggningen emot ungefär 15 kton

drankvatten (10 % TS) från Agroetanol (Ek, 2007). Enligt uppgift från Svensk Biogas AB är drankvatten en av två restprodukter efter dekantering av drank. Den andra fraktionen är en våtkaka som efter torkning avsätts som djurfoder. Biogasanläggningen i Norrköping är, enligt uppgift i anläggningens miljörapport för 2007, dimensionerad för att producera cirka tre gånger så mycket biogas som under 2007. Förutom drankvatten togs spannmålsrens emot i biogasanläggningen. Det är möjligt att behandla drank direkt i en biogasanläggning, men så länge som drank från etanoltillverkningen kan avsättas som djurfoder kommer biogasproduktion baserad på drank vara relativt liten. I den totala mängdpotentialen med begränsning görs därför antagandet att den närbelagda biogasanläggningen vid Agroetanol tar emot nästan hela den möjliga mängden drankvatten som faktiskt finns tillgänglig för biogasproduktion.

Tabell 15. Sammanställning av mängden restprodukter från övrig industri. (Data i kton våtvikt/år)

	MÄNGDPOTENTIAL	
	Total	Total med begränsning
Behandlade avfallsmängder från övrig industri i befintliga biogasanläggningar under 2007	40	40
Glycerol från RME-produktion	6,6	6,6
Drankprodukter från etanolproduktion*	45**	15***

* exklusive drank från SEKAB pga liten mängd, ** drank, *** drankvatten

Vidare finns ett flertal planer på produktionsanläggningar för etanol och RME i Sverige, dock ligger flera av dessa ännu i sin linda. Eftersom ingen av dessa anläggningar har produktion i dagsläget inkluderas inte restprodukterna från dessa anläggningar i potentialstudien. Indikationer från SEKAB pekar på en kommersiell produktion av 120 000 m³ cellulosabaserad etanol år 2014.

Baserat på uppgifter om energibalans vid en planerad etanolfabrik på spannmål framgår att produktion av 1 GWh etanol genererar restprodukter motsvarande 0,6 GWh biogas (Nordisk Etanolproduktion AB, 2007). För cellulosabaserad etanol är förhållandet 0,66 GWh biogas/1 GWh etanol (SEKAB, 2008). Generellt gäller att produktion av 1000 liter RME ger cirka 110 liter glycerol, vilket skulle innebära att produktion av 1 GWh RME genererar restprodukter motsvarande 50 MWh biogas.

3.3. Biogasutbyte

I Tabell 16 redovisas biogasutbytet för de avfallsslag vars biogaspotential har beräknats. För resterande avfallslag har biogaspotentialen för den givna mängden varit känd som direkt referens. I de flesta fall är gasutbytet för avfallsslagen kända, men i några fall har kvalificerade uppskattningar av gasutbyte gjorts. Detta är främst gällande för förpackat livsmedelsavfall. I Tabell 16 redovisas gällande metanutbyte för respektive avfallslag. Under tabellen kommenteras en del av uppgifterna i tabellen. Uppgifter på metanutbyten som inte kommenteras är baserade på tidigare rapporter, beräkningar och provrötningar från BioMil AB.

Tabell 16. Metanproduktion från respektive råvara.

Avfallsslag	Metanutbyte	Enhet
Slakteriavfall, kat 2-3	5,53	MWh/ton TS
Slam och gödsel från slakterier	4	MWh/ton TS
Vassle och fodermjök	4,5	MWh/ton TS
Fettslam från mejerier	6,3	MWh/ton TS
Dravavfall från bryggeri	4	MWh/ton TS
Jäst från bryggeri	4,5	MWh/ton TS
Slam från reningsverk på bryggeri	0,012	MWh/ton processvatten
Avrens och skal från kvarn	3	MWh/ton TS
Fruktsaft och pulpa	2,5	MWh/ton TS
Blötdrink från spritproduktion	3,85	MWh/ton TS
Finkel- och sekundärsprit	4,5	MWh/ton TS
Förpackat – fiskberedning	1,25	MWh/ton våtvikt
Förpackat - potatisindustri	0,95	MWh/ton våtvikt
Förpackat – juice och saftindustri	0,2	MWh/ton våtvikt
Förpackat – oljor och fetter	0,24	MWh/ton våtvikt
Förpackat – mejeri och glassindustri	0,78	MWh/ton våtvikt
Förpackat – fodermedel	1,3	MWh/ton våtvikt
Förpackat - bagerier	2,85	MWh/ton våtvikt
Förpackat – senap/ketchup/kryddor	0,78	MWh/ton våtvikt
Förpackat – annat och tobak	1	MWh/ton våtvikt
MPG	2,23	MWh/ton MPG
Bioslam från pappers-, massa- och cellulosa-industrin	1,15	MWh/ton TS
Drankvatten från etanolproduktion	3	MWh/ton vs

Kommentarer till uppgifterna i Tabell 16:

För kategori 2 och 3 avfall från slakterier har ett medelvärde för mag/tarminnehåll och mjukdelar antagits (Basdata om biogas, 2006). Mängden gödsel i slam-gödselblandningen från slakteri bedöms vara relativt liten, därmed har data för gasutbyte på slam (419 m³ metan/ton TS) antagits. För att ändå ta hänsyn till gödselinnehållet har gasutbytet reducerats till 400 m³ metan/ton TS.

Gasutbyte för slam från reningsverk på bryggeri är baserad på verkliga produktionsdata (Carlsberg, 2006).

Gasutbyte för blötdrink från spritproduktion (Stavström, 2007) samt fruktsaft och pulpa från stärkelseproduktion är baserad på data från provrötningsförsök.

För förpackat livsmedel har gasutbyten antagits per industri pga. stor variation på avfallens innehåll. Gasutbyten för förpackat livsmedel redovisas per ton våtvikt beroende på stor osäkerhet kring avfallens TS-halter. Data för fiskberedning, juice- och saftindustrin, industri för råa oljor och getter samt bagerier har beräknats utifrån energiproduktion per ton TS samt antagna TS-halter.

Gasutbyte för MPG vid flygplatserna har beräknats utifrån data i en studie gjord på Arlanda under 2004 (Nationellt samverkansprojekt Biogas i Fordon, 2004).

Indikationer från ett aktuellt projekt med bioslam för rötning visar på att gasutbytet förbättras om bioslammet förbehandlas (Nyström, 2008). Baserad på erfarenhet från BioMil AB har ett generellt gasutbyte för bioslam som inte förbehandlats antagits. I stället diskuteras förbehandlingsmetoder generellt som en framtida potential i separat kapitel.

I ett examensarbete vid Linköpings Universitet (Wiberg, 2007) har rötningsexperiment på drankvatten från Agroetanol utförts. I rapporten redovisas att den specifika gasproduktionen var 0,6-0,7 liter per g VS och metanhalten ungefär 45 %, vilket motsvarar ungefär 3 MWh/ton VS.

3.4. Biogaspotential per bransch

Den totala biogaspotentialen baserad på restprodukter från livsmedelsindustri och annan industri uppgår till 1962 GWh/år. När restprodukter som idag främst avsätts som djurfoder exkluderas är den totala biogaspotentialen med begränsning 1062 GWh/år. I Tabell 17 redovisas en sammanställning av biogaspotentialen fördelad per bransch.

Tabell 17. *Biogaspotential per bransch inom livsmedelsindustri och annan industri. (Data i GWh/år)*

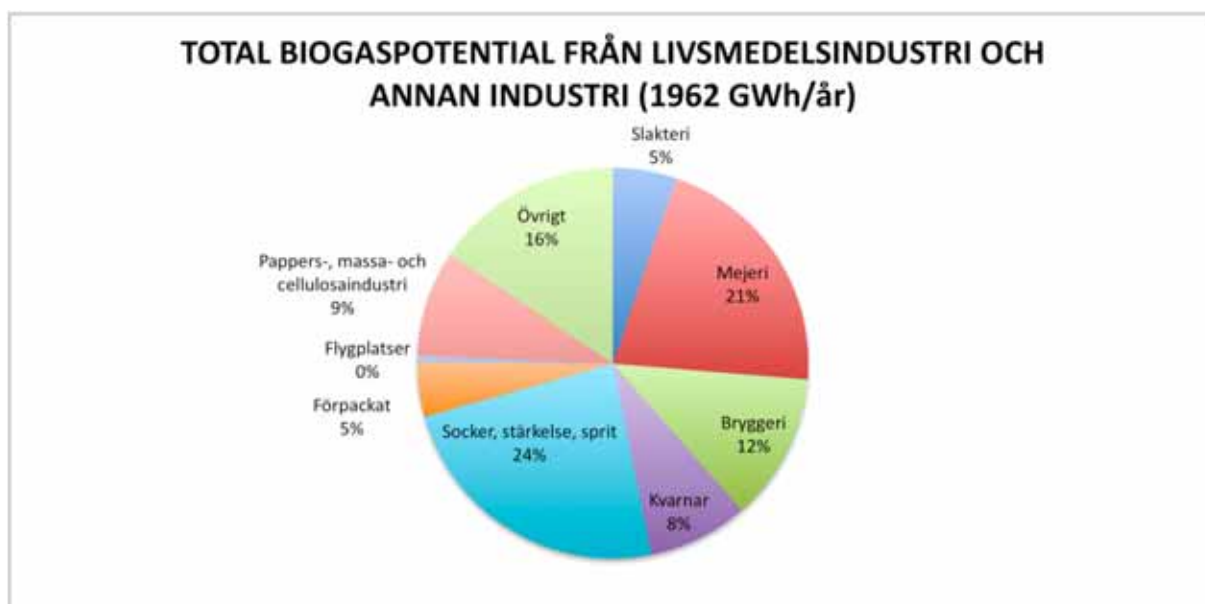
	BIOGASPOTENTIAL	
	Total	Total med begränsning
Slakteri	104	86
Mejeri	412	236
Bryggeri	240	9
Kvarnar	163	163
Socket-, stärkelse- och spritproduktion*	466	189
Förpackat livsmedel	90	90
Övrig livsmedelsindustri och annan industri**	307***	110
Flygplatser	9	8
Pappers-, massa och cellulosaindustri****	171	171
SUMMA	1962	1062

* Inklusive intern biogasproduktion vid biogasanläggningen på Danisco Sugar.

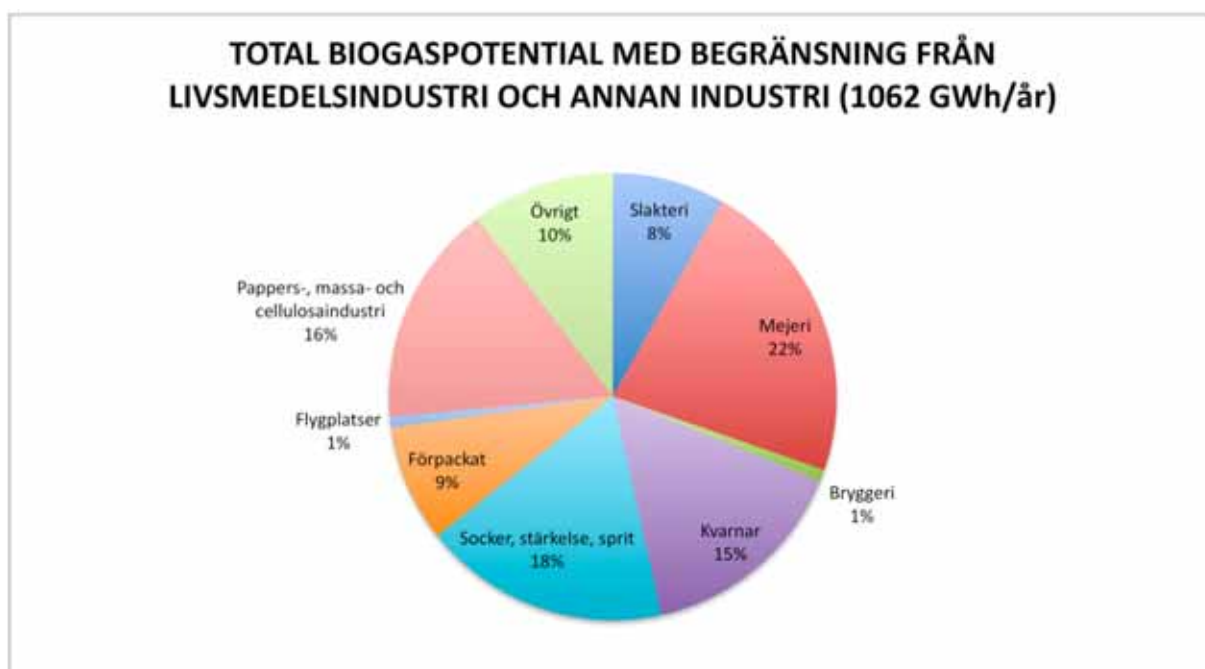
** Biogaspotentialen för övriga avfall inom livsmedelsindustrin och annan industri har beräknats genom uppgifter från Avfall Sverige över den totala biogasproduktionen samt fördelningen av ingående råvaror i kategorierna slakteri, hushållsavfall, gödsel, livsmedelavfall samt övrigt industrin.

*** Exklusive biogaspotential från restprodukterna vid etanolproduktionen på SEKAB samt eventuell kommande produktion av etanol och RME. Generellt gäller att produktion av 1000 liter RME ger cirka 110 liter glycerol, vilket skulle innebära att produktion av 1 GWh RME genererar restprodukter motsvarande 50 MWh biogas.

**** Inklusive biogasproduktionen vid bioreningen på Domsjö Fabriker i Örnsköldsvik.



Figur 1. Fördelning av den totala biogaspotentialen (1962 GWh/år) från livsmedelsindustri och annan industri.



Figur 2. Fördelning av den totala biogaspotentialen med begränsning (1062 GWh/år) från livsmedelsindustri och annan industri.

Under inventeringen har det konstaterats att merparten av slakteriavfallet i Sverige behandlas i befintliga biogasanläggningar. Det råder vidare en viss konkurrens kring dessa restprodukter, vilket möjli-

gen indikerar att ännu mer slakteriavfall kan komma att avsättas för biogasproduktion istället för som djurfoder i framtiden.

Den *totala biogaspotentialen med begränsning* från mejeriernas restprodukter är ungefär hälften av den totala biogaspotentialen för samma avfall. Vid många mejerier kommer efterfrågan på restprodukterna att styra dess avsättning dvs. om en biogasanläggning har möjlighet att betala minst samma pris som lantbrukaren kan förutsättningarna ändras. I den *totala biogaspotentialen med begränsning* har antagits att 50 % av all vassle och fodermjölk samt allt fettslam går till biogasproduktion, efter indikationer på att några befintliga biogasanläggningar är intresserade av att behandla vassle och fodermjölk.

Från bryggerierna är det endast avloppsvatten från ett bryggeri som behandlas i separat biogasanläggning, resterande mängder avloppsvatten behandlas i kommunala reningsverk. I verkligheten är därmed den *totala biogaspotentialen med begränsning* från bryggerierna högre, men denna biogasproduktion inkluderas i biogaspotentialen för slam. Ett bryggeri har långtgående planer att bygga en biogasanläggning för rötning av avloppsvattnet, eftersom det kommunala reningsverket som idag behandlar avloppsvatten är hårt belastat.

Av den totala biogaspotentialen från socker-, stärkelse- och spritproduktionen står betmassan från sockerproduktionen för 60 % samt dranken från sprittillverkningen för 30 %. Pga. prisbildningen på betmassa är den inte intressant för biogasproduktion och räknas därmed bort i den *totala biogaspotentialen med begränsning*. Detta leder i sin tur till att drank står för 75 % av den *totala biogaspotentialen med begränsning*. Den totala biogaspotentialen från restprodukter vid sockertillverkningen är hög, men den *totala biogaspotentialen med begränsning* bedöms vara mindre bl.a. pga. hög efterfrågan på restprodukterna. Den *totala biogaspotentialen med begränsning* från dessa branscher bedöms vara relativt uppnådd inom några år.

Skillnaden mellan den totala och den *totala biogaspotentialen med begränsning* inom övrig livsmedelsindustri och annan industri är att drank räknas som råvara i den totala biogaspotentialen och drankvatten som råvara i den *totala biogaspotentialen med begränsning*. Det är möjligt att röta drank, men så länge som drank från etanolproduktion kan avsättas som djurfoder kommer biogasproduktion baserad på ren drank vara liten med dagens prisnivåer.

Vad gäller flygplatserna står Arlanda för 60 % av den totala biogaspotentialen. Övrig biogaspotential förutsätts uppkomma vid rötning av avisningsvätskan vid kommunala reningsverk. Avisningsvätskan tillförs i dessa fall direkt till reningsverkets rötchammare och ingår därmed inte i statistik över slam från reningsverken. Det är möjligt att producera biogas ur merparten av avisningsvätskan från flygplatserna.

Av den totala biogaspotentialen står biogasproduktionen vid bioreningen på Domsjö Fabriker för 89 GWh, vilket motsvarar mer än 50 %. Sett till den *totala biogaspotentialen med begränsning* utgör biogasproduktionen från Domsjö cirka 70 %. Den stora skillnaden mellan den totala och den totala

biogaspotentialen med begränsning beror på att mer än hälften av bioslammet som uppkommer inom pappers-, massa- och cellulosaindustrin förbränns.

3.5. Biogaspotential per län

I Tabell 18 redovisas en länsvis fördelning av *den totala och totala biogaspotentialen med begränsning* baserad på restprodukter från livsmedelsindustri och annan industri i Sverige. Vissa restprodukter har av olika anledningar inte fördelats länsvis, utan redovisas som övrigt i tabellen. Dessa restprodukter utgör ungefär 20 % av den totala biogaspotentialen och ungefär 30 % av *den totala biogaspotentialen med begränsning*. Exempel på restprodukter som inte fördelats länsvis är slakteriavfall och förpackat livsmedelsavfall, som tillsammans utgör 2/3 av *totala biogaspotentialen med begränsning* för de restprodukter som inte fördelats länsvis.

Tabell 18. *Biogaspotential för livsmedelindustri och annan industri uppdelad per län. (Data i GWh/år)*

	BIOGASPOTENTIAL	
	Total	Total med begränsning
Stockholm	67	16
Uppsala	0	0
Södermanland	0	0
Östergötland	206	13
Jönköping	19	14
Kronoberg	8	1
Kalmar	50	26
Gotland	0,2	0,1
Blekinge	7	7
Skåne	533	230
Halland	165	43
Västra Götaland	192	120
Värmland	3	3
Örebro	16	12
Västmanland	0	0
Dalarna	71	9
Gävleborg	21	14
Västernorrland	119	112
Jämtland	12	7
Västerbotten	27	17
Norrbotten	6	5
Övrig*	440	413
Totalt	1 962,2	1 062,1

* I övrigt ingår de branscher som inte fördelas länsvis pga. olika anledningar, exempelvis av konkurrensskäl eller att restprodukterna inte är tillgängliga i den *totala biogaspotentialen med begränsning*. Detta har diskuterats under respektive av bransch.

Den geografiska fördelningen visar tydligt att den dominerade potentialen finns i Halland, Skåne, Västra Götaland, Västernorrland och Östergötland. Det är även i dessa områden som den största biogasproduktionen sker i dagsläget. Av tabellen framgår att den *totala biogaspotentialen med begränsning* är störst i Skåne, Västra Götaland och Västernorrland. Nedan följer länsvisa kommentarer:

Den stora biogaspotentialen i Stockholm ligger inom bryggeribranschen, därefter mejeribranschen. Restprodukter från bryggerierna avsåts som djurfoder, och det finns inga indikationer på några förändringar av detta. Vidare finns det inom Stockholms län planer på att bygga en biogasanläggning på Arlanda för rötning av avsningsvätska.

I Uppsala län finns egentligen en viss biogaspotential baserad på restprodukter från läkemedelsindustrin. Denna potential redovisas dock som övrigt. Biogasanläggningen i länet rötar slakteriavfall.

I Östergötland sker den svenska produktionen av spannmålsbaserad etanol. Den totala biogaspotentialen är hög inom länet, vilket beror på att biogaspotentialen har beräknats utifrån att drank rötas i en biogasanläggning. I praktiken rötas drankvatten och därmed är den *totala biogaspotentialen med begränsning* betydligt lägre. Inom länet utgörs resterande biogaspotential av restproduktion från mejeribranschen. Den storskaliga biogasanläggningen i länet rötar bl.a. slakteriavfall.

Biogaspotentialen i Jönköpings län utgörs av restprodukter från mejeri och pappers-, massa- och cellulosaindustrin, varav mejeribranschens restprodukter utgör merparten.

I Kronobergs län utgörs biogasproduktionen av restprodukter från bryggeri och pappers-, massa och cellulosaindustrin, varav den sistnämnda står för den *totala biogaspotentialen med begränsning*.

I Kalmar län är restprodukter från mejeri och bryggeri samt från pappers-, massa- och cellulosaindustrin intressanta råvaror för biogasproduktion. Den *totala biogaspotentialen med begränsning* utgörs dock endast av restprodukter från mejeriet. Vid mejeriet tillverkas ost som ger upphov till vassle, som skulle kunna vara tillgängligt för biogasproduktion. Vid den befintliga biogasanläggningen i Kalmar rötas slakteriavfall från ett närbeläget slakteri.

På Gotland finns restprodukter som är lämpliga för biogasproduktion inom bryggeribranschen och från flygplatser.

I Blekinge län står fruktsaft från produktionen av potatisstärkelse för merparten av den totala biogaspotentialen och utgör nästan hela den *totala biogaspotentialen med begränsning*.

Merparten av den skånska biogaspotentialen utgörs av restprodukter från produktionen av socker, stärkelse och konsumtionssprit. Både Lyckeby Stärkelsen och Absolut Company planerar att producera biogas från sina restprodukter, vilket skulle innebära att den *totala biogaspotentialen med be-*

gränsning kan komma att uppnås inom en rimlig framtid i Skåne. Vid ett av mejerierna i Skåne tillverkas ost som ger upphov till stora mängder vassle, som skulle kunna vara tillgängligt för biogasproduktion. Biogasanläggningarna i länet rötar bl.a. stora mängder lokalt uppkommet slakteriavfall samt restprodukter från en stor grönsaksindustri.

Den totala biogaspotentialen i Halland utgörs av restprodukter från mejeri, bryggeri och pappers-, massa- och cellulosaindustrin. Exempelvis ligger bryggeriet med egen biogasanläggning för rötning av slam från internt reningsverk i länet. Den stora skillnaden mellan den totala och den *totala biogaspotentialen med begränsning* beror på att restprodukterna från bryggeriet inte är tillgängliga i den begränsande potentialbedömningen. Vid mejeriet i Halland tillverkas ost som ger upphov till stora mängder vassle, som skulle kunna vara tillgängligt för biogasproduktion. Biogasanläggningen i länet rötar bl.a. slakteriavfall.

Merparten av den totala biogaspotentialen i Västra Götalands län kommer från restprodukter från mejeribranschen. Inom länet tillverkas merparten av all ost i Sverige, så uppkomsten av vassle är stor. I inventeringen har ett antagande gjorts att 50 % av all vassle och gränsmjölk som uppstår kan vara tillgängliga för biogasproduktion i praktiken. I Västra Götaland finns också merparten av Sveriges produktion av RME, som ger upphov till glycerol. Några av biogasanläggningarna i länet rötar lokalt uppkommet slakteriavfall.

I Värmlands län utgörs både den totala och den *totala biogaspotentialen med begränsning* av restprodukter från pappers-, massa- och cellulosaindustrin.

Av tabellen framgår att biogaspotentialen baserad på restprodukter från livsmedelsindustri eller annan industri är obefintlig i Västmanlands län. I statistik från Avfall Sverige går att utläsa att biogasanläggningen i Västmanland tog emot livsmedelsavfall under 2007. Detta avfall bedöms vara redovisat under övrigt.

I Västernorrland står restprodukter från pappers-, massa och cellulosaindustrin för merparten av biogaspotentialen.

I Jämtland utgör merparten av den totala och den *totala biogaspotentialen med begränsning* av restprodukter från mejeribranschen. En mindre mängd restprodukt uppstår vid flygplatsen i Östersund. Detta avfall rötas idag på det kommunala reningsverket. Vid mejeriet i Jämtland tillverkas ost som ger upphov till vassle, som skulle kunna vara tillgängligt för biogasproduktion. Vid den planerade biogasanläggningen i Östersund planeras att röta fodermjölk från mejeriet.

Biogaspotentialen i Örebro, Dalarna, Gävleborg, Västerbottens och Norrbottens län utgörs av restprodukter från mejeri och pappers-, massa- och cellulosaindustrin, varav mejeribranschens restprodukter utgör mer än 60 %. Vid mejeriet i Gävleborg tillverkas ost som ger upphov till vassle, som skulle kunna vara tillgängligt för biogasproduktion. I Västerbotten har mejeriet en egen biogasanläggning.

4. SLAM FRÅN AVLOPPSRENINGSVERK

4.1. Datainsamling

Enligt Energimyndighetens rapport, ER 2008:02, Produktion och användning av biogas år 2006, finns 138 avloppsreningsverk utrustade med röt-kammare som är i drift. Enkätsvaren från avloppsreningsverken från denna studie har använts för att beräkna nyckeltal över metanutbyte och slamproduktion per ansluten person ekvivalent (pe). Dessvärre har endast en mindre del av enkätsvaren kunnat användas för beräkning av nyckeltalet då svaren antingen varit ofullständiga eller resulterat i orimliga gasutbyten eller nedbrytningsgrader. Det är tydligt att det ofta är svårt att korrekt mäta TS-halter samt eventuellt slam- och gasflöden. En liknande slutsats dras i VA-FORSK rapporten 2005:10, "Problem och lösningar vid processoptimering av röt-kammardriften vid avloppsreningsverk", där data samlats in från tolv referensverk. För att fylla i luckor i lämnade uppgifter för vissa avloppsreningsverk har uppgifter lämnade vid telefonkontakt i studien "Inventering av biogasproduktion från reningsverken i Skåne", Marita Linné 2007, använts.

Vid beräkning av nyckeltal för slamproduktion vid avloppsreningsverk delades verken in i kategorierna kemisk rening, konventionell rening och konventionell rening utökad med kväverening. Någon skillnad mellan slamproduktion och reningsmetod kunde ej ses, varför olika nyckeltal för slamproduktion per ansluten person ekvivalent relaterat till reningsmetod ej har använts. Någon skillnad mellan producerad mängd slam per pe och storlek på reningsverk har inte heller kunnat utläsas av underlaget. Medelvärden av nyckeltalen tillsammans med uppgifter från Statistiska centralbyrån (SCB) och Naturvårdsverket över antalet anslutna pe per reningsverk har sedan använts för beräkning av slamproduktion från de av Sveriges reningsverk för vilka uppgifter om slamproduktion saknas.

Cirka 650 000 pe är ej anslutna till det kommunala avloppsledningsnätet utan har 3-kammarbrunnar eller liknande. Eftersom kommunen har hand om insamling av detta brunns-slam antas en del av detta levereras till avloppsreningsverken, antingen till verkens inkommande vattenström eller direkt till rötning eller slambehandlingssteg. Detta antagande bekräftas i VA-FORSK rapporten 2005:10, "Problem och lösningar vid processoptimering av röt-kammardriften vid avloppsreningsverk", där 11 av de 12 referensanläggningarna tar emot brunns-slam/septiskt slam. På så sätt antas en del av detta slam inkluderas i den slamstatistik som finns från avloppsreningsverken. Eftersom tömning av brunns-slam sker sällan, med uppemot 1-2 års intervall, är problemet med denna fraktion att det redan innan det anländer till reningsverken i stort sett är utrotat. Av denna anledning har betydelsen av det brunns-slam som inte redan idag behandlas på avloppsreningsverken bedömts som försumbar och ingen specifik mängduppskattning av denna slamfraktion har därför gjorts.

4.2. Avgränsningar

Fullständiga uppgifter om Sveriges avloppsreningsverks slamproduktion har ej kunnat samlas in, utan istället har ett nyckeltal utifrån uppgifter lämnade av 59 reningsverk som ingått i Energimyndighetens utredning för sammanställning av 2006 års biogasproduktion (ER 2008:02) använts. En större mängd

statistik över slamproduktionen vid de svenska avloppsreningsverken skulle behövas för att minska osäkerheten i beräknade nyckeltal.

Det är även osäkert huruvida slam från andra reningsverk som ej rötar sitt slam inkluderats i de lämnade uppgifterna i Energimyndighetens utredning. Detta då det förekommer att större reningsverk med rötningsanläggning tar emot slam från mindre anläggningar utan röt-kammare för att behandla detta slam. Slam från enskilda avlopp som ej tas emot vid reningsverken och som ej inkluderats i ER 2008:02 har ej heller inkluderats.

4.3. Slammängder

Slammängder från avloppsreningsverken har erhållits från Energimyndighetens studie (ER 2008:02) samt, för de verk där uppgifter saknats eller befunnits vara orimliga, beräknats med hjälp av ett nyckeltal för slamproduktion per pe tillsammans med uppgifter om antalet anslutna pe. Nyckeltalet har beräknats utifrån 59 reningsverk som lämnat uppgifter i Energimyndighetens utredning, resulterande i 50 kg TS/pe och år. Resultatet av beräkningarna ger att 374 000 ton avloppsslam årligen uppkommer vid de svenska avloppsreningsverken. 62 % av slammet härrör från avloppsreningsverk med fler än 25 000 anslutna pe, medan resterande mängder fördelar sig ungefär lika mellan reningsverk med upp till 8000 anslutna pe och reningsverk med mellan 8000 och 25 000 anslutna pe (se Tabell 19). Mest avloppsslam uppkommer i Stockholms län, följt av Västra Götaland och Skåne län.

Tabell 19. Resultat av råvaruinventering för avloppsslam uppdelat per län samt efter storlek på reningsverk. (Data i kton TS/år)

	Alla renings- verk	Reningsverk 0-8 000 pe	Reningsverk 8 001-25 000 pe	Reningsverk 25 001- 800 000 pe
Stockholm	69	2	4	63
Uppsala	11	3	2	6
Södermanland	10	2	2	6
Östergötland	18	2	2	14
Jönköping	14	5	6	3
Kronoberg	7	2	2	3
Kalmar	13	4	3	6
Gotland	3	1	0	2
Blekinge	7	2	3	2
Skåne	51	7	8	36
Halland	14	3	1	10
Västra Götaland	55	11	9	35
Värmland	10	4	4	2
Örebro	14	3	2	9
Västmanland	10	1	4	5
Dalarna	16	5	5	6

	Alla reningsverk	Reningsverk 0-8 000 pe	Reningsverk 8 001-25 000 pe	Reningsverk 25 001-800 000 pe
Gävleborg	9	3	3	3
Västernorrland	12	3	7	2
Jämtland	6	3	0	3
Västerbotten	9	4	0,4	5
Norrbottn	16	3	3	10
Totalt	374	73	70,4	231

4.4. Biogasutbyte

Hur mycket metangas som erhålls per ton TS avloppsslam beror på det specifika slammets sammansättning och egenskaper, vilket kan variera från såväl olika avloppsreningsverk, årstider samt väderlekar. Vid beräkning av ett medelvärde för erhållet biogasutbyte från Energimyndighetens studie för de svenska avloppsreningsverk som rötar (ER 2008:02) erhålls 195 Nm³ CH₄/ton TS_{in} (medelvärde baserat på 34 reningsverk för vilka uppgifter om slam före rötning samt producerad mängd metangas lämnats, samt som inte samrötar med annat material och där metanutbytet beräknat som CH₄/ton TS_{red} ej är <200 eller >1000). Vid 9 olika försöksserier på blandat avloppsslam (primär- och biologiskt överskottsslam) från Sjölanda avloppsreningsverk i Malmö erhöles i medeltal i kontinuerlig pilotskala, mesofil rötning, 260 Nm₃ CH₄/ton VS_{in} (Davidsson, 2007). Med en VS-halt av TS på 76 % (medeltal av VS-halt för 13 reningsverk i Skåne från studien Linné, 2007) motsvarar gasutbytet från försöksserien från Sjölanda medelvärdet för gasutbytet från Energimyndighetens studie, varför biogasutbytet 195 Nm₃ CH₄/ton TS_{in} kan antas vara ett realistiskt genomsnittsvärde för biogasutbytet vid rötning av avloppsslam. Den totala biogasproduktionen om allt Sveriges avloppsslam rötas motsvarar då 727 GWh (se Tabell 20).

Tabell 20. *Biogasutbyte från avloppsslam uppdelat per län och storlek på reningsverk. Biogasproduktionen beräknad utifrån dagens genomsnittliga biogasutbyte på avloppsreningsverken. (Data i GWh/år)*

	Alla reningsverk	Reningsverk 0-8 000 pe	Reningsverk 8 001-25 000 pe	Reningsverk 25 001-800 000 pe
Stockholm	135	4	8	123
Uppsala	21	6	4	11
Södermanland	21	5	4	12
Östergötland	36	5	4	27
Jönköping	27	9	11	7
Kronoberg	14	5	4	5
Kalmar	25	7	7	11
Gotland	5	2	0	3

	Alla reningsverk	Reningsverk 0-8 000 pe	Reningsverk 8 001-25 000 pe	Reningsverk 25 001-800 000 pe
Blekinge	13	3	6	4
Skåne	99	13	15	71
Halland	26	5	2	19
Västra Götaland	107	21	18	68
Värmland	19	7	7	5
Örebro	27	6	3	18
Västmanland	19	3	7	9
Dalarna	30	9	10	11
Gävleborg	18	6	6	6
Västernorrland	23	6	13	4
Jämtland	12	7	0	5
Västerbotten	19	8	1	10
Norrbotten	31	6	6	19
Totalt	727	143	136	448

4.5. Biogaspotential

Gasutbytet $195 \text{ Nm}_3 \text{ CH}_4/\text{ton TS}_{\text{in}}$ baseras på rötningsprocesser som inte alltid är optimerade. Exempelvis ses i Energimyndighetens utredning från avloppsreningsverken att många reningsverk rötar vid för låga temperaturer. Pilotförsök med rötning av avloppsslam vid olika temperaturer har visat att metangasproduktionen kan vara 9 % lägre vid 33°C jämfört med rötning vid 37°C (Persson et al, 2006). Andra parametrar som är viktiga för ett optimalt gasutbyte är en tillräckligt lång uppehållstid, god omblandning i rötkammare och en jämn organisk belastning. Den genomsnittliga nedbrytningsgraden av TS-innehållet i avloppsslam i rötkammarna på de svenska avloppsreningsverken är 40 % (medelvärdesberäkning från Energimyndighetens studie ER 2008:2 efter bortsortering av anläggningar som samrötar med andra material samt av data som resulterar i orimliga nedbrytningsgrader). Med en genomsnittlig halt av VS av TS på 76 % (M. Linné, 2007) visar detta på att högre nedbrytningsgrader, och därmed högre metanproduktion, är möjlig vid rötning av avloppsslam då närmare hälften av det organiska materialet förblir onedbrutet.

Ett sätt att mäta metanpotentialen för ett substrat är att röta det batch-vis och mäta mängden producerad metangas tills dess att metanproduktionen upphört. Ett flertal sådana försök har gjorts för avloppsslam från Malmö som visar på en genomsnittlig metanpotential på $357 \text{ Nm}_3 \text{ CH}_4/\text{ton VS}_{\text{in}}$ (Davidsson, 2007). Om slammet skulle kunna fås att brytas ner i motsvarande utsträckning i fullskala skulle detta innebära närmare 40 % ökad metangasproduktion.

Detta visar att högre biogasutbyten än de totalt 727 GWh/år som anges i Tabell 20 är möjliga. Genom optimering av rötningsprocessen med enkla metoder såsom att röta vid optimal temperatur, belasta

rötkammaren jämnt, ha en tillräcklig uppehållstid, fullgod omrörning av rötkammaren, uppsamling av gas från rötrestlager på de reningsverk som rötar samt eventuellt tillämpa olika förbehandlingsmetoder och/eller tillsatser för att öka tillgängligheten av det organiska materialet i slammet (se kapitel Metoder och tekniker för att öka biogasutbytet) antas biogasutbytet kunna ökas med 10 - 40 %, vilket innebär att om allt slam rötas erhålls ett högsta biogasutbyte motsvarande 1020 GWh/år.

I Sverige finns närmare 1300 avloppsreningsverk, varav flera är så små att det inte varit ekonomiskt rimligt att anlägga rötkammare för behandling av uppkommet slam. Sammanlagt finns rötkammare på 144 st reningsverk, varav 138 är i drift (ER 2008:2). Emellertid rötas slam från fler verk än dessa 138 då orötat avloppsslam transporteras från verk utan rötkammare till verk som rötar. I VA-FORSK rapporten 2005:10 tar 9 av de 12 referensanläggningarna emot slam från andra avloppsreningsverk. Eftersom avloppsreningsverk utrustade med rötkammare, samt till viss del fristående biogasanläggningar, finns spridda över landet finns möjlighet att transportera avloppsslam från reningsverk som ej har rötkammare till en anläggning som har. Avloppsslam från många avloppsreningsverk transporteras även idag för vidare behandling och/eller distribution, vilket gör att körsträckorna som behövs för att en stor del av Sveriges avloppsslam ska kunna rötas ej nödvändigtvis behöver bli så mycket längre än vad de är idag. Det är emellertid viktigt att ta hänsyn till de lokala förutsättningarna och eftersträva bästa helhetslösning för varje plats. Då norra Sverige, speciellt inlandet, generellt kännetecknas av glesbygd och långa avstånd har det bedömts som orimligt för reningsverk med färre än 8000 anslutna pe i de 4 nordligaste länen att transportera sitt avloppsslam till en rötningsanläggning. Lokala avvikelser kan naturligtvis förekomma. Med detta antagande kan det antas praktiskt möjligt att röta 361 000 av de 374 000 ton TS som uppkommer vid reningsverken.

Den totala röt-kammarvolymen på avloppsreningsverken är drygt 343 351 m³, i vilken volymen för de 6 reningsverk som har rötkammare men som ej är i drift ej är inräknade (ER 2008:2). Denna volym är fullt tillräcklig för att kunna röta allt avloppsslam. En annan möjlighet är att anlägga fler rötkammare i regioner där transportsträckor annars skulle bli omotiverat långa. Då kostnaderna för vidare slambehandling och distribution inte sällan är höga kan investering i en rötningsanläggning löna sig inkom genom den slamreduktion man erhåller vid rötning. På mindre anläggningar är det emellertid svårare att hitta en vettig avsättning för sin biogas, varför en samordning av slamrötningen ur denna aspekt kan vara fördelaktig. Elproduktion kan emellertid vara lönsamt även på lite mindre anläggningar, även om fordonsuppggradering med dagens ekonomiska förhållanden och tekniska lösningar kräver större volymer biogas för att vara ekonomiskt rimlig. Med ett ökat kvalitetsarbete för att minimera avloppsslams innehåll av tungmetaller och organiska föroreningar förväntas även samrötningsanläggningar bli ett alltmer attraktivt alternativ för att bl.a. kunna sambehandla avloppsslam med regionens olika avfallsfraktioner och andra organiska material.

5. VÄXTODLINGSRESTER OCH GÖDSEL

Med växtodlingsrester avses här odlingsrester som uppkommer i primärproduktionen. Därmed ingår inte avfall med mera som uppkommer vid fortsatt förädling och hantering av jordbrukets olika produkter.

5.1. Datainsamling

Uppgifter om antalet djur och gödselproduktion från respektive djurslag samt arealer och skördar för olika grödor har i huvudsak hämtats från material publicerat av Jordbruksverket och Statistiska Centralbyrån (SCB). Dessa har kompletterats med data från olika studier vad gäller mängden odlingsrester från olika grödor och vilka biogasutbyten som kan förväntas.

5.2. Specifika definitioner

Gödsel kan hanteras och definieras på olika sätt men här används genomgående definitionerna från Jordbruksverket (2007), se Tabell 21.

Tabell 21. *Egenskaper för olika typer av gödsel (Jordbruksverket, 2007)*

Begrepp	Definition (gäller inte fjäderfågödsel)
Flytgödsel	Pumpbar, < 12 % TS
Fastgödsel	Kan staplas över 1 meter, > 20 % TS
Djupströ	Kan staplas över 2 meter, > 25 % TS

5.3. Avgränsningar

Inom den svenska lantbruksnäringen förekommer en rad olika djurslag och i föreliggande studie ingår nötkreatur, svin, fjäderfän (höns, kycklingar och kalkoner) samt får och hästar. Djurslag såsom ren, mink och get med flera har inte inkluderats då deras bidrag till den svenska biogaspotentialen bedöms vara mycket begränsat.

Vid produktion av vegetabilier uppkommer det en rad olika odlingsrester som kan vara mer eller mindre tillgängliga för biogasproduktion. I föreliggande studie presenteras de biprodukter som bedöms vara mest relevanta för den svenska biogaspotentialen, nämligen blast från sockerbetor och potatis, bortsorterad potatis, grüngödslingsvall samt baljor och rev från konservärtor. Dessutom redovisas data för halm från spannmål och oljevaxter. Utöver detta finns andra fraktioner såsom rester från grönsaksodling med mera där mängderna inte bedömts vara signifikanta ur ett nationellt perspektiv eller ens på länsnivå. Dessa fraktioner kan dock vara intressanta för en enskild biogasanläggning.

Sammanställningen över mängden gödsel och odlingsrester som kan vara tillgänglig för biogasproduktion, och som ligger till grund för den *totala potentialen*, baseras på den totala produktionen av biomassa. För gödsel innebär detta att djuren antas stå stallade året om och för odlingsrester innebär det att de tillgängliga volymerna inte reducerats med avseende på förluster vid hantering och lagring med

mera. I den *totala potentialen med begränsningar* reduceras de tillgängliga mängderna gödsel och odlingsrester med hänsyn till betesperiodens längd och olika hanteringsförluster samt eventuell avsättning som foder. Däremot införs det inte några ekonomiska eller tekniska restriktioner i övrigt. Arealen för respektive gröda samt antalet djur gäller för år 2007 och har inte justerats med avseende på någon framtida utveckling.

5.4. Gödsel

Mängden gödsel från respektive djurslag kan variera avsevärt mellan olika besättningar beroende på produktionsintensitet, foderstat och system för gödselhantering med mera. De uppgifter för gödselproduktion som finns tillgängliga är följaktligen behäftade med relativt stora osäkerheter (Börjesson, 2007; Jordbruksverket, 2007). För samtliga djur anges mängden producerad gödsel med antagandet att djuren står stallade året om. I praktiken kan dock nötkreatur, får och hästar vara på bete stora delar av året vilket reducerar den tillgängliga mängden gödsel. Betesgödseln har dock inkluderats för att visa på den maximala produktionen av gödsel.

Nötgödsel

I Sverige finns det idag drygt 1,5 miljoner nötkreatur (Jordbruksverket, 2008a) vilka i statistiken fördelas på ett antal olika djurslag, se Tabell 22. Där presenteras också den antagna gödselproduktionen per djur och år beroende på om gödseln hanteras som flytgödsel, fastgödsel eller djupströ baserat på data från Jordbruksverket (2007). När det gäller produktionen av djupströ från övriga kor används samma data som för kvigor, stutar och tjurar över ett år. I övrigt används data för dikor.

Tabell 22. Gödselproduktion per djurslag vid olika hanteringsmetoder (Data i ton/djur och år)

	Flytgödsel	Fastgödsel	Djupströ
Mjölkkor	26,3	10,7	15,0
Övriga kor	12,2	5,9	6,0
Kalvar < 1 år	6,0	2,7	3,4
Kvigor, stutar och tjurar > 1 år	10,3	5,9	6,0

Gödselhanteringsmetoden varierar mellan de olika djurslagen och för mjölkkor hanteras en stor andel av gödseln som flytgödsel samtidigt som gödseln från övriga nötkreatur framförallt hanteras som fastgödsel eller djupströ (SCB, 2006a). Samtidigt anger Naturvårdsverket (2006) att andelen flytgödsel ökar och här används samma fördelning som i Naturvårdsverkets prognos för år 2010, se Tabell 23. Då Naturvårdsverket endast anger uppgifter för mjölkkor respektive övriga nötkreatur antas att fördelning är densamma för samtliga övriga nötkreatur. Dessutom används samma schabloner för hela landet även om det i praktiken kan finnas vissa regionala skillnader. I Tabell 24 presenteras slutligen den totala mängden gödsel från nötkreatur baserat på uppgifterna i Tabell 22 och Tabell 23.

Tabell 23. Antagen fördelning mellan olika gödselslag för respektive djurslag

	Flytgödsel	Fastgödsel	Djupströ
Mjölkkor	70 %	29 %	1 %
Övriga nötkreatur	25 %	57 %	18 %

Tabell 24. Antal nötkreatur i Sverige och total gödselproduktionen (Data i antal och kton/år)

	Antal (1 000 st)	Flytgödsel	Fastgödsel	Djupströ
Mjölkkor	366	6 805	1 150	55
Övriga kor	183	566	619	251
Kalvar < 1 år	490	733	564	147
Kvigor och stutar > 1 år	516	1 328	1 301	557
Totalt	1 555	9 436	3 634	1 010

Svin

I Sverige finns det idag cirka 1,7 miljoner svin (Jordbruksverket, 2008a) fördelade på suggor, smågrisar, slaktsvin och galtar. I Tabell 25 presenteras den antagna gödselproduktionen per djur och år beroende på om gödseln hanteras som flytgödsel, fastgödsel eller djupströ (Jordbruksverket, 2007). Observera att här antas att all produktion sker integrerat varför gödselproduktionen för suggor också inkluderar gödsel från smågrisar. I praktiken finns det dock flera olika produktionssystem som vart och ett har sina förutsättningar. När det gäller gödsel från galtar räknas dessa som slaktsvin (Albertsson, 2008). Produktionen av gödsel från slaktsvin gäller för tre omgångar per år och här anges därför gödselproduktionen per slaktsvinsplats och inte per producerat djur.

Tabell 25. Gödselproduktion per djurslag vid olika hanteringsmetoder (Data i ton/plats och år).

	Flytgödsel	Fastgödsel	Djupströ
Suggor	7,8	2,25	4,35
Slaktsvin	2,6	0,8	–

Gödselhanteringen varierar precis som för nötkreatur mellan de olika djurslagen och när det gäller slaktsvin hanteras i princip all gödsel som flytgödsel (Albertsson, 2008; SCB, 2006a). Samtidigt antar Naturvårdsverket (2006) att 75 % av gödseln från svin hanteras som flytgödsel år 2010. Utifrån dessa uppgifter antas att gödseln från slaktsvin och galtar i huvudsakligen hanteras som flytgödsel samtidigt som gödsel från suggor och smågrisar antas vara relativt jämnt fördelad mellan flytgödsel och fastgödsel, se Tabell 26. Som för nötkreatur används samma schabloner för hela landet över om det kan vara vissa regionala skillnader.

Tabell 26. Antagen fördelning mellan olika gödselslag för respektive djurslag.

	Flytgödsel	Fastgödsel	Djupströ
Suggor	45 %	45 %	10 %
Slaktsvin	95 %	5 %	0 %

I Tabell 27 presenteras den antagna gödselproduktionen för respektive djurslag baserat på uppgifterna i Tabell 25 och Tabell 26.

Tabell 27. Antal svin i Sverige och total gödselproduktion (Data i kton/år).

	Antal (1000 st)	Flytgödsel	Fastgödsel	Djupströ
Suggor	179	628	181	78
Slaktsvin	1 018	2 514	38	
Totalt	1 197	3 142	219	78

Fjäderfä

I Sverige finns det idag cirka 13,8 miljoner fjäderfän (Jordbruksverket, 2008) såsom värphöns, slaktkycklingar och kalkoner.

Gödsel från fjäderfän skiljer sig en del från vad som angetts för nötkreatur och svin. Bland annat är definitionerna för fastgödsel och djupströ annorlunda (Jordbruksverket, 2005) samtidigt som det saknas statistik för hur gödseln hanteras. Naturvårdsverket (2006) antar till exempel att 25 % av all fjäderfägödsel kommer att hanteras som flytgödsel år 2010. Samtidigt anger Lovén Persson (2008) att det är mycket ovanligt att gödseln hanteras som flytgödsel. Dessutom kan andelen TS i fastgödsel från värphöns och unghöns variera mellan 30 – 70 % beroende på hanteringssystem samtidigt som mängden TS är minst 70 % i gödsel från slaktkycklingar (Jordbruksverket, 2005). Då det är relativt osäkert hur gödseln hanteras samtidigt som andelen TS kan variera kraftigt anges den producerade mängden gödsel som TS istället för våtvikt.

I Tabell 28 presenteras antalet fjäderfän samt den antagna gödselproduktionen per djurslag. Den antagna gödselproduktionen baseras på data från Jordbruksverket (2005) och gäller per plats där det antas vara sju omgångar slaktkycklingar per år och 2,3 omgångar kalkoner per plats.

Till skillnad från fastgödsel från nöt och svin används huvudsakligen spån som strömedel för fjäderfän, vilket bryts ned långsamt i en konventionell biogasprocess. Det kan också vara så att för mycket spån kan ställa till med tekniska problem i en konventionell omrörd tankreaktor. Läsaren bör dock observera att fastgödsel från fjäderfän innehåller en mycket liten del strö och inte ska jämföras med fastgödsel från exempelvis nötkreatur (Lovén Persson, 2008). För värphöns kommer också huvuddelen av gödseln att vara helt fri från strö även om det rör sig om frigående system eftersom det inte finns något strö under pinnar med mera (Jordbruksverket, 2005).

Tabell 28. Antal fjäderfän i Sverige samt gödselproduktion per djur och totalt.

	Antal (1000 st)	Gödsel (kg TS/plats)	Totalt (kton TS/år)
Värphöns	5 328	11	59
Unghöns	1 753	3,3	6
Slaktkyckling	6 653	5,0	33
Kalkon	86	12,0	1
Totalt	13 834		99

Häst

I Sverige finns det idag cirka 283 000 hästar varav 75 % finns inom större tätorter eller i tätortsnära områden. I genomsnitt finns det 5 hästar på varje hästanläggning såsom travbana, ridskola och enskilda fastigheter men på de större anläggningarna kan det finnas hundratals hästar (SCB, 2005a).

Gödselproduktionen varierar avsevärt beroende på hästens storlek och hur mycket strö som används. Jordbruksverket (2006) anger till exempel att årsproduktionen av träck och urin kan variera mellan något enstaka ton/häst upp till 10 ton/häst. Som riktvärde anges slutligen att det krävs 14,4 m³ lagringskapacitet per år och häst. Samtidigt anger Jordbruksverket (2007) att produktionen av djupströ är 9,9 m³ per år och häst med en densitet på 0,5 ton/m³. När det gäller mängden TS anger Kreuger och Björnsson (2006) en TS-halt på drygt 40 % samtidigt som Greppa Näringens gödselkalkylator (2008) anger 27 % TS som schablonvärde. Slutligen anger Börjesson (2007) en gödselproduktion på 1,5 ton TS/häst och år. I föreliggande studie antas en genomsnittlig gödselproduktion på 1,5 ton TS/häst och år, se också tabell 29.

Tabell 29. Antal hästar i Sverige och total gödselproduktion.

	Antal (1000 st)	Gödsel (ton TS/djur)	Totalt (kton TS)
Häst	283	1,5	425

Får

I Sverige finns drygt 500 000 baggar, tackor och lamm (Jordbruksverket, 2008a). Fårgödsel hanteras som fastgödsel (Jordbruksverket, 2007; Naturvårdsverket, 2006) och om fåren gått inne hela året skulle årsproduktionen vara cirka 0,8 ton/får (Jordbruksverket, 2007). Samtidigt anger Börjesson (2007) att årsproduktionen av gödsel är 0,25 ton TS för baggar och tackor och 0,1 ton TS för lamm.

I Tabell 30 presenteras den antagna gödselproduktionen per djurslag baserat på 0,25 respektive 0,1 ton TS/år för baggar och tackor respektive lamm.

Tabell 30. Antal får i Sverige och total gödselproduktion (Data i kton TS/år).

	Antal (1000 st)	Gödsel (ton TS/djur)	Totalt (kton TS)
Baggar och tackor	242	0,25	60
Lamm	267	0,10	27
Totalt	509		87

Total gödselproduktion per län

I Tabell 31 redovisas produktionen av gödsel på länsnivå fördelat på nötkreatur, svin, fjäderfä samt får och häst. För att underlätta jämförelsen mellan olika län och olika djur redovisas gödselproduktionen som ton TS. Som nämnts tidigare kan andelen TS variera avsevärt mellan olika typer av gödsel och mellan olika gårdar. För nötgödsel antas här att andelen TS är 9, 20 och 25 % för flytgödsel, fastgödsel och djupströ. För svingödsel antas en TS-halt på 23 % respektive 30 % för fastgödsel och djupströ. För flytgödsel från slaktsvin och suggor sätts TS-halten till 6 % respektive 8 %.

Tabell 31. Gödselproduktion per län och djurkategori (Data i kton TS/år).

	Nötkreatur	Svin	Fjäderfä	Får & häst	Totalt
Stockholm	25	2,7	0,8	44	72,5
Uppsala	58	6,5	0,5	16	81
Södermanland	58	10	5,8	21	153,5
Östergötland	133	19	11	30	193
Jönköping	148	2,5	0,8	23	174,3
Kronoberg	74	2,7	2,7	14	93,4
Kalmar	177	14	8,5	25	224,5
Gotland	74	9,2	2,7	19	104,9
Blekinge	32	5,4	10	9,5	56,9
Skåne	246	83	22	62	413
Halland	114	34	9,3	21	178,3
Västra Götaland	311	50	14	88	463
Värmland	58	8,1	0,2	22	88,3
Örebro	44	7,6	2,9	18	72,5
Västmanland	24	10	0,6	20	54,6
Dalarna	41	1,6	0,3	17	59,9
Gävleborg	50	1,4	1,3	17	69,7
Västernorrland	40	1,0	1,3	12	54,3
Jämtland	41	0,3	0,3	9,9	51,5
Västerbotten	56	3,1	1,0	15	75,1
Norrbotten	27	2,1	0,1	9,7	38,9
Totalt	1 830	275	99	512	886

5.5. Odlingsrester

Här presenteras mängden odlingsrester från respektive gröda tillsammans med en kort beskrivning av vilka antaganden och data som använts. Observera att när SCB anger arealen för en viss gröda på länsnivå förekommer det att data inte redovisas eftersom de anses vara för osäkra. Detta gäller särskilt för grödor som odlas på små arealer. När SCB summerar den nationella arealen för en viss gröda finns dessa arealer dock med. Det gör att den totala nationella arealen inte alltid överensstämmer med den summerade arealen för respektive län. Här används dock data för respektive län.

Blast från sockerbetor

Blast från sockerbetor lämnas idag på fälten när sockerbetor skördas. Det är dock möjligt att samla upp och lagra blasten så att den blir tillgänglig för biogasproduktion.

Då blast normalt sett inte samlas in finns det inte någon skördestatistik att tillgå. Gissén (2008) poängterar också att det kan vara stora variationer från år till år och mellan olika platser och olika typer av sockerbetor. Börjesson och Berglund (2003) anger till exempel att mängden betblast kan uppgå till 20 – 50 ton per hektar vilket motsvarar 2,8 – 7 ton TS per hektar med en TS-halt på 14 %. Samtidigt anger Gissén (2008) att en rimlig skördeuppskattning kan vara 3,5 – 4,5 ton TS/hektar och Hushållningssällskapet (1996) räknar med 4,65 ton TS/hektar. Samtidigt antar Börjesson (2007) en genomsnittlig blastskörd på 5 ton TS per hektar och år.

Om blasten ensileras sker en viss nedbrytning av materialet som påverkas av andelen TS och vald ensileringsmetod. Berglund och Börjesson (2003) uppskattar till exempel mängden ensilerad betblast till 2 ton TS per hektar då förluster vid ensilering och hantering räknats bort. Samtidigt anger Agriwise (2008) att lagrings- och hanteringsförluster vid ensilering av vall kan variera mellan 5 – 35 % av TS beroende på metodval och mängden TS vid inläggning.

Här antas att skörden av blast är 4 ton TS per hektar och år, vilket används för att beräkna den totala biogaspotentialen. För att beräkna den totala potentialen med begränsningar antas att ensilerings- och hanteringsförlusterna uppgår till 25 %. Den tillgängliga mängden blast skulle därmed bli 3 ton TS per hektar och år.

I Tabell 32 presenteras den totala arealen sockerbetor (Jordbruksverket, 2008b) samt mängden blast fördelat på de län där sockerbetor odlas.

Tabell 32. Tillgänglig blast från sockerbetor (Data i kton TS)

	Areal (ha)	Bärgad blast	Ensilerad blast
Kalmar	695	2,8	2,1
Gotland	47	0,2	0,1
Blekinge	825	3,3	2,5
Skåne	38 357	150	115
Halland	737	2,9	2,2
Totalt	40 682	160	122

Bortsorterad potatis och potatisblast

I statistiken redovisas två olika typer av potatis, nämligen matpotatis och stärkelsepotatis. Matpotatis inkluderar all potatis som säljs för konsumtion inklusive potatis som går till tillverkning av chips och mos med mera. Här sker en viss bortsortering av den skördade mängden potatis beroende på röta och andra skador eller att potatisarna har fel storlek. Bortsorteringen varierar från år till år och mellan olika potatissorter men i genomsnitt för riket anger SCB (2007a) en bortsortering på 9,5 % av skörden. Dessutom är det vissa arealer som inte bärgas på grund av vattenskadorna med mera. Enligt Gustavsson (2008) är dock den obärgade arealen sannolikt inte möjlig att använda för biogasproduktion i någon större utsträckning. När det gäller stärkelsepotatis är det endast rötskadad potatis som sorteras bort vilket gör att bortsorteringsgraden enligt SCB (2007a) är så låg som 0,4 %.

För matpotatis och stärkelsepotatis antas att 9,5 % respektive 0,4 % av skörden sorteras bort och därmed är tillgänglig för biogasproduktion. I beräkningarna används areal och normskördar för 2007 (Jordbruksverket, 2008b; SCB, 2007b). Då det inte anges några normskördar för Stockholms och Södermanlands län antas samma skördar som för Uppsala län. För att underlätta jämförelsen med övriga odlingsrester anges mängden bortsorterad potatis i ton TS, som här antas vara 20 % av våtvikten (Kaparaju och Rintala, 2005).

Potatisblast besprutas idag för att avbryta tillväxten och underlätta upptagningen. Det skulle dock vara möjligt att slå av och samla in blasten även om det blir en relativt stor förändring i odlingen och också påverkar potatisen rent fysiologiskt (Gissén, 2008). Mängden potatisblast anges av Börjesson (2007) till 12 – 25 ton per hektar vilket i genomsnitt uppskattas till 2,7 ton TS per hektar. Här antas att skörden av potatisblast är 2,7 ton TS och att förlusterna vid ensilering och hantering är 25 %. I Tabell 33 presenteras den sammanlagda arealen potatis samt mängden blast och bortsorterad potatis.

Tabell 33. Bortsorterad matpotatis samt blast (Data i kton TS/år)

	Areal (ha)	Bortsorterat	Bärgad blast	Ensilerad blast
Stockholm	111	0,1	0,3	0,2
Uppsala	303	0,1	0,8	0,6
Södermanland	85	< 0,1	0,2	0,2
Östergötland	1 786	1,2	4,8	3,6
Jönköping	278	0,2	0,8	0,6
Kronoberg	139	0,1	0,4	0,3
Kalmar	1 253	0,3	3,4	2,5
Gotland	871	0,5	2,4	1,8
Blekinge	2 599	0,1	7,0	5,3
Skåne	11 207	5,4	30	23
Halland	2 458	1,6	6,6	5,0
Västra Götaland	3 333	2,0	9,0	6,7
Värmland	555	0,3	1,5	1,1
Örebro	678	0,4	1,8	1,4
Västmanland	59	< 0,1	0,2	0,1
Dalarna	880	0,4	2,4	1,8
Gävleborg	307	0,1	0,8	0,6
Västernorrland	208	< 0,1	0,6	0,4
Jämtland	183	0,1	0,5	0,4
Västerbotten	395	0,1	1,1	0,8
Norrbottn	631	0,2	1,7	1,3
Totalt	28 319	13	76	53

Gröngödsling

Inom ekologisk odling används klöverrika vallar för att fixera kväve från luften och på så sätt tillföra växtnäring till marken. Normalt sett slås gröngödslingsvallarna någon eller några gånger per säsong och lämnas på fälten. Detta förfarande kan dock leda till betydande förluster av kväve samtidigt som vallens kväveupptagande förmåga inte utnyttjas maximalt (Malgeryd och Torstensson, 2005). Enligt Malgeryd och Torstensson skulle kväveeffektiviteten dock förbättras om vallen istället samlades in vilket till exempel är fallet vid biogasproduktion.

Det finns idag ingen skördestatistik för gröngödslingsvall eftersom den normalt sett inte skördas. Det finns dock statistik för konventionell och ekologisk slättervall och här antas att gröngödslingsvallen avkastar lika mycket som en ekologisk slättervall (Hansson, 2008; Gissén, 2008). Då dataunderlaget är relativt begränsat redovisar SCB dock inte skördenivåer för alla län. För Skåne, Västra Götaland och Värmlands län är den genomsnittliga skördenivån för åren 2003 – 2006 cirka 3,1 – 3,6 ton TS per

hektar (SCB, 2004; 2005b; 2006b; 2007c). Här antas att skörden i genomsnitt är 3,5 ton TS och att 25 % förloras vid hantering och lagring. Arealen baseras på uppgifter från Persson (2008a).

Tabell 34. Grön gödslingsvallar (Data i kton TS/år).

	Areal (ha)	Vall	Ensilerad vall
Stockholm	105	0,4	0,3
Uppsala	730	2,6	1,9
Södermanland	200	0,7	0,5
Östergötland	111	0,4	0,3
Jönköping	4	< 0,1	< 0,1
Kronoberg	5	< 0,1	< 0,1
Kalmar	5	< 0,1	< 0,1
Gotland	45	0,2	0,1
Blekinge	1	< 0,1	< 0,1
Skåne	308	1,1	0,8
Halland	29	0,1	0,1
Västra Götaland	1 037	3,6	2,7
Värmland	442	1,5	1,2
Örebro	173	0,6	0,5
Västmanland	855	3,0	2,2
Dalarna	181	0,6	0,5
Gävleborg	84	0,3	0,2
Västernorrland	1	< 0,1	< 0,1
Jämtland	15	0,1	< 0,1
Västerbotten	18	0,1	0,1
Norrbottn	1	< 0,1	< 0,1
Totalt	4 348	15	11

Konservärtor

Vid odling av konservärtor uppstår odlingsrester i form av baljor och rev som idag finfördelas och lämnas på fälten. Mängden odlingsrester anges av Persson (2008b) till 20 – 30 ton per hektar med cirka 20 % TS. Här antas att den tillgängliga mängden odlingsrester från konservärtor är 5 ton TS per hektar och att förlusterna vid hantering och lagring uppgår till 25 %. Läsaren bör observera att uppgifterna om skördeutbyten inte baseras på publicerade data och är relativt osäkra. Arealen baseras på uppgifter från Jordbruksverket (2008b).

Tabell 35. Odlingsrester från konservärter (Data i kton TS).

	Areal (ha)	Bärgade baljor och rev	Ensilerade baljor och rev
Skåne	5 687	28	21
Halland	865	4	3
Västra Götaland	2 108	11	8
Gävleborg	9	< 0,1	< 0,1
Totalt	8 669	43	33

Halm

Vid produktion av spannmål och oljeväxter uppkommer förutom kärnor och frön också halm som kan svara för cirka hälften av den totala produktionen av biomassa. Börjesson (2007) antar till exempel att för vete kan halmproduktionen beräknas genom att multiplicera kärnskörden med 1,1. För korn, havre och råg anges motsvarande förhållande till 0,8, 1,3 respektive 1,5. För att beräkna mängden halm från oljeväxter anger Börjesson slutligen att fröskörden kan multipliceras med 2,7. Här används dessa samband för att beräkna mängden halm till den totala potentialen. Vidare antas att TS-halten för halm är 85 % (Börjesson, 2007). Produktionen av spannmål och raps baseras på arealer och normskördar för 2007 (Jordbruksverket, 2008b, SCB, 2007b). När det gäller vete och råg saknas data för normskördar från Dalarna respektive Gävleborgs län och norrut. Dessutom saknas normskördar för vårvete och råg i Jönköpings och Kronoberg län. Då dessa data saknas även i tidigare publicerad statistik samtidigt som den aktuella arealen är mycket begränsad i dessa län har denna halm inte inkluderats i Tabell 36.

I praktiken blir det dock vissa förluster vid bärningen i form av stubb, agnar, boss och spill som enligt Börjesson (2007) kan uppgå till 20 – 40 % av den totala halmproduktionen. Börjesson antar i sina beräkningar att dessa förluster uppgår till 30 % av den beräknade halmskörden. Som underlag för den totala biogaspotentialen med begränsningar antas även här att förlusterna uppgår till 30 % i genomsnitt. Av utrymmesskäl presenteras endast den beräknade mängden halm före förluster i Tabell 36, det vill säga den totala potentialen.

I biogassammanhang är det också viktigt att inte dubbelräkna halm och fastgödsel eftersom en stor del av den tidigare presenterade mängden fastgödsel består av halm. I Tabell 36 och Tabell 37 presenteras den totala mängden halm utan några förluster och utan något avdrag för den halm som används som strömedel. I Tabell 40 presenteras dock den totala biogaspotentialen från odlingsrester exklusive den halm som används inom djurhållningen då denna i stället återfinns i fastgödseln.

Tabell 36. Halm från spannmål och oljerester utan förluster (Data i kton TS/år)

	Vete	Råg, Havre och Korn	Oljevaxter
Stockholm	67	39	16
Uppsala	170	143	39
Södermanland	123	79	23
Östergötland	254	116	69
Jönköping	4	35	
Kronoberg	1	19	
Kalmar	60	61	15
Gotland	34	60	16
Blekinge	16	17	3
Skåne	712	533	141
Halland	57	115	13
Västra Götaland	327	445	72
Värmland	14	68	5
Örebro	80	108	18
Västmanland	87	110	15
Dalarna	5	33	1
Gävleborg		25	1
Västernorrland		5	
Jämtland		4	
Västerbotten		14	
Norrbottn		7	
Totalt	2 012	2 036	447

Total produktion av odlingsrester

I Tabell 37 sammanställs slutligen den totala mängden odlingsrester som den totala potentialen baseras på. Observera särskilt att halm från spannmål och oljevaxter svarar för cirka 90 % av den totala mängden TS. I den totala biogaspotentialen med begränsningar kommer dock i synnerhet halmpotentialen att reduceras.

Tabell 37. Odlingsrester fördelat per kategori (Data i ton TS/år)

	Blast	Potatis	Vall	Ärtor	Halm	Totalt
Stockholm	0,3	0,1	0,4		123	123
Uppsala	0,8	0,1	2,6		352	356
Södermanland	0,2	< 0,1	0,7		225	226
Östergötland	4,8	1,2	0,4		440	446
Jönköping	0,8	0,2	< 0,1		39	40

	Blast	Potatis	Vall	Ärtor	Halm	Totalt
Kronoberg	0,4	0,1	< 0,1		21	21
Kalmar	3,4	0,3	< 0,1		136	143
Gotland	2,5	0,5	0,2		110	113
Blekinge	10	0,1	< 0,1		36	46
Skåne	184	5,4	1,1	28	1 386	1 602
Halland	9,6	1,6	0,1	4,3	184	200
Västra Götaland	9,0	2,0	3,6	11	845	869
Värmland	1,5	0,3	1,5		87	90
Örebro	1,8	0,4	0,6		206	209
Västmanland	0,2	< 0,1	3,0		212	215
Dalarna	2,4	0,4	0,6		39	42
Gävleborg	0,8	0,1	0,3	< 0,1	26	27
Västernorrland	0,6	< 0,1	< 0,1		5,0	5,6
Jämtland	0,5	0,1	0,1		3,6	4,2
Västerbotten	1,1	0,1	0,1		13	15
Norrbottn	1,7	0,2	< 0,1		6,9	8,9
Totalt	239	13	15	43	4 494	4 807

5.6. Biogasutbyte

I litteraturen återfinns en mängd olika uppgifter om hur mycket biogas som kan utvinnas från olika material. Det är dock viktigt att observera att uppgifter om biogasutbyten från enskilda material nästan alltid kommer från försök i laboratorie- eller pilotskala. Vid storskalig produktion av biogas används ofta en blandning av olika material vilket gör det omöjligt att erhålla data på biogasutbyten för de enskilda materialen. Försök i laboratorieskala är ofta utförda under optimala förhållanden och erfarenhetsmässigt sjunker biogasutbytena per mängd tillfört material vid biogasproduktion i större skala. Olika försök kan också ha utförts med olika reaktorkonfigurationer och varierande processparametrar så som temperatur, omrörning, belastning och uppehållstid. Genom att samröta olika material kan det också vara möjligt att skapa en mer optimal miljö för mikroorganismerna vilket gör att biogasutbytet kan öka väsentligt jämfört med om de olika materialen rötats vart för sig.

I Tabell 38 återfinns de biogasutbyten som potentialberäkningarna i föreliggande studie baseras på. Observera att utbytena anges för de enskilda materialen men i praktiken är separat rötning av enskilda material sannolikt inte aktuellt och biogasutbytena baseras därför på att de olika materialen samrötas på ett effektivt sätt. I övrigt förutsätts en biogasprocess med konventionell teknik som är tillgänglig i Sverige idag.

Flytgödsel

Hur mycket biogas som kan utvinnas från gödsel beror på flera olika faktorer så som foderstat och hur gödseln hanteras i stallet och hur lång tid det tar innan den kommer in i biogasreaktorn.

För flytgödsel från nöt och svin rapporteras det i litteraturen om biogasutbyten från 125 – 300 respektive 140 – 490 m³ CH₄/ton TS (Berglund och Börjesson, 2003; Bioenergiportalen, 2008; Lantz, 2007; Møller et al., 2004).

I praktisk drift antas här att biogasutbytet är **150 Nm³ CH₄/ton TS** för nötgödsel och **200 Nm³/ton TS** för svingödsel. Då det faktiska biogasutbytet kan variera av många olika skäl görs här ingen skillnad på olika typer av flytgödsel så som flytgödsel från slaktsvin respektive suggor.

Fastgödsel

Olika typer av fastgödsel har olika egenskaper vilket påverkar hur de kan eller bör hanteras samt vilka biogasutbyten som kan förväntas.

Hästgödsel består till exempel ofta av mycket långhalm som är svårt att hantera och ger relativt låga biogasutbyten. Kreuger och Björnsson (2006) presenterar till exempel försök där biogasutbytet för hästgödsel var 120 Nm³ CH₄/ton VS i laboratorieskala men endast 50 Nm³ CH₄ i lakbädd i pilotskala. Det låga biogasutbytet i pilotskala förklaras av att gödseln eventuellt lagrats för längre utan täckning och att långhalmen inte vättes ordentligt. Försök i lakbädd i laboratorieskala som givit 146 Nm³ per ton TS vid 42 dagars rötning har dock rapporterats (Kusch et al., 2008), vilket överensstämmer med de ungefär 150 Nm³ CH₄ /ton TS vid 40 dagar som rapporterats av Nilsson (2000). Samtidigt anger Kusch et al. (2008) att utbytet efter 100 dagar i laboratorieskala var så högt som 247 Nm³ CH₄/ton TS.

Ett rimligt metanutbyte baserat på hästgödsel som lagras utan täckning och som inte finfördelas innan rötning anses här vara **120 Nm³ CH₄/ton TS**.

Gödsel från fjäderfän kan se olika ut beroende på om det är fastgödsel från höns eller djupströ från slaktkycklingar eller något annat. Lovén Persson och Litorell (2007) redovisar dock att biogasutbytet vid laborieförsök endast skiljer sig marginellt mellan dessa olika gödselslag uttryckt som Nm³ CH₄/ton TS. Vid en uppehållstid på 50 dygn rapporteras till exempel ett biogasutbyte på 172 respektive 190 Nm³/ton TS. Dessa data ligger inom intervallet på 150-300 Nm³ CH₄ per ton TS som återges av Berglund (2003).

Här antas att biogasutbytet för fjäderfägödsel i praktisk drift är **150 Nm³/ton TS** oberoende av vilket typ av gödsel det rör sig om.

När det gäller fastgödsel och djupströ från nöt och svin är det förhållandevis ont om data i litteraturen vilket kan förklaras av de tekniska svårigheter som är förknippade med att röta fastgödsel jämfört med flytgödsel. Det förekommer dock uppgifter i storleksordningen 100 – 200 Nm³ CH₄/ton TS (Edström et al., 2008; FNR, 2006; Nordberg och Nordberg, 2007). Då fastgödsel i stor utsträckning består av halm har uppehållstiden och graden av finfördelning sannolikt stor betydelse för biogasutbytet

Här sätts biogasutbytet till **150 Nm³ CH₄/ton TS** för fastgödsel från nöt och svin. När det gäller djupströ antas att det skett en något större nedbrytning i stallet och därför sätts utbytet till **135 Nm³ CH₄/ton TS**. För färgödsel används slutligen samma biogasutbyte som för hästgödsel.

Blast

När det rapporteras om biogaspotentialen från blast i svensk och internationell litteratur är det huvudsakligen betblast som avses. Här antas dock att biogasutbytena är de samma för betblast och potatisblast. Det maximala biogasutbytet för betblast anges av CROPGEN (2007) till 353 m³ CH₄/ton VS. I samma publikation rapporteras om ett uppmätt biogasutbyte på 181 m³ CH₄ efter en uppehållstid på 20 dygn. Samtidigt anger Bohn et al. (2007) att biogasutbytet i pilotskala varierar mellan 320 och 390 m³ CH₄/ton VS beroende på belastning vid en uppehållstid på 90 dygn. Dessa uppgifter stämmer väl överens med de data som anges av FNR (2006).

Här antas att under goda förutsättningar kan betblasten ge 375 Nm³ CH₄/ton VS. Om det organiska materialet motsvarar 75 % av torrsubstansen (Bohn et al., 2007) så motsvarar det **280 Nm³ CH₄/ton TS**.

Potatis

Bortsorterad potatis är en av de odlingsrester som sannolikt måste samrötas för att ge goda metanutbyten. Parawira et al. (2008) anger till exempel att vid tvåstegsrötning i pilotskala ger potatis ett biogasutbyte på cirka 250 Nm³ CH₄/ton VS vilket är i nivå med uppgifterna från Gunaseelan (2004) som rötat potatisskal i labbskala. Om potatisen istället samrötas med betblast i förhållandet 2:1 och 3:1 så blir det sammanlagda biogasutbytet 390 m³ CH₄/ton VS (Parawira et al., 2008). Det går visserligen inte att säga hur mycket av biogasen som kommer från potatisen men klart är att gasproduktionen ökar vid samrötning. Det organiska materialet motsvarar cirka 95 % av torrsubstansen för potatis (Kaparaju och Rintala, 2005) och här antas att biogasutbytet är 350 Nm³ CH₄/ton VS. Biogasutbytet för potatis blir därmed cirka **330 Nm³ CH₄/ton TS** givet en effektiv samrötning.

Gröngödslingsvall

Biogasutbytet från vall anges i stor utsträckning bero på uppehållstiden och inte i så hög grad på hur finfördelat materialet är (Nordberg och Edström, 1997). Rapporterade biogasutbyten varierar mellan 270 – 390 m³ CH₄/ton VS i försök som utförts i labbskala respektive pilotskala och vid olika grad av finfördelning och uppehållstid (Cime et al., 2007; Lehtomäki och Björnsson, 2006). Dessa data stämmer väl överens med de utbyten som anges av Karpenstein-Machan (2005) och FNR (2006) för ensilerat gräs.

Här används data från pilotförsök (Lehtomäki och Björnsson, 2006) som gett biogasutbyten på 390 m³ CH₄/ton VS. Justerat till normalförhållanden och givet att det organiska materialet svarar för 88 % av torrsubstansen antas att biogasutbytet för vall är **330 Nm³ CH₄/ton TS**.

Konservärtor

Det har visat sig vara svårt att hitta data för biogasutbyten från baljor och rev från konservärtor. Där-
emot finns det ett fåtal referenser för biogasutbyten från baljor där det rapporteras om utbyten på cir-
ka 175 – 228 m³ CH₄/ton VS (Madhukara et al., 1997) och 220 m³ CH₄/ton TS (Kalia och Joshi, 1995).
Här sätts biogasutbytet för baljor och rev till **190 Nm³ CH₄/ton TS**. Läsaren bör dock observera att
detta är en relativt osäker uppgift.

Halm

Halm är ett tämligen svårnedbrytbart material som i större mängder också kan vara tekniskt svårt att
hantera för en konventionell biogasanläggning. Genom att finfördela halmen eller röta den med långa
uppehållstider kan det dock vara möjligt att få ut relativt stora mängder biogas. För mald halm anger
Nordberg och Edström (1997) till exempel ett biogasutbyte på närmare 240 m³ CH₄/ton VS efter en-
dast 30 dygn. Om halmen hackades i stället halverades biogasutbytet med samma uppehållstid. Ge-
nom att öka uppehållstiden till 70 dygn uppnåddes dock samma höga biogasutbyte även för hackad
halm. Dessa data stämmer väl överens med de uppgifter som rapporteras av Møller (2007) som för
olika sorters halm anger ett biogasutbyte mellan 250 och 300 m³ CH₄/ton VS vid en uppehållstid på
drygt 100 dygn. En annan studie av finfördelning av halm visade att storleksreduktion till 1 mm gav
161 m³ CH₄/ton VS, medan partiklar på 30 mm gav 145 m³ vid en uppehållstid på 60 dygn. Vid
110 dagars uppehållstid gav dock båda materialen 195 m³ CH₄/ton VS (Møller et al., 2004). Resultaten
som presenteras av Møller (2007) indikerar att det kan vara en viss skillnad mellan olika spannmåls-
slag och mellan spannmålshalm och halm från oljeväxter. Här görs dock förenklingen att samma bio-
gasutbyte är giltigt för samtliga typer av halm.

Här antas att 90 % av halmens TS är organiskt material (Nordberg och Edström, 1997) och att be-
stämmning av gasvolymerna utförts i rumstemperatur. Baserat på detta sätts biogasutbytet i praktisk
drift till **160 Nm³ CH₄/ton TS**.

Tabell 38. Metanproduktion från respektive råvara.

	Nm ³ CH ₄ /ton TS
Flytgödsel från nöt	150
Fastgödsel från nöt	150
Djupströ från nöt	135
Flytgödsel från slaktsvin	200
Flytgödsel från suggor	200
Fastgödsel från svin	150
Djupströ från svin	135
Gödsel från fjäderfän	150
Får och hästgödsel	120
Blast från sockerbetor och potatis	280

	Nm ³ CH ₄ /ton TS
Bortsorterad potatis	330
Vall	330
Revor och baljor	190
Halm	160

5.7. Total biogaspotential

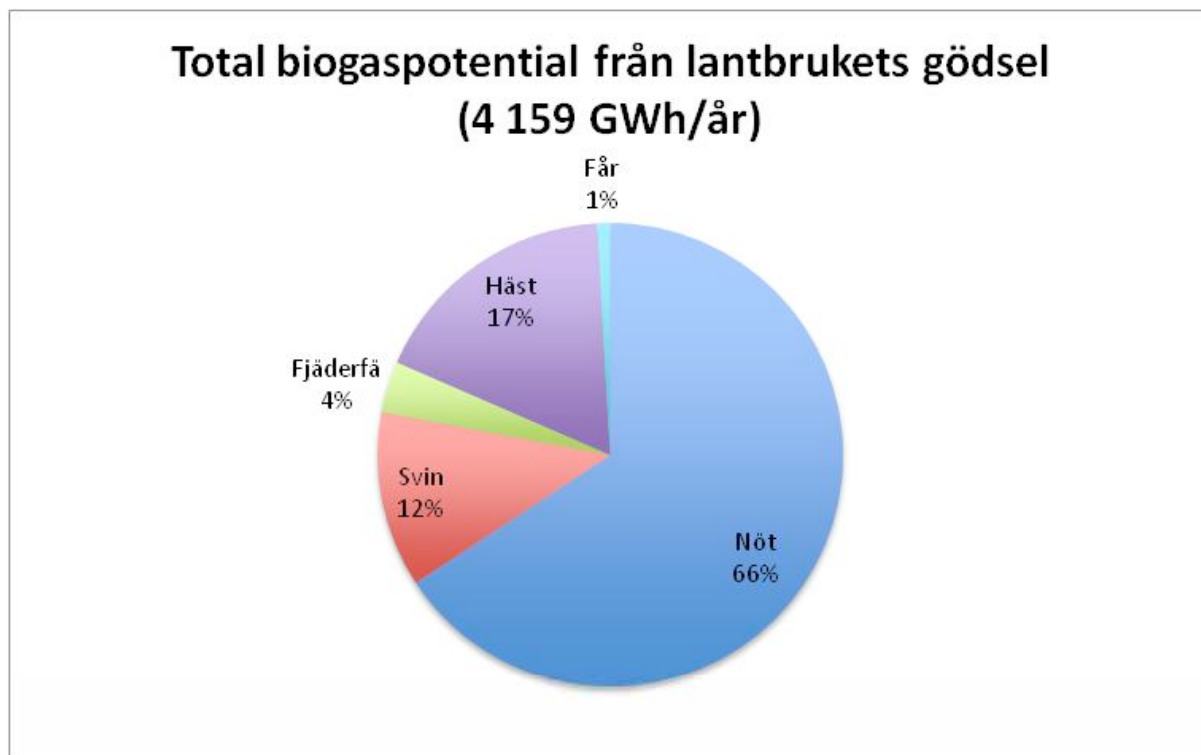
I föreliggande studie presenteras två olika biogaspotentialer, *den totala och den totala med begränsningar*. *Den totala biogaspotentialen* beräknas genom att multiplicera biogasutbytet som angetts i Tabell 38 med den totala mängden gödsel och odlingsrester som angetts i Tabell 31 och Tabell 37 för respektive län. Resultatet presenteras i Tabell 39 och Tabell 40. En procentuell fördelning redovisas i Figur 3 och Figur 4.

Observera att i Tabell 40 har biogaspotentialen för halm minskats med den halm som används inom djurhållningen och därmed redan inkluderats i mängden fastgödsel. Behovet av halm inom djurhållningen har beräknats med antagandet att kor behöver 720 kg/år, ungdjur 360 kg, kalvar 240 kg, får 360 kg, suggor 365, slaktsvin 55 kg och hästar 720 kg/år (Börjesson, 2007). Observera att enligt dessa nyckeltal kommer det att uppstå ett underskott på halm i vissa län. Här antas dock att det inte sker någon halmexport över länsgränserna.

Tabell 39. Total biogaspotential för gödsel (Data i GWh/år)

	Nöt	Svin	Fjäderfä	Häst	Får	Totalt
Stockholm	38	5	1	70	1	116
Uppsala	86	12	1	22	1	123
Södermanland	86	19	9	29	2	144
Östergötland	199	35	18	40	3	295
Jönköping	222	5	1	32	2	261
Kronoberg	111	5	4	20	1	141
Kalmar	264	26	13	33	3	339
Gotland	111	17	4	15	5	152
Blekinge	48	10	16	12	1	87
Skåne	368	153	33	92	4	650
Halland	170	63	14	30	2	278
Västra Götaland	464	93	22	130	6	714
Värmland	86	15		32	1	135
Örebro	65	14	4	25	1	110
Västmanland	35	19	1	30	1	86
Dalarna	61	3	1	25	1	90

	Nöt	Svin	Fjäderfä	Häst	Får	Totalt
Gävleborg	74	3	2	24	1	104
Västernorrland	60	2	2	19	1	83
Jämtland	61	1		14	1	77
Västerbotten	84	6	1	23	1	114
Norrboten	40	4		14	1	58
Totalt	2 734	508	148	730	38	4 159

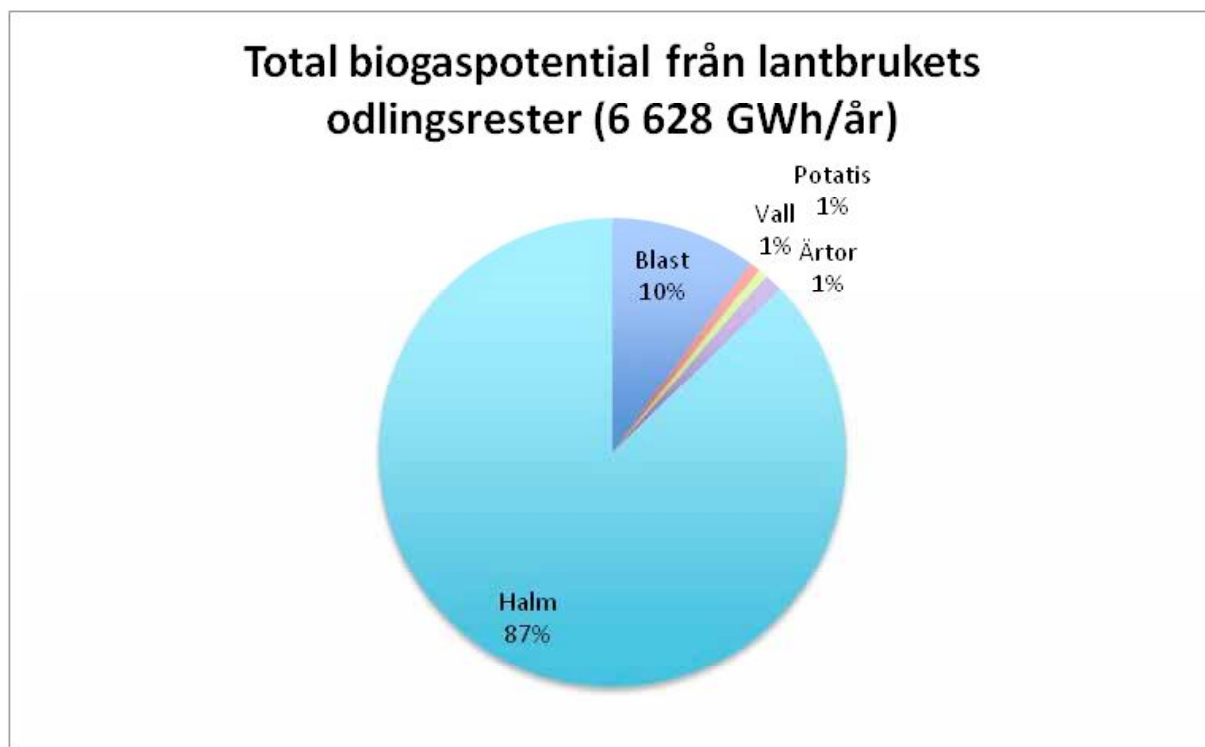


Figur 3. Fördelning av den totala biogaspotentialen från lantbrukets gödsel (4 159 GWh/år).

Tabell 40. Total biogaspotential för odlingsrester (Data i GWh/år).

	Blast	Vall	Potatis	Ärtor	Halm	Totalt
Stockholm	1	1			149	151
Uppsala	2	8			515	526
Södermanland	1	2			306	309
Östergötland	13	1	4		596	614
Jönköping	2		1			3
Kronoberg	1					1
Kalmar	17		1		99	117

	Blast	Vall	Potatis	Ärtor	Halm	Totalt
Gotland	7	1	2		113	122
Blekinge	29				28	58
Skåne	513	4	18	54	1 982	2 570
Halland	27		5	8	200	241
Västra Götaland	25	12	7	20	1 089	1 153
Värmland	4	5	1		86	96
Örebro	5	2	1		288	296
Västmanland		10			305	315
Dalarna	7	2	1		26	37
Gävleborg	2	1			2	5
Västernorrland	2					2
Jämtland	1					2
Västerbotten	3					4
Norrbottn	5		1			6
Totalt	667	50	44	82	5 784	6 628



Figur 4. Fördelning av den totala biogaspotentialen från lantbrukets odlingsrester (6 628 GWh/år).

5.8. Total biogaspotential med begränsningar

Den *totala biogaspotentialen* kan ses som en maximal potential givet att alla substrat som identifierats här används för biogasproduktion. Det finns dock ett antal faktorer som begränsar den *totala potentialen* såsom olika hanterings- och lagringsförluster samt att all gödsel inte är tillgänglig för biogasproduktion med tanke på djurens betesperiod.

Förluster av betesgödsel

Nötkreatur, får och hästar går ute på bete vissa delar av året vilket minskar mängden gödsel som är tillgänglig för biogasproduktion. Den exakta betesperioden varierar för olika djurslag men också mellan olika delar av landet och olika gårdar.

SCB (2006) anger till exempel att den genomsnittliga stallperioden för mjölkkor var 7,4 månader år 2005. Samtidigt anges att 54 % av korna även under betesperioden vistades inne under natten. Här finns dock stora skillnader mellan olika delar av landet. För övriga nöt varierar stallperioden mellan cirka 45 – 65 % av året (SCB, 2004; 2006). Samtidigt antar Naturvårdsverket (2006) att år 2010 kommer 24 % av gödseln från mjölkkor och 50 % av gödseln från övriga nöt att vara betesgödsel.

För mjölkkor och kalvar antas här att 75 % respektive 65 % av gödseln skulle kunna samlas in. För övriga kor samt kvigor och stutar antas att 45 % respektive 60 % kan samlas in.

För får och hästar antar Naturvårdsverket (2006) att 50 % av gödseln hamnar i stallet. Dessa nyckeltal används även i föreliggande studie.

Hanterings- och lagringsförluster

Som beskrivits tidigare kommer det att uppstå vissa förluster av TS vid bärgning, hantering och lagring av de olika odlingsresterna. För blast från sockerbetor och potatis samt grön gödslingsvallar och skörderester från konservärtor antas att förlusterna uppgår till 25 % av den totala skörden.

När det gäller halm antas inledningsvis att 30 % av den tidigare beräknade skörden förloras i form av stubb, agnar och boss samt i form av förluster vid lagring och hantering. Vidare anger Börjesson (2007) att det på grund av klimat, vädervariationer och tidsbrist sannolikt inte är rimligt att samla in all halm. Dessutom anges att en del halm kan behöva lämnas för att bevara markens mullhalt. Om halmens ekonomiska värde ökar kan det dock vara möjligt att samla in mer eftersom detta då kan prioriteras högre på gårdarna. Då halm som används för biogasproduktion till viss del återförs i form av biogödsel bör restriktionerna med avseende på mullhalt med mera också kunna minskas. Här används dock samma nyckeltal som presenteras av Börjesson (2007) vilket innebär att 75 % av nettoskörden av halm skulle kunna bärgas. Detta ger en tillgänglighet för halm på 52 % av bruttoskörden vilket eventuellt är något restriktivt räknat med tanke på rötreståterföring med mera. Börjesson anger visserligen att i vissa delar av Sverige är andelen bärgningsbar halm något mindre, men då Börjesson anger sina data för odlingsområden kan dessa inte enkelt omvandlas till län. De län som eventuellt skulle ha en lägre andel svarar dock för en mycket liten del av den totala produktionen.

Konkurrerande användningsområden

En viktig konkurrensaspekt när den totala biogaspotentialen med begränsning ska beräknas är djurhållningens behov av halm som det här antas att en biogasanläggning inte kan konkurrera med. Denna aspekt har dock redan beaktats när potentialen i Tabell 40 beräknades.

I övrigt kan bortsorterad potatis idag ha ett ekonomiskt värde som foder men ersättningen till lantbrukaren varierar kraftigt mellan olika år beroende på tillgången. Sannolikt kan det också vara stora skillnader mellan olika delar av landet och till och med mellan olika gårdar. Huruvida biogasanläggningen kan betala mer än en djuruppfödare beror naturligtvis på värdet av den producerade biogasen, foderpriser men också på hur väl potatisen passar med anläggningens övriga substrat. Här antas schablonmässigt att 50 % av den bortsorterade potatisen är tillgänglig för biogasproduktion.

Övriga konkurrerande användningsområden såsom förbränning av halm för energiändamål har inte inkluderats här.

Med beaktande av dessa restriktioner beräknas den totala potentialen till 10,8 TWh/år och den totala potentialen med begränsningar till 8,1 TWh/år, se också tabell 41.

Tabell 41. *Biogaspotential för växtodlingsrester och gödsel (Data i GWh/år).*

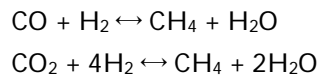
	Total	Total med begränsningar
Stockholms Län	267	186
Uppsala Län	648	513
Södermanlands Län	453	349
Östergötlands Län	909	699
Jönköpings Län	263	170
Kronobergs Län	143	93
Kalmar Län	456	311
Gotlands Län	273	196
Blekinge Län	145	103
Skåne Län	3 219	2 527
Hallands Län	518	388
Västra Götalands Län	1 866	1 404
Värmlands Län	231	157
Örebro Län	406	314
Västmanlands Län	401	316
Dalarnas Län	126	79
Gävleborgs Län	109	68
Västernorrlands Län	85	54
Jämtlands Län	78	50
Västerbottens Län	118	79
Norrbottens Län	64	43
Totalt	10 780	8 099

6. RESTPRODUKTER FRÅN SKOGSBRUK OCH SKOGSINDUSTRI

6.1. Termisk förgasning

Biogas kan, förutom genom anaerob rötning, också framställas med hjälp av termisk förgasning. Vanligen används ordet biogas enbart för gas framställt genom anaerob nedbrytning. I detta avsnitt används enligt branschpraxis ordet biometan för gas framställd via termisk förgasning av biobränslen.

Vid termisk förgasning förbränns bränslet i en kontrollerad atomsfär bestående av syre och vatten. Bränslet bryts ner till CO, CO₂, CH₄, H₂O, H₂ samt vissa högre kolväten och tjära. Gasens sammansättning efter förgasningsprocessen beror på temperatur, valt bränsle, tryck m.m. Den producerade gasen renas därefter från tjära, ammoniak, svavel och fasta partiklar varefter den kyls till ca 300 °C. Efter reningsprocessen sker en metanisering genom en katalys där koloxid och koldioxid reagerar med vätgas och bildar metan och vatten:



Efter detta tas koldioxiden bort och gasen torkas (s.k. uppgradering) för att erhålla en gas som i stort sett består av metangas.

Som råvara till ovanstående process kan med fördel trädbränsle användas. Processen är inte känslig för vilken typ av trädbränsle den matas med och verkningsgraden för gasframställningen ligger på ca 70 % (Van der Drift et al., 2005). Svartlut eller restlutar är en restprodukt från pappersmassaframställningen och består av utlösta vedämnen samt kokkemikalier. Denna produkt bränns idag i s.k. so-dapannor, vars viktigaste syftet är att återvinna kokkemikalierna. Förgasningstekniken skulle innebära att energin i svartluten kunde förvandlas till biometan.

Tekniken att förgasa fasta bränslen är välkänd sedan länge. Huvudsakligen har stenkol används som råvara för förgasning. Produkten blir enligt ovan en syntesgas som kan användas som den är eller vidareomvandlas till ett flytande bränsle. Denna teknik utvecklades 1922 och under andra världskriget kom den att bli stommen i den teknik som tyskarna använde för att framställa syntetisk diesel till sin militärapparat. Tekniken att framställa bensin/diesel ur kol används fortfarande i stor skala i Sydafrika.

När det gäller förgasning av träbränsle finns det idag enbart en begränsad erfarenhet av tekniken. Som nämnts ovan är däremot teknologin för förgasning mycket välkänt, såväl kommersiellt som tekniskt. Skillnaden mellan att förgasa träbränsle och kol ligger huvudsakligen i inmatningstekniken.

I världen finns det idag ett flertal anläggningar som förgasar träbränsle. Som exempel kan anläggningen i Värnamo (18 MW bränsleeffekt) och i österrikiska Güssing (8 MW bränsle) nämnas. I Piteå finns en anläggning för förgasning av svartlut.

6.2. Datainsamling och avgränsningar

Detta avsnitt av potentialstudien innehåller viktiga skillnader jämfört med övriga delar som berör biogaspotentialen från rötning. Beräkning av biogaspotentialen i övriga avsnitt har baserats på uppgifter om förväntade råvarumängder, gasutbyten samt med hänsyn till förbättrad teknik. I detta avsnitt är det tvärtom, med utgångspunkt i en teknik för gasframställning som ännu inte används i kommersiell skala i Sverige.

För bedömning av energiutbyte vid produktion av biometan genom termisk förgasning av restprodukter från skogsbruket och skogsindustrin har en rapport från Svenskt Gastekniskt Center (Rapport SGC 185, 2008) legat till grund som underlag. Studiens råvaruinventering och beräknat energiutbyte bygger på uppskattningar gjorda i Energimyndighetens långsiktsprognos 2006 och statistik om biobränsleanvändningen i Sverige (se Tabell 43). I rapporten har även en prognos för potentialen år 2015 respektive för år 2025 tagits fram. Notera att importerat skogsbränsle till stort del är från draget i utredningen. De importerade mängderna motsvarar cirka 5-9 TWh (Energimyndigheten 2006).

I denna bedömning har den mängd skogsbränsle som rubriceras "småskalig vedeldning" tagits bort ur potentialen, med motivering att merparten av denna vedeldning sker i en privatfastigheter och kommer därmed inte att påverkas nämnvärt även vid en kraftig prishöjning på energi. Den mängd som går till småskalig vedeldning idag uppgår till cirka 11 TWh (cirka 8 TWh gas). I framtiden förväntas denna mängd förbli ungefärligen oförändrad.

6.3. Specifika definitioner

Följande generella begrepp används i rapporten:

Tabell 42. Definitioner på olika fraktioner från skogsbruk och skogsindustri (Skogsstatistisk årsbok, 2007).

Begrepp	Definition
Skogsbränsle	Trädbränsle som tidigare inte haft någon användning; grenar och toppar (GROT), stamved och stubbar.
Skogsbränsle, industri	Från skogsindustrins biprodukter; bark, flis och sågspån.
GROT	Grenar och toppar

6.4. Energipotential

Baserat på uppgifter från SGC:s rapport uppgår potentialen för biometan till 74 TWh år 2015 samt 89 TWh år 2025. Utbytet från skogsbrukets och skogsindustrins restprodukter uppgick till 59 TWh år 2005. I Tabell 43 redovisas biometanutbytet för skogsrelaterade restprodukter.

Tabell 43. *Biometanutbyte för restprodukter från skogsbruk och skogsindustri, beräknat utifrån bränsletillgång 2005 fördelat på olika bränsleslag, samt biobränslepotential 2015 och 2025, förutsatt 70 % verkningsgrad vid förgasning. (Värden för bränsletillgång och biobränslepotential hämtade ur tabell 1, s. 8, Valleskog et al., 2008)*

Avfallsslag	2005 (TWh)	Potential 2015 (TWh)	Potential 2025 (TWh)
Lutar, tallbeck	27	36	41
Skogsbränsle, industri	13	13	13
Skogsbränsle	19	25	35
Totalt	59	74	89

Sammanställningen i Tabell 43 visar på att det främst är lutar, tallbeck och skogsbränsle som ökar som potential. Lutar är som nämnts tidigare en restprodukt från massaindustrin. Ökningen av biometanpotentialen från lutar förutsätter en motsvarande ökning av massaproduktionen. Skogsindustrierna (branschorganisation för bl.a. massaindustrin) räknar dock inte med en ökning i den omfattningen. Vidare har Skogsindustrierna inte utfört några egna beräkningar, men menar att en ökning i den storleksordningen som anges ovan inte är realistisk. När det gäller "skogsbränsle" anser Skogsindustrierna också att ovanstående tabell ligger på för höga värden. Fram till år 2020 bedöms energiutbytet från skogsbränsle vara cirka 27 TWh (motsvarande cirka 19 TWh biometan dvs samma data som för 2005). Bedömningen av "skogsbränsle från industri" anses vara korrekt, enligt Lars-Erik Axelsson på Skogsindustrierna.

En studie som kommit fram till ett liknande resultat som redovisas i Tabell 43 är Biobränslekommissionens utredning (SOU 1992:90) där energiutbytet för restprodukter från skogsbruk och skogsindustri bedöms vara 95-110 TWh. Detta motsvarar 66-77 TWh biometan förutsatt 70 % verkningsgrad vid förgasningen. Vidare har Institutionen för bioenergi på SLU kommit fram till betydligt högre siffror från skogsbranschens restprodukter (SIMS rapport nr 51, 1998). I denna rapport redovisas cirka 115 TWh, motsvarande cirka 80 TWh biometan, exklusive lutar och tallbeck. Ytterligare närmare 10 TWh bedöms finnas, men dessa bör av ekologisk hänsyn ej användas. I en senare studie (Hagström, 2006) bedöms energiutbytet vara ungefär detsamma, 118,6 TWh (motsvarande 83 TWh biometan), även här exklusive lutar och tallbeck.

Skogsindustrierna och SLU har olika angreppssätt när det gäller att bedöma energipotentialen för skogsrelaterade restprodukter. Det är därmed svårt att jämföra uppgifterna direkt. Allmänt kan kommenteras att Skogsindustrierna har en mer konservativ syn på möjligheterna att ta ut mer energi ur skogen än vad andra aktörer inom skogsnäringen har. En genomgång av siffrorna visar dock att överensstämmelsen mellan SLU och Skogsindustrierna är tämligen god.

Ingen utredning kommer dock upp i den årliga tillväxten i skogen i Sverige. Den ligger på cirka 76 MtonTS/år (Nilsson, 2004), vilket motsvarar cirka 380 TWh energi eller cirka 250 TWh biometan. Sannolikt är det inte möjligt att utvinna hela denna potential. Framförallt skulle det ge skada på stora

naturvärden och troligen inte heller vara ekonomiskt försvarbart. Av dagens årliga skogstillväxt används idag cirka 20 % för energiframställning, 25 % används till skogsindustrins produkter såsom pappersmassa och trävaror. 35 % av årliga skogstillväxten stannar i skogen, som hälften GROT och hälften stubbar. Kvarvarande cirka 20 % av den årliga skogstillväxten utgör en ökning av skogsförrådet.

6.5. Miljö

Skogen har flera värden än de rent industriella. En av människan opåverkad urskog har en väsentligt större biologisk mångfald än planterad skog. Många hotade arter har sin hemvist i skogen och är där, i många fall, beroende av t.ex. förekomsten av död ved. Samtidigt har människan ett stort intresse av skogen som rekreationsområde. Konflikterna mellan naturvårds- och rekreationsintressen har därmed varit många. Vid ett ökat uttag av ved från skogen finns det en uppenbar risk att dessa konflikter blir fler och kraftigare. Det är därför av största vikt att dessa intressen vägs in redan från början.

Stora delar av potentialen för ökat uttag av bränsle från skogen kommer från gallringsvirke, GROT och stubbar. De ekologiska konsekvenserna av detta är ännu inte färdigutredda, men Skogsstyrelsen har påbörjat en kunskapssammanställning (Eriksson, 2008 och Dahlberg, 2008). Det finns dock mycket som pekar på att uttaget av GROT och gallringsvirke är relativt problemfritt ur ett ekologiskt perspektiv. Dessa fraktioner innehåller till allra största delen dött tunt virke, vilket i naturen inte förekommer i stora mängder och få djur lever på den typen av död ved. Däremot kan det vara viktigt att virket transporteras bort vid en tidpunkt som inte stör fortplantningen hos de varelser som lever på den här typen av virke. Vidare innehåller denna ved näringsämnen som marken behöver och därför bör askan återföras till skogen.

Stubbarna utgör isig ett speciellt problem. Inga utredningar har genomförts, men Skogsstyrelsen arbetar med en kunskapssammanställning. Stubbarna utgör cirka 20 % av hela trädets vikt (och energi) och utgör därmed en stor potential. Ur ekologisk synpunkt är brytningen av stubbar sannolikt mer problematisk än vad ett ökat uttag av GROT och gallringsvirke är. Detta beror bl.a. på att rötterna binder jorden och om dessa tas bort finns det risk för jorderosion, något som vore mycket allvarligt för återväxten. Det finns nyutvecklade tekniker i vilken man låter de mindre rötterna ligga kvar i marken, samtidigt som kärnan med den största energimängden "borras" upp. Tekniken kan eventuellt minska risken för erosionskador. Stubbarna är också "grov död ved" som utgör livsmiljö för flera olika arter djur. Skulle mängden av dessa minska kraftigt hotar detta den biologiska mångfalden.

6.6. Slutsatser om skogsrelaterade restprodukter

Skogen innehåller den största potentialen när det gäller tillverkning av biometan. Däremot råder det en ganska stor osäkerhet om vilka mängder som är möjliga att ta ut. Detta beror till stora delar på att skogen har flera olika intressenter;

- Skogsindustrin som tillverkar pappersmassa och sågade trävaror.
- Energibranschen som ser en stor tillväxtpotential för miljövänlig energi.

- Miljövården som värnar om livsmiljön för många hotade arter och skogens betydelse som klimatpåverkare.
- Till sist människan som ser skogen som en ytterst viktig rekreativ miljö.

Nämnda punkter kommer, tillsammans med råvarupriset, att påverka hur mycket energiråvara som verkligen kommer att tas ut ur skogen. Priset på energiråvaran kommer att vara helt avgörande för hur stort intresset blir att utvinna energi ur skogen. Redan idag kan man se tendenser till ett prisrigt mellan massaved och trä till energiråvara. Hur detta kan komma att se ut i framtiden är ännu oklart.

I denna rapport har Energimyndighetens beräkningar av potentialen antagits. Valet beror framförallt på att de inte har tydliga bindningar till någon av de ovan nämnda skogsintressenterna och därför står friast att bedöma. Därför gäller i denna rapport de potentialer som redovisats i tabell 43. Den totala energipotentialen från skogsrelaterade restprodukter uppgår till 59 TWh/år. Det förefaller inte som verkligt att energiuttaget från skogen minskar, och därmed har 2005 års uppgifter satts som minimum.

7. METODER OCH TEKNIKER FÖR ATT ÖKA BIOGASUTBYTET

En del av det organiska, nedbrytbara, materialet passerar en biogasanläggning utan att brytas ner. Detta beror framförallt på att detta organiska material är svårt för rötningsprocessens mikroorganismer att komma åt under givna betingelser samt att det i en kontinuerlig process alltid finns material som passerar snabbt genom röt-kammaren då beräknad uppehållstid är en genomsnittlig sådan. För att öka processhastigheten och åtkomligheten av det organiska materialet för biogasprocessens mikroorganismer finns olika metoder som testats i försökskala eller tillämpas i olika omfattning i fullskala.

7.1. Samrötning

Genom att blanda olika substrat kan näringsammansättning och koncentration optimeras, vilket gör att en stabilare och mer effektiv biogasprocess kan erhållas. Rötning-försök med avloppsslam blandat med pressat matavfall (6,5 vol-%) gav t.ex. 5 % mer metan vid samrötning än om substraten hade rötats var för sig (Persson et al., rötning-försök på Sjö-lunda avloppsreningsverk). För bortsorterad potatis och betblast har den förbättrade näringsbalansen som erhöles vid samrötning givit upp till 60 % mer metan än vid rötning av materialen enskilt (Parawira et al., 2007). Detta visar att det ofta är olämpligt att röta specifika substrat separat och att förutsättningarna för att få en optimal näringsammansättning och struktur på materialet ökar vid samrötning.

7.2. Termofil rötning och temperaturoptimering

Metanbildning sker framförallt inom två olika temperaturområden, det mesofila temperaturområdet vid 37 °C och det termofila temperaturområdet vid 55 °C. Processhastigheten är högre vid termofil rötning varför biogasutbytet vid bibehållen uppehållstid skulle kunna öka jämfört med mesofila temperaturförhållanden. Det finns dock exempel på såväl ökad metanproduktion som oförändrad sådan vid omställning från mesofil till termofil drift. Om mer metangas eller ej erhålls beror på det specifika substratets egenskaper samt på övriga processförutsättningar såsom belastning och uppehållstid. Försök med rötning vid olika temperaturer inom det mesofila området har visat på 9 % lägre metanutbyte vid 33 än vid 37 °C (Persson et al, 2006).

7.3. Termisk förbehandling

Genom att hetta upp substratet före rötning kan strukturer i materialet fås att brytas ner så att det organiska materialet blir mer lättåtkomligt. Hygienisering är ett krav för exempelvis animaliska biprodukter och för andra substrat som t.ex. avloppsslam förväntas krav på hygienisering komma i framtiden. En metod för hygienisering är upphettning till 70 °C i en timma. Försök med förhygienisering på detta sätt har för avloppsslam visat en potential att öka metanproduktionen med 10-20 % vid mesofil rötning (Davidsson, 2007), medan andra försök ej visar på någon sådan ökningspotential (Persson et al., rötning-försök på Sjö-lunda avloppsreningsverk).

7.4. Enzymtillsats

Ett annat sätt att öka det organiska materialets åtkomlighet är att tillsätta enzymer som hjälper till att hydrolysera materialet så att nedbrytbarheten ökar och/eller går snabbare. Metoden kräver ett specifikt enzym för varje typ av förening som ska brytas ner. Försök med enzymtillsats har visat på möjlighet att öka metanutbytet med 60 % för avloppsslam samt att en kombination av förhygienisering (70 °C, 1 h) och enzym tillsats kan ge adderbara effekter (Davidsson, 2007). Studier på utlakning av organiskt material från restavfall från hushållen har visat på 34 % högre nedbrytbarhet vid tillsats av kommersiellt tillgängliga cellulohydrolyserande enzymer (Cirne et al., 2008). Eftersom de bulkenzymer som finns kommersiellt tillgängliga är kostsamma är metoden relativt oprövad i fullskala.

7.5. Tillsats av näringslösning

För att få en bättre näringsammansättning för rötningsprocessens mikroorganismer kan en för ändamålet speciellt sammansatt näringslösning tillsättas. Tillsatsen av näring möjliggör en högre belastning av röt-kammaren och för rötning av etanoldrank har t.ex. belastningen kunnat fördubblas vid näringstillsats. Någon egentlig ökning av metanutbytet sker emellertid inte, utan metoden är ett sätt att kunna använda befintliga rötningsvolymen mer effektivt och är ett alternativ till att bygga ut röt-kammarvolymen (Undén, 2008).

7.6. Förbehandling med ultraljud

För att slå sönder biologiska strukturer, och på så vis göra organiskt material mer lättillgängligt, kan substrat behandlas med ultraljud. På reningsverksslam har detta tillämpats på en delström av det biologiska överskottsslammet, där det organiska materialet i slamflockarna kan vara svårt att komma åt. I Sverige har 0-25 % mer gas kunnat fås ut på från avloppsslam efter ultraljudsbehandling (Ejlertsson, 2008). Någon egentlig ökning av gaspotentialen sker inte med ultraljudsbehandling, men behandlingen har en påskyndande effekt och kan minska viskositeten i substraten vilket gör materialet mer lättomblodat (Ejlertsson, 2008). Reningsverken i Borås stad och Oskarshamns kommun har i två års tid tillämpat metoden med olika fabrikat på utrustning, emellertid har ingen väsentlig ökning av gasproduktionen eller minskning av slammängden kunnat ses (Dåverhög et al., 2008).

7.7. Seriekopplade processer

Den processteknik som är vanligast vid biogasproduktion är idag en totalomrörd tank, och i de fall endast en tank används kommer en del av materialet att gå igenom processen onedbrutet. Andelen som "korts-luts" ökar med minskande uppehållstid i processen. Flera studier har visat hur man ökar den sanna uppehållstiden för materialet genom att använda seriekopplade processer, och därmed ökar metanutbytet. Angelidaki et al. (2006) beskriver hur en uppdelning av reaktorvolymen på två steg med 85 % av volymen i tank 1 och 15 % i tank 2 ger 5 % mer biogas per ton substrat än en enstegsprocess med samma totalvolym. Om man i uppdelning istället ger steg 1 den lägre volymen skapas dessutom nya mikrobiologiska förutsättningar. Liu et al., (2006) beskriver hur man för hushållsavfall med en uppdelning i två steg med 2 + 15 dagars uppehållstid får 500 m³ CH₄ per ton VS, och dessutom 43 m³ vätgas per ton VS i första steget medan endast enstegsprocessen ger 413 m³ CH₄ per ton VS. Att ha en

rötkammare följd av ett täckt efterrötningslager för uppsamling av gas är en vanlig processlösning på biogasanläggningar. På avloppsreningsverk är det mindre vanligt med täckta rötrestlager, varför här finns en potential för att samla upp mer metan.

7.8. Förbättrad processkontroll

Förbättrad processövervakning och –styrning är ett sätt att förbättra stabiliteten och effektiviteten i en biogasanläggning. Ett exempel på hur ny teknik för processövervakning kan installeras i befintlig biogasanläggning och användas för att optimera inflödet till processen rapporteras av Cook (2008). Det faktiska biogasutbytet per mängd inmatat material ökar inte, men en mer välutnyttjad processkapacitet kan ge bättre processekonomi.

7.9. Elektroporation

Sönderdelning av celler kan också ske genom korta elektriska spänningpulser, så kallad elektroporation. Metoden är vedertagen inom livsmedelsindustri och drivs där i fullskala för att förstöra grönsakers och fruktens cellmembran för att underlätta extraktion. Försök med kontinuerlig mesofil rötning av sockerbetor, källsorterat matavfall respektive biologiskt överskottsslam från avloppsreningsverk har genomförts på laboratorium (Carlsson et al., 2008). Substraten behandlades med fältstyrkor på ca 24 kV/cm. Biogasutbytet ökade med 10 % för sockerbetorna och med 20-40 % för matavfallet. Eftersom uppehållstiden för dessa substrat var lång, 50 dagar, är det troligt att effekten skulle bli ännu större med en kortare uppehållstid. För överskottsslam erhöles emellertid inget förbättrat gasutbyte. Sannolikt behövs mer kraftfulla metoder för att hydrolysera slammet. Urladdningsbehandling är ett alternativ för detta substrat som gett lovande resultat i en koreansk studie med 2,5 gånger ökad gasproduktion för behandlat slam (Choi et al., 2006). För att elektroporation ska vara energimässigt lönsamt beräknas det krävas 1-6 % ökat gasutbyte för behandlat substrat (Carlsson et al., 2008). Erhållna försöksresultat pekar på att elektroporation kan vara en lovande förbehandlingsmetod för att öka gasutbytet för olika substrat.

7.10. Värdering av ny teknik

Det är relativt svårt att generellt bedöma vilken påverkan redovisade metoder och tekniker har för att öka biogasutbytet för de olika substrat som ingår i föreliggande potentialrapport. Beroende på substrat varierar metodernas och teknikernas verkan. Generellt sett är det mer fördelaktigt att samröta olika typer av substrat, eftersom sammansättningen av näringsämnen då kan optimeras på ett annat sätt än om substraten rötas var för sig. Detta är dock att anse som normalt förfarande vid kommersiell produktion av biogas i Sverige och har i viss mån redan inkluderats i de biogasutbyten som använts i föreliggande studie. För vissa anläggningar kan det dock sannolikt vara möjligt att optimera substratsammansättningen alternativt tillsätta näringsämnen till processen. Generellt gäller också att biogasutbytet ökar med uppehållstiden och de ökade biogasutbyten som kan uppnås med olika tekniker kan i många fall också nås genom att helt enkelt förlänga uppehållstiden.

Nedan följer en kort sammanfattning av vilka överväganden som gjorts för respektive grupp av substrat för att beräkna biogaspotentialen med ny teknik:

- Matavfall är ett substrat som är förhållandevis lätt att bryta ned och här bedöms det att en stor förbättringspotential ligger i den rent mekaniska förbehandlingen, till exempel pressning av hushållsavfall, så att mer organiskt material kan tas tillvara för biogasproduktion. Dessutom kan det finnas en viss förbättringspotential i själva biogasproduktionen och baserat på uppgifter om respektive metod och tekniks påverkan på ökat biogasutbyte bedöms att cirka 90 % av den totala biogaspotentialen från matavfall kan erhållas genom förbehandlings- och processoptimering.
- Teknik för torrrotning av park- och trädgårdsavfall är inte kommersiellt tillgänglig i Sverige idag, och bedöms därför vara av ny teknik som kan komma att bli tillgänglig i framtiden.
- Befintliga biogasanläggningar som huvudsakligen behandlar avfall från livsmedelsindustrier m.m. antas redan idag vara relativt väl optimerade med avseende på de substrat som behandlas i respektive anläggning. Gasutbyten för merparten av restprodukterna från livsmedelsindustri och annan industri är baserat på verkliga utbyten. Baserat på detta resonemang bedöms biogaspotentialen med ny teknik genom förbehandlings- och processoptimering vara cirka 10 %.
- Genom processoptimering av slamrotning med enkla metoder såsom att röta vid optimal temperatur, jämn röt-kammarbelastning, tillräcklig uppehållstid, fullgod omrörning av röt-kammaren, uppsamling av gas från rötrestlager på de reningsverk som rötar samt tillämpning av olika förbehandlingsmetoder och/eller tillsatser för att öka tillgängligheten av det organiska materialet i slammet antas biogaspotentialen för avloppsslam i genomsnitt kunna öka med cirka 20 %.
- För de lantbruksrelaterade substraten svarar halm för en betydande del av den totala potentialen, antingen i form av ren halm eller som en del av olika typer av fastgödsel och djupströbdäddar. Då halm bryts ned relativt långsamt har uppehållstiden stor betydelse för biogasutbytet och genom att förlänga uppehållstiden och/eller förbehandla halmen kan biogasutbytet öka betydligt. Förbehandlingen kan till exempel vara mekanisk eller termisk. För ren halm antas här att biogasutbytet skulle kunna öka med 35 % jämfört med vad som antagits som basfall i föreliggande studie. För hästgödsel antas att biogasutbytet skulle kunna ökas med hela 65 % vilket dock kräver att gödseln finfördelas eller på annat sätt förbehandlas på samma sätt som halm. För gödsel från nöt och svin bedöms förbättringspotentialen vara 30 % och för gödsel från fjäderfän bedöms den till 25 % jämfört med de utbyten som använts som basfall. För lantbrukssubstraten som helhet bedöms att biogasutbytet skulle kunna öka med cirka 30 %.

Generellt gäller att det krävs metod- och teknikutveckling för att uppnå den energiproduktion som redovisas i den totala biogaspotentialen med ny teknik. För att öka den totala svenska biogasproduktion är det betydelsefullt att biogasanläggningar utbyter erfarenheter med varandra, samtidigt som forskningsvärldens resultat testas i större skala på befintliga biogasanläggningar. En gemensam strä-

van mot en ökad biogasproduktion i Sverige kräver också en öppenhet mellan biogasbranschen aktörer.

8. SAMMANSTÄLLNING

8.1. Biogaspotential per råvarukategori

Biogas kan tillverkas dels genom rötning och dels genom termisk förgasning. Den senare metoden används för biobränslen och är idag inte kommersiellt tillgänglig, men innebär en stor potential för att kunna omvandla restprodukter från skogsbruk och skogsindustri till biogas.

Sveriges totala biogaspotential, förutsatt att allt tillgängligt organiskt material från hushåll, restauranger, storkök, butiker, parker, trädgårdar samt allt avloppsslam, gödsel och växtodlingsrester samt restprodukter från olika industrier, kan rötas, uppgår till 15,2 TWh/år exkl. skogen (se Tabell 44). Det är emellertid vare sig praktiskt eller ekonomiskt möjligt att samla in allt material. Exempelvis betar korna utomhus sommardag, varför deras gödsel inte kan samlas in, liksom att alla kommuner ännu inte har separat insamling av sitt biologiska avfall. Dessutom finns konkurrerande användningsområden såsom djurfoder från restprodukter från livsmedelsindustrin och växtodling samt halm som strö för djurhållning. Med hänsyn till dagens tekniska och ekonomiska förutsättningar har därför *den totala biogaspotentialen med begränsning* reducerats till 10,6 TWh exkl. skogen.

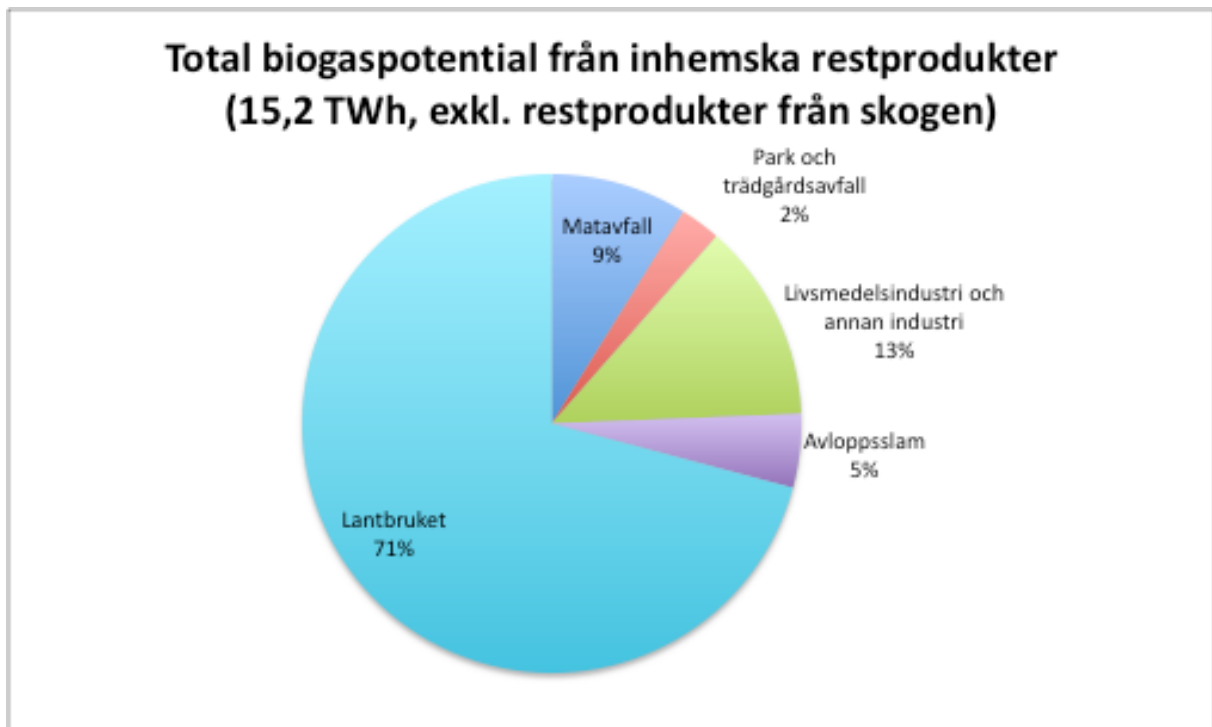
Biogaspotentialen för de olika materialerna har beräknats utifrån gasutbyten som erhållits genom försök eller genom faktiska utbyten från fullskalanläggningar. Det är därför möjligt att mer biogas än vad som beräknats som *total samt total biogaspotential med begränsning* skulle kunna erhållas genom mer optimerade biogasprocesser och/eller genom tillämpning av metoder och tekniker som ökar åtkomligheten av det organiska materialet, se *biogaspotential med ny teknik*.

Tabell 44. Sammanfattning över Sveriges biogaspotential från olika råvaror. Den totala biogaspotentialen förutsätter att allt tillgängligt material kan rötas, medan hänsyn har tagits till dagens tekniska och ekonomiska förutsättningar för råvaruinsamlingen vid beräkning av den totala biogaspotentialen med begränsning. (Data i GWh/år)

	BIOGASPOTENTIAL		
	Total	Total med begränsning	Med ny teknik
Matavfall från hushåll, restauranger, storkök och butiker	1 346	759	1 139
Park- och trädgårdsavfall	400	0	400
Restprodukter från industri och livsmedelsindustri	1962	1 062	1 168
Avloppsslam	727	700	841
Restprodukter från lantbruket och gödsel	10 780	8 099	10 529
SUMMA	15 215	10 647	14 108

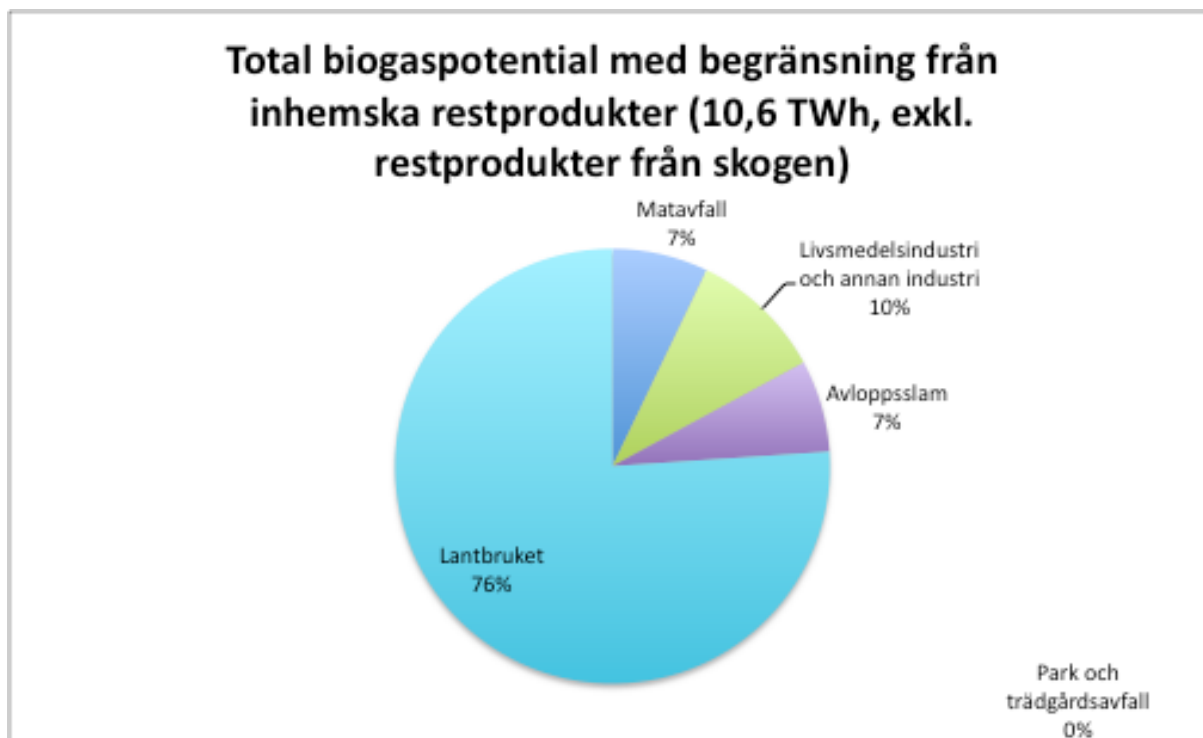
Av *den totala biogaspotentialen* från inhemska restprodukter härrör cirka 70 % från lantbruket. Matavfall från hushåll, restauranger, storkök och butiker samt restprodukter från livsmedelsindustri och

annan industri står för en fjärdedel. Resterande 5 % av *den totala biogaspotentialen* härrör från avloppsslam. I Figur 5 åskådliggörs fördelningen av *den totala biogaspotentialen*.



Figur 5. Fördelning av *den totala biogaspotentialen* från inhemska restprodukter (15,2 TWh, exkl. restprodukter från skogen)

Av *den totala biogaspotentialen* med begränsning från inhemska restprodukter härrör cirka 75 % från lantbruket, se Figur 6. Vid bedömning att cirka 60 % av allt matavfall från hushåll, restauranger, storkök och butiker kan rötas uppgår dess andel till 7 %. Restprodukter från livsmedelindustri och annan industri utgör cirka 10 %. 7 % av *den totala biogaspotentialen* med begränsning från inhemska restprodukter härrör från rötning av avloppsslam. Det har bedömts som rimligt att röta merparten av allt avloppsslam som uppkommer i Sverige, varför biogaspotentialen från avloppsslam är nästan lika hög i både *den totala och den begränsande biogaspotentialen*.



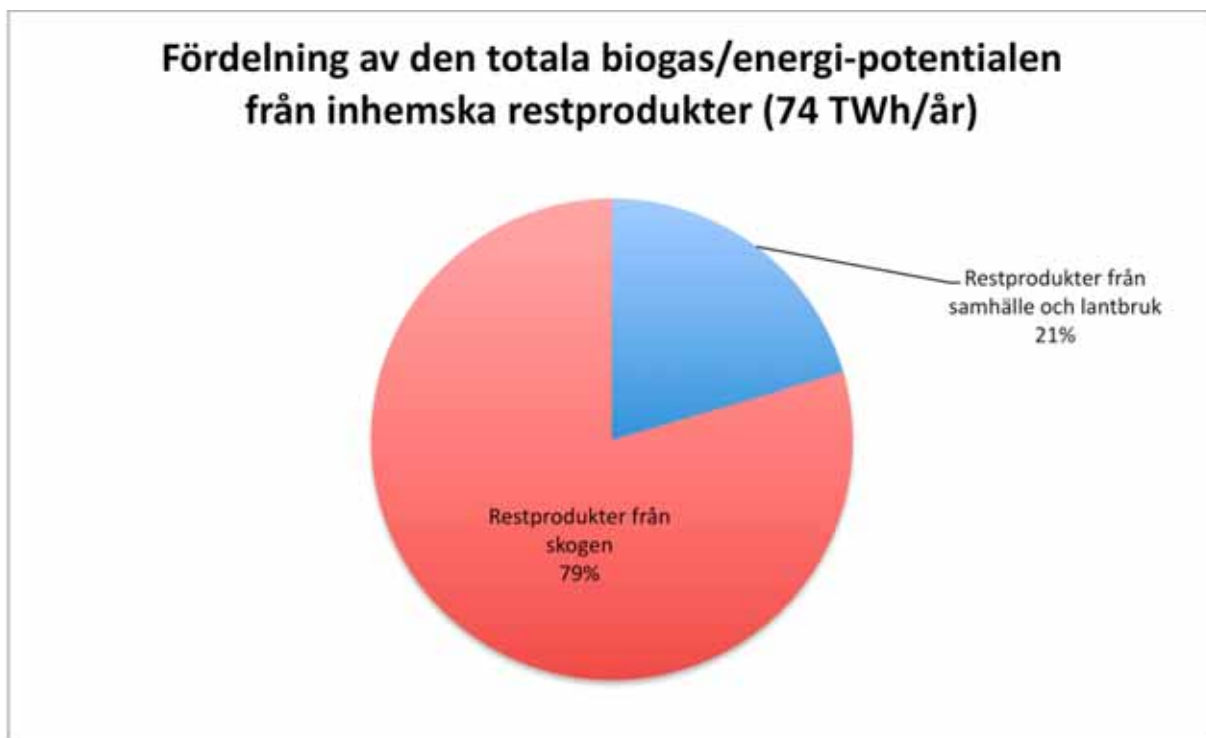
Figur 6. Fördelning av den totala biogaspotentialen med begränsning från inhemska restprodukter (10,6 TWh, exkl. restprodukter från skogen).

Energipotentialen från skogsbruk och skogsindustri spelar i en annan division än övrig biogaspotential, och eftersom förgasningstekniken i fullskala fortfarande är oprövad är inte detta bidrag medräknat i ovanstående nämnda siffror. Av de restprodukter från massaframställning som redan idag finns, eller som inom en snar framtid beräknas finnas, samt av de skogsbränslen som vid dagens skogsavverkning blir kvar för biobränsle användning, beräknas totalt 59 TWh metangas kunna tillverkas (se Tabell 45). Det förefaller som osannolikt att energiuttaget från skogen minskar, och därmed har 2005 års uppgifter satts som minimum.

Tabell 45. Sammanfattning över Sveriges biogaspotential av restprodukter från skogsbruket och skogsindustrin. (Data i GWh/år)

	ENERGIPOTENTIAL Total & Med ny teknik
Restprodukter från skogsbruk och skogsindustri	59 000

Av den totala biogaspotentialen från inhemska restprodukter härrör cirka 80 % från skogen. I Figur 7 åskådliggörs förhållandet mellan den totala biogas/energi-potentialen baserad på restprodukter från samhälle och lantbruk i jämförelse med restprodukter från skogen.



Figur 7. Fördelning av den totala biogas/energi-potentialen från inhemska råvaror. Totalt 74 TWh/år, varav 59 TWh/år härrör från skogen.

8.2. Biogaspotential per län

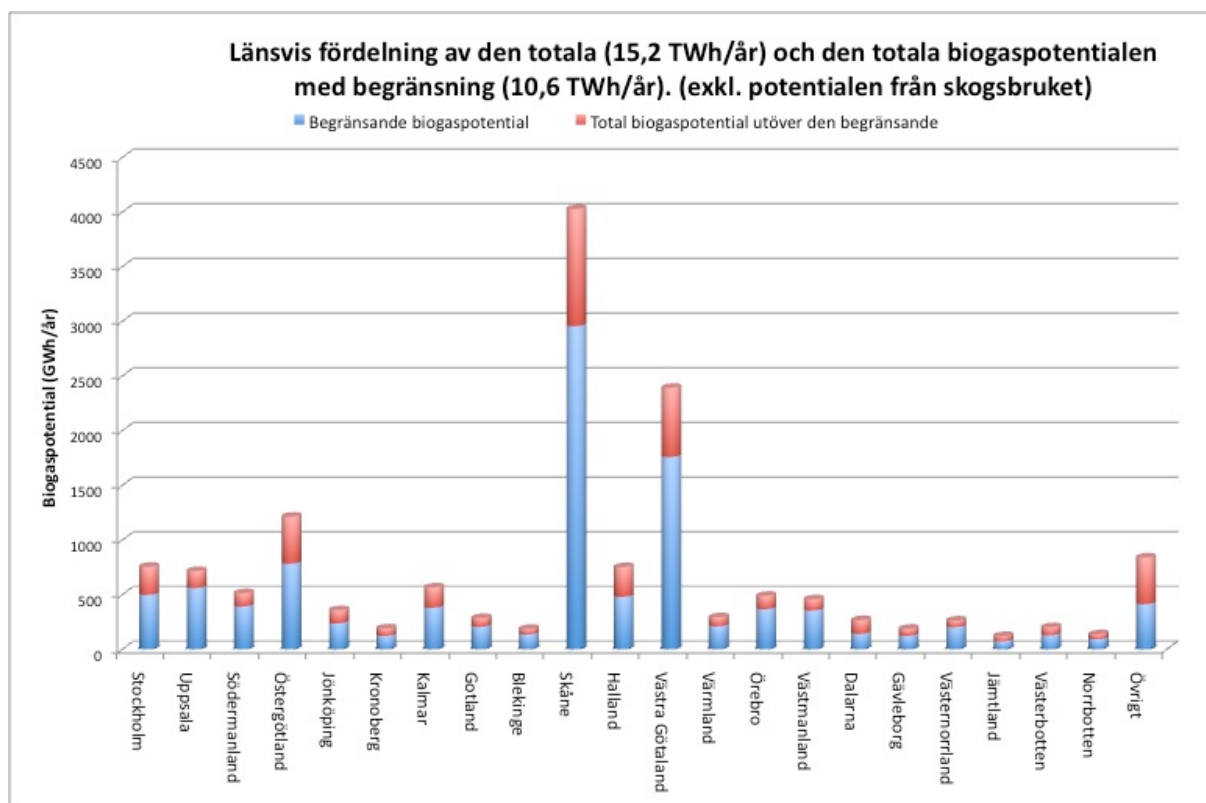
För att visa hur biogaspotentialen är fördelad över landet har råvaruinventeringen så långt det är möjligt skett länsvis. I Tabell 46 redovisas den totala biogaspotentialen respektive den totala med begränsning för respektive län, exklusive energipotentialen från skogbruk och skogsindustri. Förutom tillgång på råvaror är det viktigt att se till möjligheten för avsättning av biogas och rötrest. Närhet eller förutsättningar för ett gemensamt gasnät, närhet till produktiv mark där den näringsrika rötresten kan spridas samt närhet till råvaror för rötning minskar mängden nödvändiga transporter.

Tabell 46. Sammanfattande tabell över Sveriges biogaspotential för respektive län. Den totala biogaspotentialen förutsätter att allt tillgängligt material kan rötas, medan hänsyn har tagits till dagens tekniska och ekonomiska förutsättningar för råvaruinsamlingen vid beräkning av den totala biogaspotentialen med begränsning. (Data i GWh/år)

	BIOGASPOTENTIAL	
	Total	Total med begränsning
Stockholm	755	499
Uppsala	716	561
Södermanland	513	392
Östergötland	1 213	783
Jönköping	358	239

	BIOGASPOTENTIAL	
	Total	Total med begränsning
Kronoberg	191	123
Kalmar	565	381
Gotland	286	206
Blekinge	187	135
Skåne	4 027	2 955
Halland	752	481
Västra Götaland	2 392	1 759
Värmland	293	210
Örebro	489	367
Västmanland	457	356
Dalarna	267	141
Gävleborg	188	123
Västernorrland	263	202
Jämtland	121	72
Västerbotten	202	128
Norrbottn	138	93
Övrigt, ej länsvis definierat	842	441
SUMMA	15 215	10 647

Länen med högst *biogaspotential*, såväl *total* som *begränsande*, är Skåne och Västra Götaland. Anledningen till dessa läns goda tillgång på råvaror är framförallt ett omfattande jordbruk och en stor djurhållning, samt att de flesta livsmedelsindustrier återfinns i dessa län. Stockholms län har en relativt hög *begränsande biogaspotential* beroende på att mycket människor bor här vilket ger upphov till större mängder matavfall och avloppsslam. I underlaget för kategorin övrigt, *total biogaspotential med begränsning*, finns framförallt slakteriavfall och annat material som redan rötas vid befintliga svenska biogasanläggningar. Av konkurrensskäl redovisas dessa mängder ej länsvis. I den övriga kategorin finns också gaspotentialen från park- och trädgårdsavfall. I Figur 8 åskådliggörs en länsvis fördelning av *den totala och den begränsande biogaspotentialen* exkl. potentialen från skogsbruket. I denna figur blir det tydligt hur stor del som Skåne och Västra Götaland har i förhållande till övriga län.



Figur 8. Länsvis fördelningen av den totala och den begränsande biogaspotentialen från inhemska restprodukter (exkl. potentialen från skogsbruket). Den blåa och röda delen av stapeln visar tillsammans med den totala biogaspotentialen.

Energipotentialen för restprodukter från skogsbruk och skogsindustri har ej beräknats för respektive län, dels pga. att dessa råvaror är relativt "rörliga" på dagens marknad och dels då tekniken för framställning av metangas ur restprodukter från skog ännu ej är kommersiellt tillgänglig. När tekniken finns i större skala är emellertid *energipotentialen* från skog mycket omfattande.

9. REFERENSER

Inledning

Jordbruksdepartementet. (2007). Bioenergi från jordbruket – en växande resurs. SOU 2007:36.

Jönsson O & Linné M. (2004). Summary and analysis of the potential for production of renewable methane (biogas and SNG) in Sweden. Revised version, Rietz J. (2005). Särtryck SGC.

Nordberg Å., Lindberg A., Gruvberg C., Lilja T., Edström M. (1998). Biogasens potential och framtida anläggningar i Sverige. JTI-rapport, Kretslopp % avfall nr 17.

Matavfall

Avfall Sverige. (2005). Trender och variationer i hushållsavfallens sammansättning. Plockanalys av hushållens säck- och kärlavfall i sju svenska kommuner. RVF rapport 2005:05.

Avfall Sverige. (2006). Matavfall från restauranger, storkök och butiker. Nyckeltal med användarhandledning. RVF Rapport 2006:07.

Avfall Sverige. (2006a). Behandlingskapacitet för organiskt avfall i Sverige, RVF Rapport 2006:10.

Avfall Sverige. (2007). Insamling och behandling av hushållsavfall. Former och utförande samt ekonomiska effekter på avfallsavgifterna. RVF Rapport 2007:05.

Basdata om biogas. (2006). Utgiven av Svenskt Gastekniskt Center.

Carlsson M. (2005). Rötning av pressvätska från hushållsavfall. Utredning av förutsättningarna för att komplettera avfallshantering vid NSR med utvinning av biogas från restavfall. Lunds Tekniska Högskola. Examensarbete utfört vid avdelningen för vattenförsörjning- och avloppsteknik,

Linné M. (2007). När vi miljömål 15, delmål 5? - Underlag till Naturvårdsverket. BioMil AB, Lund.

Naturvårdsverket. (2006). Avfall i Sverige 2004.

Nordberg U & Nordberg Å. (2007). Torrötning – kunskapssammanställning och bedömning av utvecklingsbehov. JTI-rapport. Lantbruk och industri nr 357. Jordbrukstekniska institutet, Uppsala.

Stockholms stad. (2005). Förbehandling med skruvpress a matavfall till biologisk behandling. Ansökan om medel ur Stockholms stads miljömiljard, andra ansökningsomgången. Renhållningsförvaltningen. Handläggare: Henrik Lilliehöök.

Svensk Avfallshantering 2007. Utgiven av Avfall Sverige.

Livsmedelsindustri och annan industri

Agroetanol. (2008). www.agroetanol.se

Arla. (2008). Anläggningar i Sverige. www.arlafoods.se

Arla. (2008). Årsredovisning 2007

Avfall Sverige. (2007). Hantering av förpackat livsmedelsavfall. Rapport 2007:04. Avfall Sverige Utveckling.

Avfall Sverige. (2008). Statistik från Hanna Hellström avseende mottagna mängder vid befintliga biogasanläggningar samt deras gasproduktion.

Basdata om biogas. (2006). Svenskt Gastekniskt Center.

Domsjö Fabriker. (2008). Cecilia Geijer, produktionsingenjör.

Edström M, Hannerz N & Nordberg Å. (2004). Förstudie om produktion av biogas vid Arlanda flygplats och i Sigtuna kommun. Nationellt Samverkansprojekt Biogas i Fordon, inom SBCF. Institutet för jordbruks- och miljöteknik, JTI. Projektet delfinansierades av Energimyndigheten.

Ek, A. (2007). Storskalig rötning av restprodukter från etanolindustri. Presentationsmaterial vid seminarium på Biogas Öresund 2007-10-19.

Falbygdens ost. (2008). www.falbygdensost.se

Gefleortens mejeriförening. (2008). Statistik 2007.

Herstad S & Sterngård E. (2004). Task 2 Feasibility Study – BioMil Konzept in Karlskoga. S.E.P. Scandinavian Energy Project AB and Konvex AB.

Redovisning av miljödata inom LFV 2006, sidan 10

Lantmännen Ecobränsle. (2008). www.ecobransle.se

Linné M. (2007). När vi miljömål 15, delmål 5? - Underlag till Naturvårdsverket. BioMil AB, Lund.

Luftfartsverket. (2007). Redovisning av miljödata inom LFV 2006.

Luftfartsverket. (2008). Trafik och Statistik – Linjefart och charter på LRV:s flygplaster. Antal landningar och passagerare. Perioden 200701-200801. www.lfv.se

Milko. (2008). Miljöredovisning 2007.

Nordisk Etanolproduktion AB. (2007). Presentationsmaterial av projektet med uppgifter från miljökonsekvensbeskrivning. http://www.nordisketanol.se/Etanolfabrik_2007_10_15.pdf

Norrmejerier. (2008). Maximal förädling av 190 miljoner kg mjölkråvara. www.norrmejerier.se

Norrmejerier. (2008a). Information om biogasanläggningen. www.biotrans.se

Nyström, F. (2008). MittSverigeVatten.

Perstorp AB. (2008). www.perstorp.com.

Scan. (2008). Årsredovisning 2007 samt miljöredovisning 2007.

SEKAB. (2008). Utveckling av etanolprocesser i Örnsköldsvik. Gunnar Fransson.

Hämtad 2008-05-15.

<http://www.energimyndigheten.se/Global/Filer%20%20Forskning/Transport/Fransson,%20SEKAB.pdf>

Skogsindustrierna. (2008). Ingrid Haglind, ansvarig för miljödatabasen.

Skånemejerier. (2008). Miljöredovisning 2007.

Stavström. D. (2008). Absolut Company AB, Kristianstad.

Svenska bryggareföreningen. (2006). www.sverigesbryggerier.se

Svensk Biogas i Linköping AB. (2008). Miljörapport 2007. Norrköping Biogas.

Svensk Mjölk. (2008). Statistiskt över mjölkens användning samt över ostproduktion.

Wiberg, H. (2007). Termofil rötning av drankvatten. Examensarbete vid Linköpings Universitet Institutionen för fysik, kemi och biologi. Examensarbetet utfört vid Teknisk Verken i Linköping AB (publ).

Slam

Davidsson, Å. (2007). Increase of Biogas Production at Wastewater Treatment Plants, addition of urban organic waste and pre-treatment of sludge. Ph.D. thesis, Water and Environmental Engineering and Department of Chemical Engineering, Lund University, Sweden.

ER 2008:2. Produktion och användning av biogas år 2006. Svenska Gasföreningen och Svenska Biogasföreningen på uppdrag av Statens energimyndighet.

Linné, M. (2007). Inventering av biogasproduktion från reningsverken i Skåne. BioMil AB på uppdrag av Biogas Syd.

Persson, E., la Cour Jansen, J. (2006). Forsøg med udrådning af slam ved forskellige temperaturer på Sjølund avlobsreningsverk i Malmø. Spildevandsteknisk Tidsskrift nr. 5, s.40-41, 2006.

Starberg, K., Karlsson, B., Larsson, J.E., Moraeus, P., Lindberg, A. (2005). Problem och lösningar vid processoptimering av rötkamardriften vid avloppsreningsverk. VA-Forsk rapport 2005-10, VA-Forsk.

Växtodlingsrester och gödsel

Agriwise (2008) Databoken 2008, www.agriwise.se hämtad den 9 maj 2008

Albertsson, B. (2008) Växtnäringsenheten Jordbruksverket, personlig kommunikation våren 2008

- Berglund, M. och Börjesson, P. (2003) Energianalys av biogassystem, rapport nr 44, Miljö- och energisystem, Lunds Tekniska Högskola, Lund
- Bioenergiportalen (2008) Biogasutbyten från olika råvaror, <http://www.bioenergiportalen.se/?p=1579> hämtad 2008-05-12
- Bohn, I., Björnsson, L. och Mattiasson, B. (2007) The energy balance in farm scale anaerobic digestion of crop residues at 11 – 37 oC, *Process Biochemistry* 42, 57 – 64
- Börjesson, P. (2007) Produktionsförutsättningar för biobränslen inom svenskt jordbruk, rapport 61, Miljö- och energisystem, Lunds Tekniska Högskola, Lund
- Cirne, D.G., Lehtomäki, A., Björnsson, L. och Blackall, L.L. (2007) Hydrolysis and microbial community analyses in two-stage anaerobic digestion of energy crops, *Journal of Applied Microbiology* 103: 516–527
- CROPGEN (2007) Renewable energy from crops and agrowastes, Deliverable 17, CROPGEN Project
- FNR (2006) Handreichung Biogasgewinnung und –nutzung, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow
- Gissén, C. (2008) Forskningsassistent, Jordbruk-odlingssystem, teknik och produktion, Sveriges Lantbruksuniversitet, Alnarp
- Greppa Näringen (2008) Gödselkalkylator, <http://www.greppa.nu/stallgodsel/varderadinstallgodsel.4.1c0ae76117773233f780001828.html>, hämtad 2008-05-15
- Gunaseelan, N. (2004) Biochemical methane potential of fruits and vegetable solid waste feedstocks. *Biomass and Bioenergy* 26: 389 – 399
- Gustavsson, P. (2008) GRO Potatis, personlig kommunikation våren 2008
- Hallén, D. (2003) Lantbrukets produktionsekonomi vid anslutning till biogasanläggning, LRF Konsult
- Hansson, A. (2008) Agellus Miljökonserter, personlig kommunikation våren 2008
- Hushållningssällskapet (1996) VEGOMIL (Växtodling, Ekonomi, Gas och Miljö) Ett kretsloppssystem för växtodlingsgården, Systemstudie, Malmöhus läns Hushållningssällskap
- Jordbruksverket (2005) Fjäderfärgödsel – en värdefull resurs, *Jordbruksinformation* 13
- Jordbruksverket (2006) Hästgödsel – en naturlig resurs, *Jordbruksinformation* 7
- Jordbruksverket (2007) Riktlinjer för gödsling och kalkning 2008, rapport 2007:22, Jordbruksverket

Jordbruksverket (2008a) Husdjur i juni 2007 slutlig statistik, Statistiska meddelanden JO 20 SM 0801

Jordbruksverket (2008b) Jordbruksmarkens användning 2007 slutlig statistik, Statistiska meddelanden JO 10 SM 0801

Kalia, V.C., Joshi, A.P. (1995) Conversion of waste biomass (pea-shells) into hydrogen and methane through anaerobic digestion, *Bioresource Technology*, 53 (2): 165 – 168

Kaparaju, P. och Rintala, J. (2005) Anaerobic co-digestion of potato tuber and its industrial by-products with pig manure, *Resources, Conservation and Recycling* 43: 175–188

Karpenstein-Machan, M. (2005) *Energipflanzenbau für Biogasanlagenbetreiber*, DLG-Verlag, Frankfurt am Main

Kreuger, E. och Björnsson, L. (2006) Anaerobic digestion of horse manure with and without co-digestion with grass-clover silage in a batch loaded process with percolation. Rapport, Region Skånes Miljövärdssfond. Del av slutrapport projekt 474.

Kusch, S., Oechsner, H. och Jungbluth, T. (2008) Biogas production with horse dung in solid-phase digestion systems, *Bioresource Technology* 99(5), 1280 – 1292

Lantz, M. (2007) Ökat utnyttjande av befintliga biogasanläggningar, rapport nr 63, Miljö- och Energisystem, Lunds Tekniska Högskola

Lantz, M. (2008) Lönsam produktion av gårdsnära biogas för kraftvärme, manuskript, Miljö- och energisystem, Lunds Tekniska Högskola

Lovén Persson, A. och Litorell, O. (2007) Produktion av biogas från fjäderfäkött, Slutrapport, Fjäderfäcentrum, Skara

Lovén Persson, A (2008) Verksamhetsledare Fjäderfäcentrum, personlig kommunikation våren 2008

Lehtomäki, A. och Björnsson, L. (2006) Two-stage anaerobic digestion of energy crops; methane production, nitrogen mineralisation and heavy metal mobilisation, *Environmental Technology* 27 (2), 209 – 218

Madhukara, K., Srilatha, H.R., Srinath, K., Bharathi, K., Nand, K. (1997) Production of methane from green pea shells in floating dome digesters, *Process Biochemistry* 32 (6): 509 – 513

Malgeryd, J., och Torstensson, G. (2005) Kvävehushållning och miljöpåverkan vid olika strategier för skötsel av grön gödselingsvallar, Lantbruk och industri rapport 335, Institutet för Jordbruks- och Miljöteknik, Uppsala.

Møller, H.B., Sommer, S.G. och Ahring, B.K. (2004) Methane productivity of manure, straw and solid fractions of manure, *Biomass and Bioenergy* 26, 485 – 495

Møller, H.B. (2007) Anvendelse af halm I biogasanlæg og muligheder for at øge energiudnyttelsen, DJF Markbrug nr 8, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet, Horsens

Naturvårdsverket (2006) Utsläpp av metan och lustgas från jordbrukssektorn, rapport 5506, Naturvårdsverket

Nilsson, S. (2000) Gårdsbaserad biogas på Plönninge naturbruksgymnasium – En förstudie med det tyska konceptet som grund, Kretslopp och Avfall rapport nr 21, Jordbrukstekniska Institutet, Uppsala

Nordberg, U. och Nordberg, Å (2007) Torrötning – kunskapsammanställning och bedömning av utvecklingsbehov, Lantbruk och Industri rapport nr 357, Institutet för Jordbruks- och Miljöteknik, Uppsala

Nordberg, Å. och Edström, M. (1997) Optimering av biogasprocess för lantbruksbaserade biomassor, Kretslopp och Avfall rapport nr 11, Jordbrukstekniska Institutet, Uppsala

Parawira, W., Read, J.S., Mattiasson, B. och Björnsson, L. (2008) Energy production from agricultural residues: High methane yields in pilot-scale two-stage anaerobic digestion, Biomass and Bioenergy 32: 44 – 50

Persson, D. (2008a) Statistikenheten, Jordbruksverket

Persson, P.A. (2008b) Odlingsansvarig ärter, Findus Sverige, personlig kommunikation våren 2008

Salomon, E. (2008) Forskare, Institutet för jordbruks- och miljöteknik, personlig kommunikation våren 2008

SCB (2004) Skörd för ekologisk och konventionell odling 2003. Spannmål, ärter, oljeväxter, matpotatis och slåttervall, Definitiva uppgifter, Statistiska meddelanden JO 16 SM 0402

SCB (2005a) Hästar och anläggningar med häst 2004, Statistiska meddelanden JO 24 SM 0501

SCB (2005b) Skörd för ekologisk och konventionell odling 2004. Spannmål, ärter, oljeväxter, matpotatis och slåttervall, Definitiva uppgifter, Statistiska meddelanden JO 16 SM 0502

SCB (2006a) Gödselmedel i jordbruket 2004/05 Mineral och stallgödsel till olika grödor samt hantering och lagring av stallgödsel, Statistiska meddelanden MI 30 SM 0603, Statistiska Centralbyrån

SCB (2006b) Skörd för ekologisk och konventionell odling 2005. Spannmål, ärter, oljeväxter, matpotatis och slåttervall, Statistiska meddelanden JO 16 SM 0602

SCB (2007a) Skörd av potatis 2007 preliminära uppgifter, Statistiskt meddelande JO 17 SM 0701

SCB (2007b) Normskördar för skördeområden, län och riket 2007, Statistiska meddelande JO 15 SM 0701

SCB (2007c) Skörd för ekologisk och konventionell odling 2006. Spannmål, örter, oljevaxter, matpotatis och slättervall, Statistiska meddelanden JO 16 SM 0702

Restprodukter från skogsbruket och skogsindustrin

Dahlberg, A. (2008). Ökat uttag av grot och stubbar. Biodiverse, Centrum för Biologisk Mångfald, nr 1 2008, s.12-13.

Eriksson, H. Skogsstyrelsen, telefonsamtal maj 2008.

Nilsson, P.O. (2006). Biomassaflöden i Svensk Skogsnäring 2004. Skogsvårdsstyrelsen, Rapport 23, 2006.

Valleskog, M., Marbe, Å., Colmsjö, L. (2008). Rapport SGC 185: System- och marknadsstudie för biometan (SNG) från biobränslen. På uppdrag av Svenskt Gastekniskt Center, Svenskt Gastekniskt Center.

Skogsstatistisk årsbok. (2007). Sveriges officiella statistik, Skogsstyrelsen, Jönköping.

Biobränslekommissionens utredning (SOU 1992:90)

SLU:s institution för bioenergi, tidigare institutionen för Skog-Industri-Marknad Studier. (1998). Kostnader och tillgänglighet för trädbränslen på medellång sikt. SIMS rapport nr 51, SLU, Uppsala.

Hagström, P. (2006). Biomass Potential for Heat, Electricity and Vehicle Fuel in Sweden. Ph.D. thesis, Avdelningen för Bioenergi, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.

SVEBIO. (2008). Rapport om Potentialen för bioenergi, -tillgång, -användning. Svenska Bioenergiföreningen.

van der Drift, A., Rabou, L.P.L.M., Boerrigter, H. (2005). Heat from Biomass via Synthetic Natural Gas. Energy research Centre of the Netherlands (ECN), Unit Biomass. 14th European Biomass Conference & Exhibition, 17-21 October 2005, Paris.

Metoder och tekniker för att öka biogasutbytet

Angelidaki, I., Heinfelt, A. and Ellegaard, L. (2006) Enhanced biogas recovery by applying post-digestion in large-scale centralized biogas plants. *Water Science and Technology*. 54 (2): 237-244.

Carlsson, M., Lagerkvist, A. (2008). Elektroporation för forcerad metanutvinning från förnybara resurser. Svenskt Gastekniskt Center, Rapport SGC 190.

Choi, H., Jeong, S-W., Chung, Y. (2006). Enhanced anaerobic gas production of waste activated sludge pretreated by pulse power technique. *Bioresource Technology* nr. 97, s.198-203.

Cirne, D.G., Agbor, V.B. and Björnsson, L. (2008) Enhanced solubilisation of the residual fraction of municipal solid waste. *Water Science and Technology* 57 (7): 995-1000.

Cook, K. (2008) Demonstration of software application Biogas Optimizer™ at the Händelö biogas site. SGC Rapport 188, Svenskt Gastekniskt Center.

Davidsson, Å. (2007). Increase of Biogas Production at Wastewater Treatment Plants, addition of urban organic waste and pre-treatment of sludge. Ph.D. thesis, Water and Environmental Engineering and Department of Chemical Engineering, Lund University, Sweden.

Dåverhög, M., Balmér, P. (2008). Ultraljudsbehandling, en kostnadseffektiv metod för att öka gasproduktionen och minska mängden slam? Svenskt Vatten Utveckling, Rapport 2008-02.

Ejlertsson, Jörgen. (2008). Scandinavian Biogas, muntliga uppgifter.

Liu, D., Liu, D., Zeng, R. J. and Angelidaki, I. (2006) Hydrogen and methane production from household solid waste in the two-stage fermentation process. *Water Research* 40: 2230-2236.

Parawira, W., Read, J.S., Mattiasson, B. and Björnsson, L. (2008) Energy production from agricultural residues: high methane yields in pilot-scale two-stage anaerobic digestion. *Biomass and Bioenergy*. 32: 44-50.

Persson, E., la Cour Jansen, J. (2006). Forsøg med udrådning af slam ved forskellige temperaturer på Sjølunda avlobsreningsverk i Malmø. *Spildevandsteknisk Tidsskrift* nr. 5, s.40-41, 2006.

Persson, E., Boušková, A., la Cour Jansen, J. Opublicerade rötningsförsök på Sjølunda avloppsreningsverk, Sjølunda avloppsreningsverk, VA-Syd, Malmö.

Undén, P. (2008). Swedish Biogas International. Muntliga uppgifter.

RAPPORTER FRÅN AVFALL SVERIGE 2008

2008:01 Vägledning för upphandling av avfallsbehandlingstjänster

2008:02 Den svenska biogaspotentialen från inhemska råvaror



Avfall Sverige Utveckling 2008:02

ISSN 1103-4092

©Avfall Sverige AB

Adress Prostgatan 2, 211 25 Malmö
Telefon 040-35 66 00
Fax 040-35 66 26
E-post info@avfallsverige.se
Hemsida www.avfallsverige.se