



LUND UNIVERSITY

Energigrödor för biogasproduktion : Del 1, odling och arealeffektivitet

Björnsson, Lovisa

2012

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Björnsson, L. (2012). *Energigrödor för biogasproduktion : Del 1, odling och arealeffektivitet*. (LUTFD2/TFEM--12/3071--SE + (1-16); Vol. 80). Miljö- och energisystem, LTH, Lunds universitet.

Total number of authors:

1

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

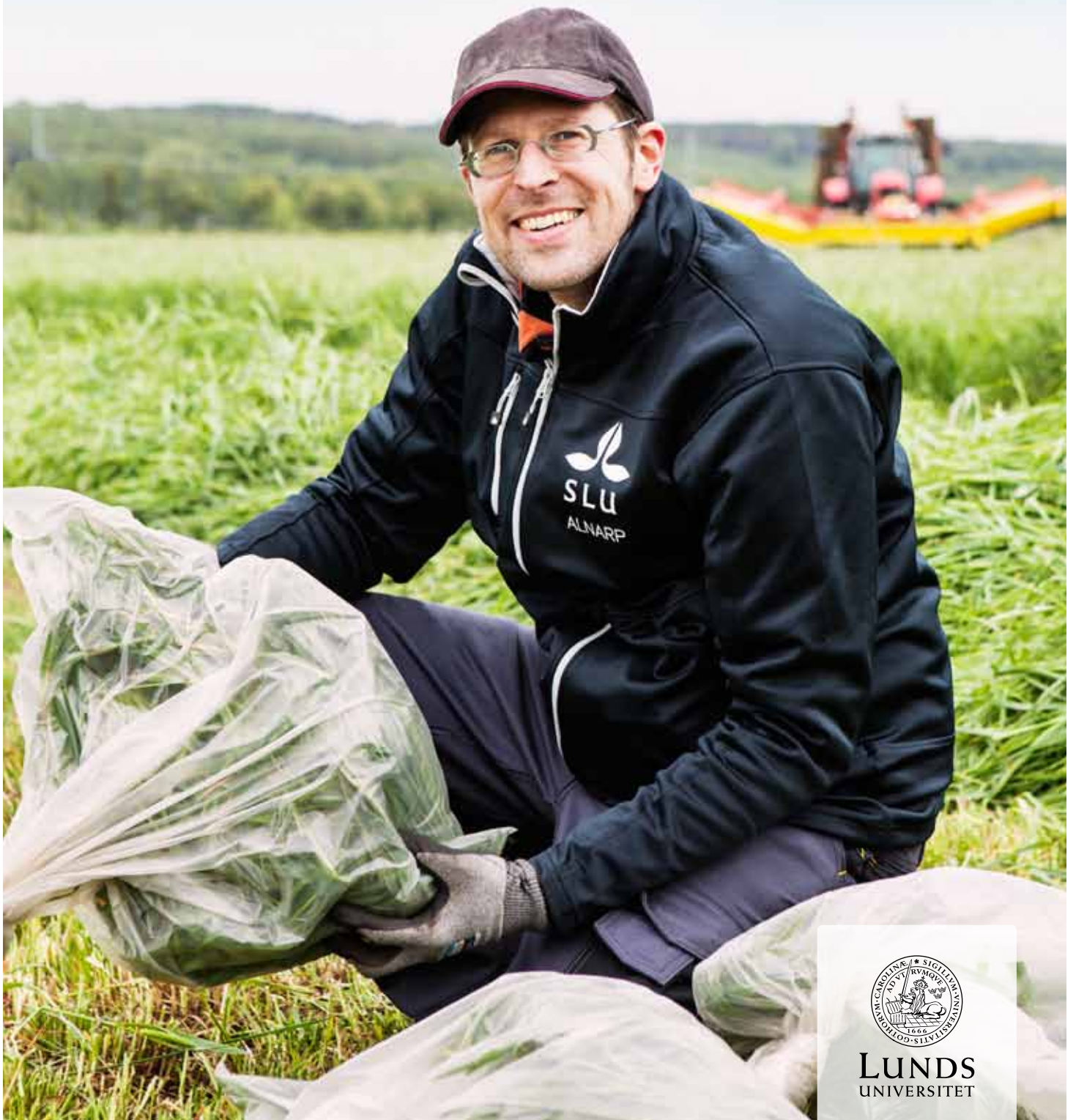
PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

LOVISA BJÖRNSSON

ENERGIGRÖDOR FÖR BIOGASPRODUKTION

DEL 1, ODLING OCH AREALEFFEKTIVITET

SAMMANFATTNING AV ETT TVÄRVETENSKAPLIGT FORSKNINGSPROJEKT
VID LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA OCH SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET



LUNDS
UNIVERSITET

INNEHÅLL

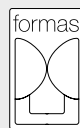
CROPS 4 BIOGAS.....	3
ATT ANVÄNDA ENERGIGRÖDOR FÖR BIOGASPRODUKTION.....	4–5
GRÖDORNA VI HAR UTVÄRDERAT.....	6–8
ODLINGSSYSTEMET.....	9
GÖDSLING.....	10
SKÖRDEUTBYTE.....	10–11
ENERGIINSATS I ODLING OCH HANTERING AV GRÖDORNA.....	12
BIOGASUTBYTE.....	13
AREALEFFektivITET.....	14–15
KOSTNAD FÖR BIOGASGRÖDOR.....	16–17
SLUTSATSER.....	18
PUBLIKATIONER.....	19



Under 2008–2012 har nio forskare vid Lunds Tekniska Högskola och SLU Alnarp samarbetat i ett tvärvetenskapligt projekt kring hållbarhet i produktion av biogas från energigrödor. I projektet, som har fått kortnamnet Crops 4 Biogas, har ett antal aspekter på biogas och energigrödor studerats. Den övergripande målsättningen har varit att ta fram fakta om miljöeffekter och klimatnytta kopplat till ekonomiska bedömningar. Detta ska inspirera till att satsningar på energigrödor för biogasproduktion genomförs på ett långsiktigt hållbart sätt, vilket både bidrar till en sund samhällsutveckling och jordbrukets utveckling.

I denna rapport presenteras en sammanfattning av fakta och resultat som tidigare presenterats inom projektet i form av vetenskapliga publikationer (förteckning längst bak, sid 19). Denna skrift har fokus på frågor med anknytning till val av grödor, odling och arealeffektivitet. I ett kommande kompletterade material kommer fokus att ligga på frågor som energieffektivitet, kostnadseffektivitet och klimatseffektivitet för hela kedjan från gröda till biogas.

Forskningsprojektet Crops 4 Biogas har finansierats av Formas (Projekt 229-2007-512: Resurseffektiv produktion av förnybara energibärare från energigrödor). Formas har likaså finansierat informationsprojektet (Projekt 200-2012-208) som lett till framtagandet av denna sammanfattning av projektet Crops 4 Biogas på svenska.



Forskningsrådet för miljö, areella näringar och samhällsbyggande, Formas



LUNDS UNIVERSITET
Lunds Tekniska Högskola

INSTITUTIONEN FÖR TEKNIK OCH SAMHÄLLE
MILJÖ- OCH ENERGISYSTEM
RAPPORT NR 80
JUNI 2012

ISSN 1102-3651
ISRN LUTFD2/TFEM--12/3071--SE + (1-16)
ISBN 978-91-86961-06-0

© LOVISA BJÖRNSSON 2012

FORMGIVNING, AB NORMAL
FOTO, PETER WESTRUP (DÄR INGET ANNAT ANGES)

CROPS 4 BIOGAS

Projektet Crops 4 Biogas är ett samarbete mellan avdelningarna Miljö- och Energisystem och Bioteknik vid Lunds Tekniska Högskola (LTH) samt Agrosystem vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) Alnarp. Detta tvärvetenskapliga projekt är unikt på så sätt att hela systemet från odling till teknik för framställning av biogas som drivmedel studeras och jämförs för flera grödor. Syftet är att ta fram underlag som visar hur olika grödor faller ut vad gäller;

1

AREALEFFEKTIVITET

utvärderad som energi som kan utvinnas i form av biogas per hektar

2

ENERGIEFFEKTIVITET

utvärderad som utvunnen energi i form av biogas per insatt energienhet

3

KOSTNADSEFFEKTIVITET

utvärderad som kr per utvunnen energi i form av biogas.

4

VÄXTHUSGASEFFEKTIVITET

utvärderad som växthusgasemissioner per hektar och per energi i form av biogas

Denna sammanfattning fokuseras kring de fakta som är kopplade till val och odling av grödan. Areal effektiviteten presenteras, och likaså energiinsats och produktionskostnad i odlingsledet, vika utgör en del av underlaget till den fullständiga utvärderingen av energieffektivitet och kostadseffektivitet.



FOTO CROPS 4 BIOGAS

Vi som har arbetet med projektet är (från vänster till höger): Thomas Prade (doktorand, numera postdoc, SLU), Lovisa Björnsson (PROJEKTLEDARE, lektor LTH), Charlott Gissén (doktorand SLU), Sven-Erik Svensson (universitetsadjunkt SLU), Jan Erik Mattsson (forskare SLU), Pål Börjesson (professor LTH), Emma Kreuger (doktorand LTH), Mikael Lantz (doktorand LTH). Dessutom har Håkan Rosenqvist (lantbruksekonom) deltagit.



ATT ANVÄNDA ENERGIGRÖDOR FÖR BIOGASPRODUKTION

Bara cirka 2 procent av den svenska åkerarealen används idag för energiproduktion. En utveckling mot energigrödor för biogasproduktion har dock tagit sin början i Sverige. Då är det viktigt att vara uppmärksam på effekterna av introduktion av biogasgrödor. Ska hänsyn till effektiv markanvändning och miljöeffekter påverka valet av gröda? Skiljer detta sig mycket åt mellan olika grödor? Är den gröda som är mest kostnadseffektiv även den som ger bäst klimatnytta? Dessa intressen kan sammanfalla, men det kan också vara så att det är helt olika grödor som har bäst prestanda vad gäller produktionskostnad eller miljöaspekter i användningen för biogasproduktion. Här saknas idag fakta som underlag till bedömningar, och detta var bakgrunden till att forskningsprojektet Crops 4 Biogas kom till stånd.

I en rapport från European Environment Agency (EEA) som publicerades 2006 påpekades hur den ökade specialiseringen inom jordbruket i EU har gett ensidiga växtföljder och stora förluster i diversitet i odlingen!¹ Detta i sin tur ger en ökad risk för negativ miljöpåverkan, och med denna bakgrund är det viktigt att undersöka förutsättningarna för att introducera energigrödor med lägsta möjliga miljöbelastning. I den region som omfattas i denna studie (produktionsområde Götalands södra slättbygder, Gss) användes under 2010 hela 73 % av den odlade arealen till spannmål (54 %), betor (9 %) och oljeväxter (10 %) för livsmedel- och foderändamål. Detta är också de grödor som i störst utsträckning används när odlingsmark idag används i produktionen av drivmedel som etanol (spannmål och betor) och biodiesel (oljeväxter). Det betyder att en ökad användning av denna typ av grödor för energiändamål bara förstärker den ensidighet som redan finns i dagens växtföljder. Detta är bakgrunden till att det är viktigt att titta på förutsättningarna även för andra grödor i rollen som energigrödor, grödor som om de infördes dels skulle diversifiera växtföljderna, och dels skulle kunna ge lägre miljöpåverkan.

I Tyskland används redan 16 % av åkerarealen för energigrödor, varav hälften, eller drygt en miljon hektar, är grödor för biogasproduktion. Denna utveckling har drivits på av ett ekonomiskt stöd för biogasproduktion från energigrödor, något vi ännu inte har i Sverige. Den absolut dominerande biogasgrödan i Tyskland är majs, 76 % 2010.² Majs är en av de energigrödor som av EEA bedöms ge hög miljöbelastning!¹

Det finns regionalt en mycket stor efterfrågan på biogas som drivmedel, vilket kan komma att driva på utvecklingen med energigrödor för biogasproduktion även i Sverige. För biogas är det faktum att man kan använda hela grödan (inte bara stärkelse, socker eller olja) intressant. Detta gör att man kan få höga utbyten av drivmedel per hektar.³ Dessutom ger biogasprocessen en mild biologisk behandling av grödan, som ungefär kan jämföras med det som händer när grödan passerar genom ett djur. I stort sett alla näringsämnen som finns i de ingående råvarorna bevaras i den producerade biogödseln, och vissa omvandlas även till en för växter mer lättillgänglig form (organiskt bundet kväve omvandlas till ammoniumkväve). Svårnedbrytbara, humusbildande, föreningar blir kvar i biogödseln och kan bidra till en ökad mullhalt i åkermarken. Detta gör det möjligt att integrera biogasprocessen i ett kretslopp där man tar hänsyn till återföring av näringsämnen och humusbildande ämnen till åkermark. Detta gör det också samtidigt mer komplext att utvärdera miljöprestanda för processen. Därför finns ett behov av denna typ av tvärvetenskapliga utvärdering.

¹ HOW MUCH BIOENERGY CAN EUROPE PRODUCE WITHOUT HARMING THE ENVIRONMENT? 2006. EEA REPORT NO 7. EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY.

² BIOENERGY IN GERMANY: FACTS AND FIGURES. 2012. FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE, FEDERAL MINISTRY OF FOOD, AGRICULTURE AND CONSUMER PROTECTION, GERMANY.

³ PÅL BÖRJESSON, LINDA TUFVESSON, MIKAEL LANTZ. 2010. LIVSCYKELANALYS AV SVENSKA BIODRIVMEDEL. RAPPORT NR 70. MILJÖ- OCH ENERGISYSTEM, LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA, LUNDS UNIVERSITET.

GRÖDORNA VI HAR UTVÄRDERAT

Urvalet av grödor som studerats i projektet Crops 4 Biogas har baserats på ett långliggande odlingsförsök med energigrödor vid SLU Alnarp som etablerades 2006. I odlingsförsöken har grödorna valts ut för att ge en långsiktigt hållbar 7-årig växtföljd som även skulle kunna minimera insatsen av mineralgödsel, jordbearbetning, pesticidanvändning mm. I projektet Crops 4 Biogas utvärderas dock varje gröda var för sig och inte som del i en växtföljd. Aspekter kopplade till växtföljden som helhet kommer att utvärderas och presenteras av forskare vid SLU Alnarp i ett annat sammanhang. Odlingsförsöket ligger på Lönnstorps Försöksstation vid SLU Alnarp (~55°N, ~13°E, 10 m över havet). De skördenivåer som utvärderas i projektet gäller för produktionsområde Gss, som utgör 13 % av Sveriges åkerareal. Tanken med detta är att om en gröda visar sig falla ut väl som biogasgröda under Sydsvenska förutsättningar kan den vara lämplig att undersöka vidare även på nordligare breddgrader. Ger den däremot dåligt utfall är den sannolikt mindre intressant även längre norrut. I Crops 4 Biogas utvärderas skördedata från 2–4 års odlingsförsök vid SLU Alnarp samt normaliserade skördenivåer för Gss. De sex grödor som utvärderas i projektet är valda av olika skäl, vilket beskrivs närmare i den ordning grödorna ligger i växtföljden.





Hampan blir över två meter hög och det fåta bladverket undertrycker tillväxten av ogräs.

FOTO: LOVISA BJÖRNSSON

HAMPA

1

Sort: Futura 75, senblommande typ. Skördas som helplanta i slutet av september.

Industrihampa är en gröda som odlas i mycket liten utsträckning idag, och då huvudsakligen för vårskörd och förbränning. Mycket fokus har därför lagts på att få fram grunddata för både odling av och biogasproduktion från hampa. Hampa är den gröda som är i fokus i de två avhandlingar som framkommit inom projektet. Hampa är intressant eftersom den har klassificerats som en gröda som har låg miljöpåverkan jämfört med andra ettåriga grödor⁴. Den ligger rankad lika bra som rörflen, som är en av de perenna grödor som föreslås för att öka den miljömässiga hållbarheten vid odling av energigrödor inom EU. Industrihampa i växtföljden har den positiva egenskapen att den utan herbicidanvändning undertrycker tillväxten av ogräs. Industrihampa har dessutom i odlingsförsök givit god avkastning per hektar även i kalla klimat, upp till över 60°N, i både Sverige och Finland.



Den sort som undersökts i odlingsförsöken har stor bladmassa, och både beta och blast har skördats och använts för biogasproduktion.

FOTO: LOVISA BJÖRNSSON

BETA

2

Sort: "energibeta". Blast och beta skördas vid konventionell skördetidpunkt i slutet av oktober.

Betar används i huvudsak för sockerproduktion i Sverige, men på grund av den höga avkastningen har beta även visat sig vara en intressant råvara för drivmedelsproduktion. Avkastningsnivån av etanol eller biogas (100–190 GJ per hektar/år) ligger i samma storleksordning som för den brasilianska sockerrörsetanolen⁵. Beta är en gröda som redan idag odlas i relativt stor utsträckning i Sydsvetrike (9 % av arealen i Gss 2010). Detta gör att den är mindre attraktiv vad gäller att öka diversiteten i växtföljden. Dock kan den höga avkastningen per hektar göra att den ändå faller väl ut i jämförelse. Den beta som studerats i detta försök har inte varit den konventionella sockerbetan, som är optimerad för högsta möjliga sockerproduktion, utan sorten ska ge hög biomassaavkastning. För biogasproduktion har både skörd av enbart beta och skörd av hela biomassan (beta+blast) utvärderats, vilket gör att avkastningen per hektar blir mycket god.



Gången i bildens mitt avgränsar två led i odlingsförsöken där gödsling skett med biogödsel (vänster) och biogödsel med uppgödsling (höger).

FOTO: LOVISA BJÖRNSSON

MAJS

3

Sort: Arabica, "stay green". Helplanta skördas vid sen fodermognad, i slutet av september.

Majs är en i Tyskland numera konventionell energigröda i biogassammanhang och odlas för detta ändamål på över en miljon hektar. I Skåne odlas majs ännu i mycket liten utsträckning (1,2 % av arealen 2010). Tyska studier har visat att när en biogasanläggning introduceras i ett område ökar detta kraftigt majsarealerna i området. Denna förändring har visats ge en negativ effekt på mullhalten, vilket kan bidra till sänkt bördighet⁶. Majs är också den förfrukt som innebär allra störst risk för fusariumsmitta i efterföljande gröda, och Jordbruksverket rekommenderar att majs undviks som förfrukt till stråsäd⁷. Detta är viktiga erfarenheter att notera, och på grund av att majs kan ge god avkastning per hektar även i Gss-området är det en viktig gröda att ha med som referens i en studie kring energigrödor och biogasproduktion.

4 HOW MUCH BIOENERGY CAN EUROPE PRODUCE WITHOUT HARMING THE ENVIRONMENT? 2006. EEA REPORT NO 7. EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY.

5 PÅL BJÖRJESSON, LINDA TUFVESSON, MIKAEL LANTZ. 2010. LIVSCYKELANALYS AV SVENSKA BIODRIVMEDEL. RAPPORT NR 70. MILJÖ- OCH ENERGISYSTEM, LUNDS TEKNISKA HOGSKOLA, LUNDS UNIVERSITET.

6 KURT MÖLLER, RUDOLF SCHULZ, TORSTEN MÜLLER. 2011. EFFECTS OF SETUP OF CENTRALIZED BIOGAS PLANTS ON CROP ACREAGE AND BALANCES OF NUTRIENTS AND SOIL HUMUS. NUTRIENT CYCLING IN AGROECOSYSTEMS. 89:303–312.

7 NATIONELLA BRANSCHRIKTLINJER FÖR ATT UNDVIKA FUSARIUMTOXINER I SPANNMÅL 2012. INFORMATIONSBLAD TILL ODLÄRE. LIVSMEDELSVERKET/JORDBRUKSVERKET 2012-04-30. WWW.JORDBRUKSVERKET.SE

Rågvede i tidig degmognad, den skördetidpunkt som visat sig ge bäst avkastning av biogas per hektar.

FOTO: LOVISA BJÖRNSSON



RÅGVETE 4

Sort: Tulus, fodersort. Skörd som grön helplanta i tidig degmognad, början till mitten av juli.

Rågvede är en spannmålsgröda som anses ge lägre miljöbelastning än höstvede. Detta dels för att den inte är så vanligt förekommande, d v s ökar diversiteten i växtföljden, och dels för att den normalt kräver lägre användning av både pesticider och kvävegödsling⁸. Rågvede som biogasgröda skördas i denna studie grön, som helplanta i början av juli. Detta är den skördetidpunkt som visat sig ge bäst biogasavkastning per hektar i tyska studier. För rågvede vid denna skördetidpunkt finns mycket lite fakta sedan tidigare vad gäller skördenivåer och biogasutbyten under svenska förhållanden vilket gör det nödvändigt att ta fram nya grunddata av denna typ.

Vall i september etableringsåret. Den tidiga skörden av rågvede gör att insädd vall får god tillväxt redan samma höst

FOTO: LOVISA BJÖRNSSON



VALL 5

Sorter: Hybridrajgräs Storm, Rajsvingel Paulita, Engelskt rajgräs Riesling, Rödklöver Fanny, Vitklöver Ramona. Tvåårig vall med insädd i rågvede. Skörd i juni och augusti.

Den vall som studerats är SLUs egen blandning av gräs och klöver som satts samman med syftet att få hög biomassaskörd. I odlingsförsöken sker vallinsädden i rågvetet, och den tidiga skörden av rågvede ger vallen chans till god etablering. Vallen ligger därefter två år, och skördas i ett tvåskördesystem. Skördenivåer och biogasutbyten har studerats för varje skördetillfälle och varje år. Vall är viktig att studera på grund av de goda egenskaperna i växtföljden, men det är samtidigt känt att vall ger en något lägre drivmedelsavkastning per hektar än många andra biogasgrödor. Den sammanlagda effekten av detta är viktig att utvärdera.

Höstvede av foderkvalitet används som referensgröda i studien.

FOTO: LOVISA BJÖRNSSON



HÖSTVETE 6

Sort: Opus, en sort med hög stärkelsehalt. Kärnskörd vid full mognad i augusti.

Höstvede är den dominerande grödan i produktionsområde Gss (24 % av arealen 2010). Denna gröda finns med i studien som en referensgröda där både skördenivåer och kostnadsbild är väldokumenterade. För höstvede utvärderas användning av kärnan vid full mognad för biogasproduktion, och i kostnadsjämförelsen är det vete kärna av foderkvalitet som ligger som jämförelse, både som användning för foder och som biogasgröda.

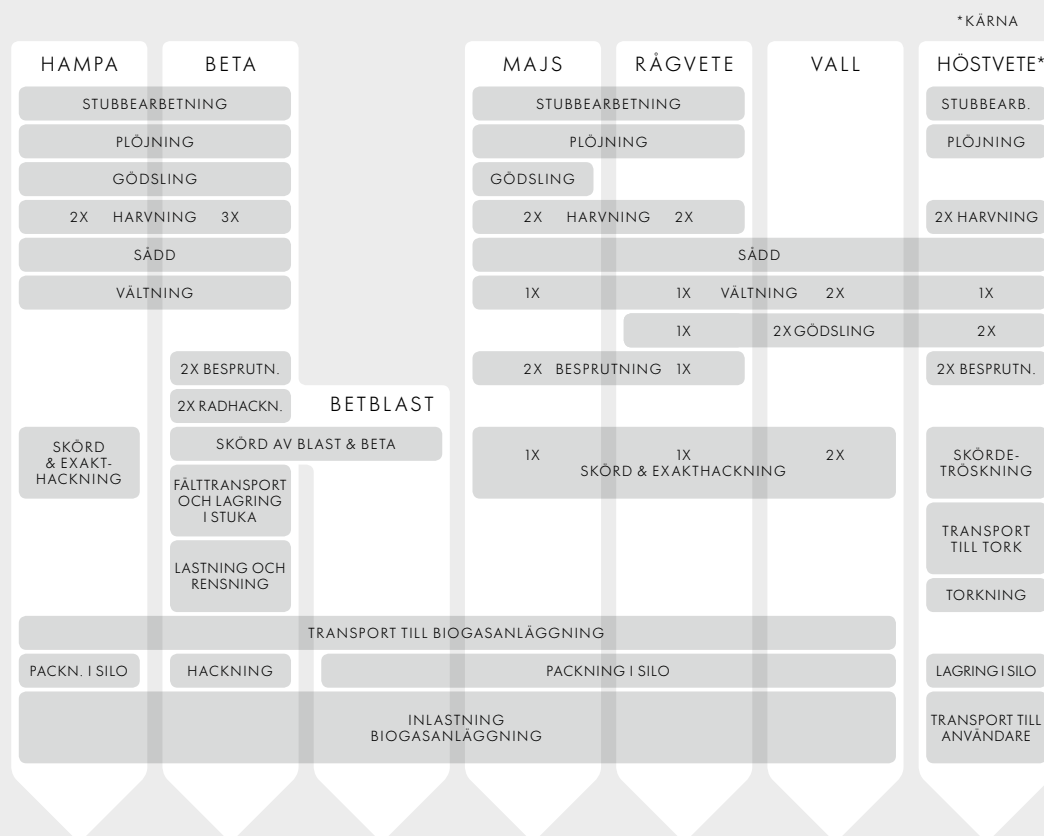
⁸ HOW MUCH BIOENERGY CAN EUROPE PRODUCE WITHOUT HARMING THE ENVIRONMENT? 2006. EEA REPORT NO 7. EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY.

ODLINGSSYSTEMET

I odlingsförsöken vid SLU Alnarp har vissa nivåer av gödsling, jordbearbetning, pesticidanvändning mm definierats. Det är dock inte dessa förutsättningar som utvärderats i analysen av energiinsats i odling och produktionskostnad för de olika grödorna. I de beräkningarna har istället skördeutbyten från odlingsförsöken normaliserats till utbyten som kan förväntas på medelgoda jordar, vid normal odlingskicklighet och odlingsintensitet för Götalands södra slättbygder (produktionsområde Gss). Det betyder också att konventionella insatser av gödsling, jordbearbetning mm använts. Detta för att få en analys som gäller generellt för en större region, inte bara för ett specifikt odlingsförsök. De moment som räknats in i beräkningen av energiinsats och produktionskostnaderna visas i Figur 1. Här ingår även transport (8 km) av gröda till biogasanläggning, förbehandling (i det fall exakthackning vid skörd inte är tillräckligt), ensilering och inlastning i biogasanläggningen. Dvs den produktionskostnad och de energiinsatser som presenteras för grödan innehåller alla moment fram till det att grödan ligger i lastarskopan och ska läggas in i biogasanläggningen. Produktionskostnaden presenteras även för färsk gröda, det vill säga utan de ensileringsrelaterade kostnaderna inräknade.

FIGUR 1, ODLINGSSYSTEMET

De moment i odling och hantering av de olika grödorna som beräkningar av kostnad och energiinsats baseras på.



GÖDSLING

En viktig aspekt i projektet har varit att utvärdera energieffektiviteten för olika grödor, både i odling samt i hantering och omvandling av gröda till biogas. Gödsling med mineralgödsel har visat sig stå för en stor andel av energiinsatsen vid odling. Därför har olika varianter av gödsling med biogödsel eller kombinationer av biogödsel och mineralgödsel också utvärderats. Att använda biogödsel är här också ett sätt att skapa ett näringskretslopp från stad till land, och den biogödsel som använts i odlingsförsöken är en rötrest från biogasanläggningen vid NSR AB i Helsingborg, en anläggning som producerar biogas från i huvudsak källsorterat matavfall från hushållen och restprodukter från livsmedelsindustri.

I odlingsförsöken har gödsling med mineralgödsel skett med en standardgiva som varit 140 kg N, 22 kg P och 50 kg K per hektar. Gödsling med biogödsel har skett med en giva som gett 22 kg P per hektar, vilket samtidigt har gett i snitt 88 kg N (i form av ammoniumkväve) och 40 kg K per hektar. Som en tredje variant har de biogödslade leden uppgödslats för att få samma giva som mineralgödsleden, d v s ytterligare 52 kg N och 10 kg K per hektar har tillförts som mineralgödsel. Ogödslade referensled har också funnits med i försöken.

I beräkningarna av energiinsats i odling och produktionskostnader för de olika grödorna har istället individuella och normala gödslingsnivåer kopplade till de normaliserade skördenivåerna använts. Beräkningarna har genomförts för gödsling med enbart mineralgödsel samt för en variant med biogödsel uppgödslat med mineralgödsel. Här har biogödsel beräknats tillföras till en giva på max 22 kg P per hektar, och uppgödsling har sedan skett till den individuella nivån, d v s inte på samma sätt för alla grödor som i odlingsförsöken. Detta innebar för hampa komplettering med P och K, för rågvede och vall med N och K, och för beta, majs och höstvede med N, P och K.

SKÖRDEUTBYTE

I Figur 2 visas de skördenivåer som uppnåtts i odlingsförsöken vid SLU Alnarp. Resultaten baseras på 2–4 års försök. För varje gröda visas resultatet för leden gödslade med enbart biogödsel (bio), biogödsel med uppgödsling (bio+NK), mineralgödsel (NPK) samt ogödslad referens. Resultaten visas som medelvärde över åren med standardavvikelse. För hampa, majs och rågvede är detta skördenivån för helplanta, för beta är det den sammanlagda skörden av både beta och blast, och för vallen den sammanlagda årliga skörden i tvåskördesystemet för både år 1 och år 2 för den tvååriga vallen. För vete visas enbart kärnskorde.

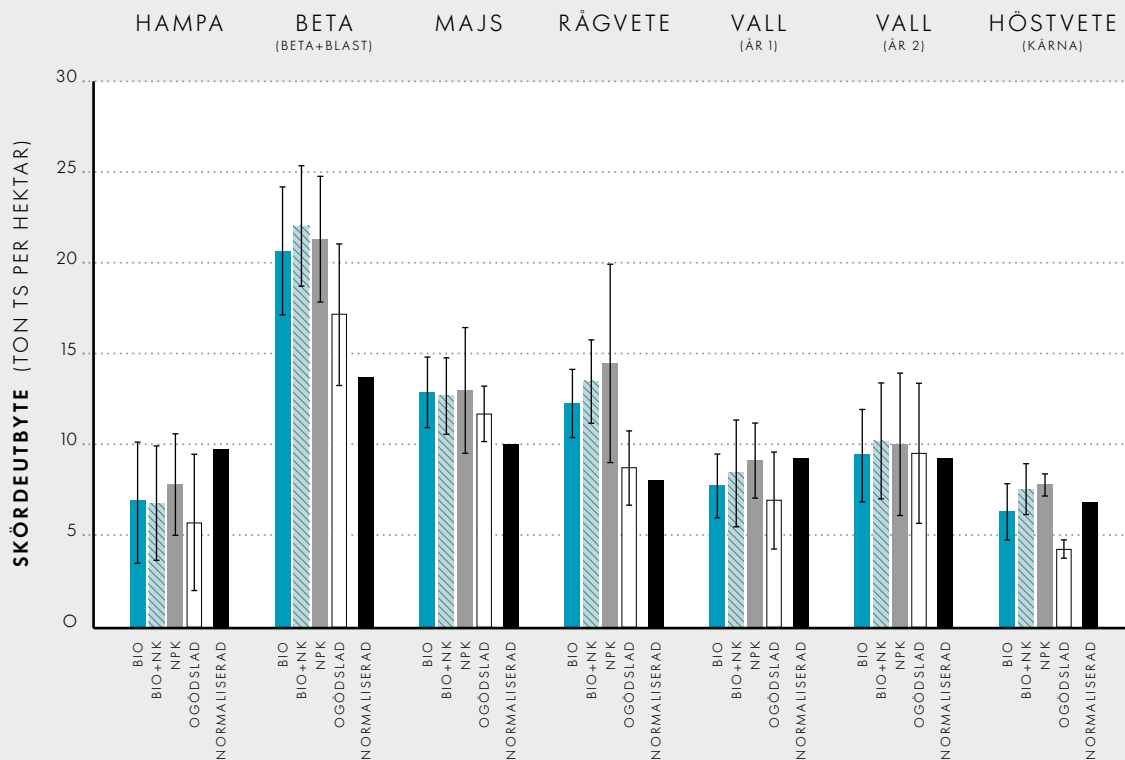
Ett mycket intressant resultat är att det inte för någon av grödorna finns några signifikanta skillnader mellan skördeutbyte för de grödor som bara gödslats med biogödsel (bio) och därmed fått en lägre giva av N (i form av ammoniumkväve) och K, de som gödslats med biogödsel med uppgödsling (bio+NK) och de som enbart gödslats med mineralgödsel (NPK). Detta kan leda till en mängd intressanta slutsatser, men odlingsförsöken vid SLU Alnarp fortsätter ytterligare några år, och först därefter blir det aktuellt att fullt ut utvärdera denna ob-

servation. En slutsats drar vi dock redan nu och låter följa med i vidare beräkningar, och det är att vi inte förväntar oss skillnader i skördeutbyte för grödor som enbart gödslats med mineralgödsel och grödor som tillförts biogödsel och uppgödslats med mineralgödsel.

Vidare beräkningar på energiinsatser i odling, biogasutbyten per hektar och produktionskostnader är inte beräknade på skördenivåer direkt från odlingsförsöken, utan på de normaliserade skördeutbyten för odlingsområde Gss som för varje gröda visas som svarta staplar i Figur 2. En jämförelse med normaliserade utbyten visar att vissa grödor har gett sämre resultat under de förutsättningar som undersökts i odlingsförsöken. Detta gäller speciellt hampa och vall, där den reducerade jordbearbetningen påverkat hampan negativt och det faktum att gödsling enbart skett på våren påverkat vallgrödans återväxt efter förstaskörden negativt. För både beta och rågvetet ligger skördeutbytet från odlingsförsöken istället högre, skördenivån för det biogödslade ledet ligger drygt 50 % högre än det normaliserade skördeutbyte som används för vidare beräkningar.

FIGUR 2, SKÖRDEUTBYTE

Skördeutbyte i ton torrsbstans (TS) per hektar beroende på gödslingsstrategi. De svarta staplarna är inte skördeutbyten från odlingsförsöken, utan skördeutbyten efter normalisering, och representerar vad som kan förväntas i produktionsområde Gss vid konventionella gödslingsnivåer för medelgoda jordar och vid normal odlingskicklighet och odlingsintensitet.



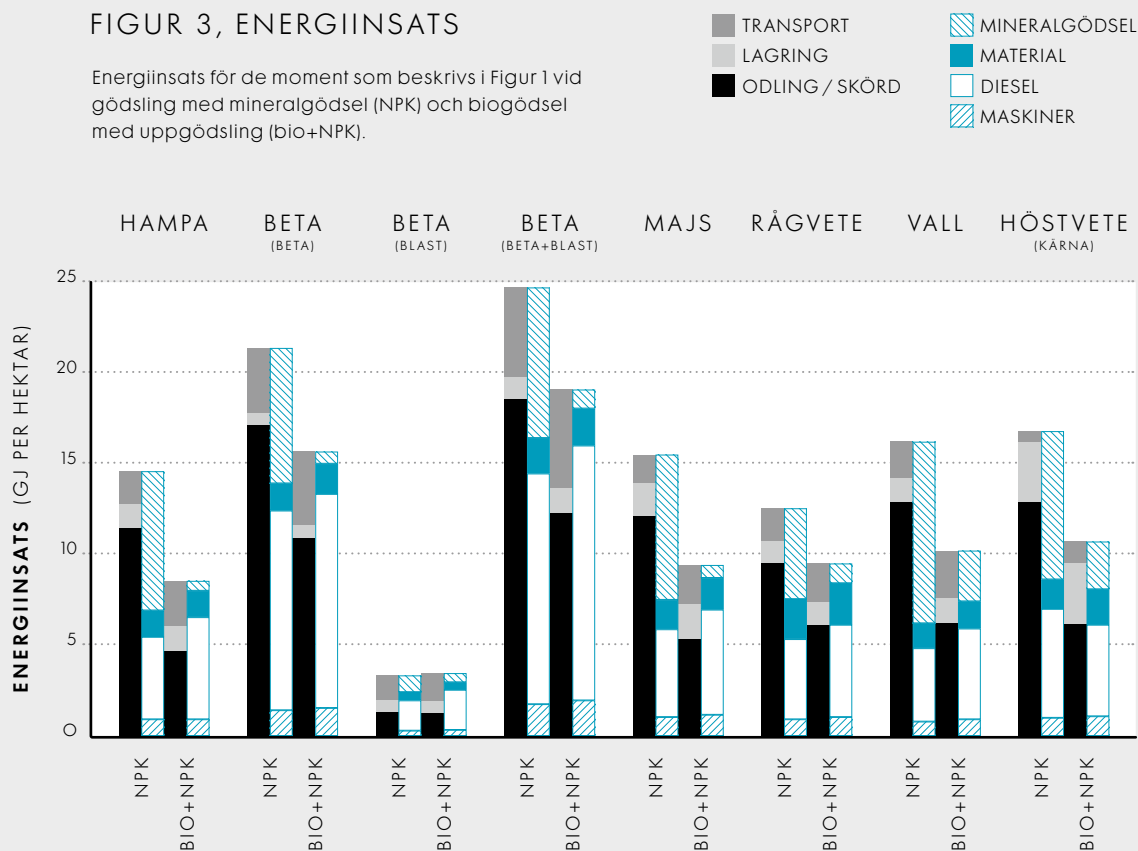
ENERGIINSATS I ODLING OCH HANTERING AV GRÖDORNA

Energiinsatsen i odling och hantering av grödorna fram till biogasanläggningen har beräknats baserat på de moment som visas i Figur 1 (sid 8). Energiinsatsen presenteras i Figur 3 som gigajoule (Giga=10⁹) (GJ) primärenergi per hektar. Energiinsatsen för varje gröda visas dels uppdelad på moment (transport, lagring och odling/skörd), dels uppdelad på insatsmedel (mineralgödsel, material, diesel, maskiner). Energiinsatsen har beräknats för gödsling dels med enbart mineralgödsel (NPK), dels med biogödsel med uppgödsling av mineralgödsel. Denna uppgödsling har skett på olika sätt för de olika grödorna, men betecknas för alla med bio+NPK.

Man kan här se att insatsen av mineralgödsel för alla grödor representerar en mycket stor del av energiinsatsen i odling, i medel 48 %. När majoriteten av mineralgödseln ersätts med biogödsel sjunker energiinsatsen för mineralgödsel medan insatsen för material, diesel och maskiner alla ökar något på grund av ökad energiåtgång för lagring och spridning av denna typ av flytande biogödsel. Den totala energiinsatsen sjunker dock betydligt, i medel 34 %.

FIGUR 3, ENERGIINSATS

Energiinsats för de moment som beskrivs i Figur 1 vid gödsling med mineralgödsel (NPK) och biogödsel med uppgödsling (bio+NPK).



BIOGASUTBYTE

Arealeffektiviteten för en gröda är dels beroende av skördeutbytet (ton torrs substans (TS) per hektar) och dels av biogasutbytet (m^3 eller GJ metan per ton TS). När det gäller biogasutbytet för olika grödor är det dessvärre så att de data man kan hitta i litteraturen varierar väldigt mycket. En stort bidragande orsak till detta är att de grödor som används för biogasproduktion ofta är ensilerade. Vid ensilering bildas flyktiga ämnen som mjölksyra, ättiksyra och etanol. Bestämning av TS-halt sker genom ugnstorkning där dessa flyktiga ämnen avdunstar och då räknas som vatten. Detta ger ett fel i TS-bestämningen vilket leder till att biogasutbytet angivet per ton TS blir överskattat. När det gäller ensilering av foder har det varit känt sedan början av 1900-talet att man inte korrekt kan bestämma TS för ensilage genom ugnstorkning. Detta är dock en kunskap som inte riktigt hängt med in i biogasområdet. Var därför observant på biogasutbyten som anges i litteraturen för ensilerade grödor, de är ibland så höga att de inte ens är teoretiskt möjliga att uppnå.

I Tabell 1 sammanfattas medelvärden för de biogasutbyten som bestämts för grödorna i denna studie som volym metan per ton TS (metanutbyten). Samtliga prover som analyserats är från odlingsförsök vid SLU Alnarp. Värdena har tagits fram i laboratorieskala, och i de fall där inga skillnader har kunnat observeras mellan olika prover (olika år, olika gödslingsstrategi o s v) har de kombinerats till ett medelvärde. Det enda fall där en signifikant skillnad kunde ses för olika prov av en och samma gröda var för vallens förstaskörd (juni) och andraskörd (augusti), och de presenteras därför separat. Metanutbytet från försök i laboratorieskala har sedan räknats ned till 90 % för att representera ett värde som är vad vi förväntar kan uppnås i fullskalig rötning (Tabell 1).

TABELL 1, METANUTBYTE

Experimentellt framtagna utbyten i laboratorieskala omräknat till förväntade utbyten i fullskalig biogasproduktion⁹.

GRÖDA	M^3 PER TON TS
HAMPA.....	230
BETA+BLAST.....	348
ENBART BETA.....	372
ENBART BLAST.....	264
MAJS.....	307
RÅGVETE.....	341
VALL JUNISKÖRD.....	266
VALL AUGUSTISKÖRD.....	221
VETEKÄRNA.....	369 ¹⁰



FOTO: LOVISA BRONSSON

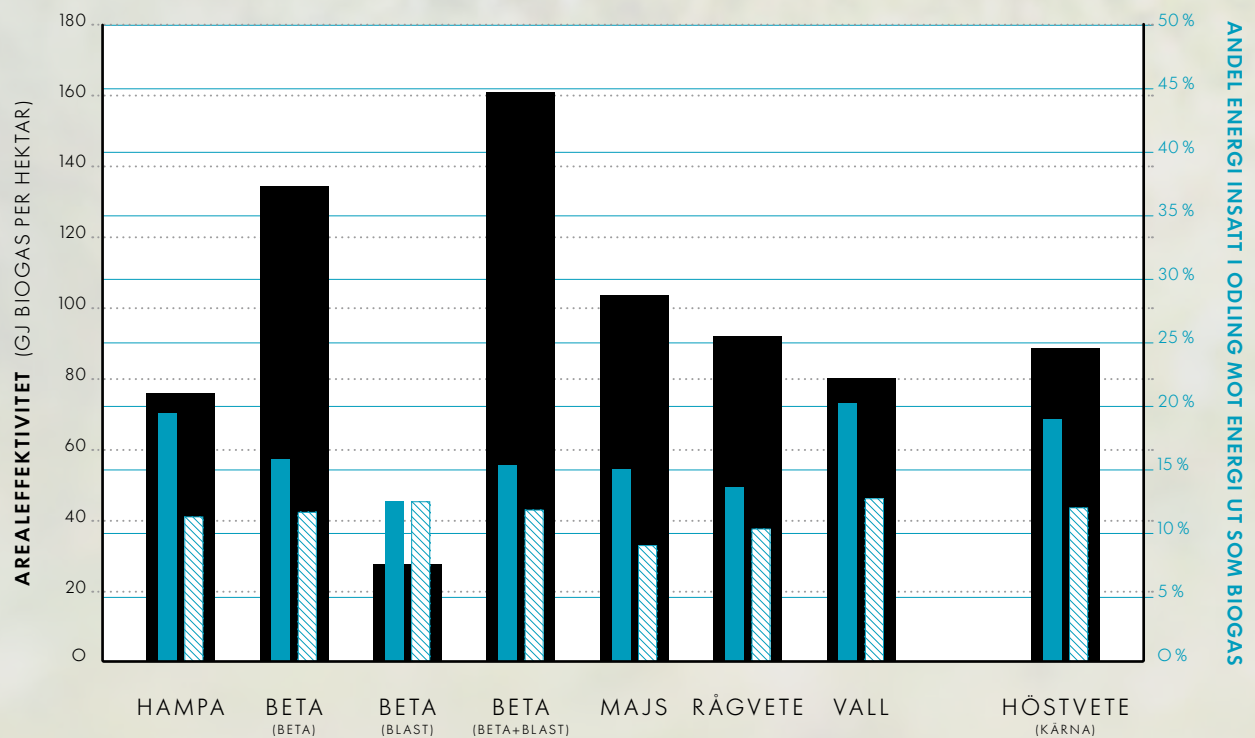
⁹ METANVOLYMER ANGES SOM TORR GAS VID 101 325 PA OCH 0°C.

¹⁰ FÖR VETEKÄRNA ÄR VÄRDET PÅ METANUTBYTET BERÄKNAT BASERAT PÅ INFORMATION FRÅN TYSKA KTBL 2010. GAS AUSBEUTE IN LANDWIRTSCHAFTLICHEN BIOGASANLAGEN. KTBL-HEFT 88. KURATORIUM FÜR TECHNIK UND BAUWESEN IN DER LANDWIRTSCHAFT E.V. (KTBL), DARMSTADT, GERMANY.

FIGUR 4, AREALEFFEKTIVITET

Energi utvunnen i form av biogas per hektar (svarta staplar, vänster axel) samt energiinsats i odling som andel av energi utvunnen i form av biogas (blå staplar, höger axel).

- GJ BIOGAS PER HEKTAR
- GÖDSLING MED NPK
- ▨ GÖDSLING MED BIO+NPK



AREALEFFEKTIVITET

Metanutbyte enligt Tabell 1 kombinerat med normaliserat skördeutbyte från Figur 2 ger metanutbyte per hektar för de olika grödorna (Figur 4 svarta staplar). Volymen metan har här räknats om med hjälp av det lägre värmevärdet för metan, 35,7 MJ per m³. En förlust på 5 % av TS vid ensilering och hantering har också avräknats.

Arealeffektiviteten utvärderad som GJ biogas per hektar kan här analyseras för olika grödor. Beta med blast, och även enbart betan, ger överlägset högst bruttoenergiavkastning per hektar, 161 och 134 GJ. Majs följer med 103 GJ per hektar. Rågvete och vetekärna ger 91 och 88 GJ per hektar respektive, och lägst ligger vall och hampa med 80 respektive 75 GJ per hektar. Dessa experimentellt bestämda värden för vall och majs stämmer bra överens med beräkningar som tidigare redovisats i en analys av arealeffektivitet för svenska biodrivmedel medan utbytet för beta ligger en bit lägre.¹¹

Med biogasutbytet per hektar på plats kan även energiinsatsen i odling (Figur 3) beräknas som andel av den energi som kan utvinnas i form av biogas. Detta visas i de blå staplarna i Figur 4. Blå enfärgade staplar visar energiinsatsen vid gödsling med mineralgödsel (NPK), blå diagonalrandiga visar energiinsatsen när majoriteten av mineralgödseln ersatts med biogödsel (bio+NPK). Medan energiinsatsen i odling per hektar (Figur 3) varierade stort för de olika grödorna ser andelen energi insatt per energi ut som biogas annorlunda ut. Vid användning av mineralgödsel fördelar sig grödorna i två grupper där rågvete, majs, beta+blast och beta ligger på en insats på 14–16 %, medan vetekärna, hampa och vall landar på 19–20 %. När biogödsel ersätter majoriteten av mineralgödseln jämnas skillnaderna ut, och andelen insatt energi landar på i snitt 11 ± 1 % av den energi som kan utvinnas i form av biogas för alla grödor inklusive biprodukten betblast.

Dessa siffror kommer att kompletteras med energiinsats i produktion av biogas och uppgradering till fordonsbränsle i en kommande publikation för att visa energieffektiviteten för hela produktionskedjan, och om, och i så fall hur, den varierar för dessa grödor.

¹¹ PÅL BÖRJESSON, LINDA TUFVESSON, MIKAEL LANTZ. 2010. LIVSCYKELANALYS AV SVENSKA BIODRIVMEDEL. RAPPORT NR 70. MILJÖ- OCH ENERGISYSTEM, LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA, LUNDS UNIVERSITET.

KOSTNAD FÖR BIOGASGRÖDOR

Produktionskostaden för biogasgrödorna har beräknats baserat på momenten i odling och hantering som visas i Figur 1 och de normaliserade skördenivåerna för produktionsområde Gss som visas i Figur 2. Kostnaden visas dels som en kostnad per ton TS och dels som grödans kostnad per producerad energi i form av biogas (Figur 5). Produktionskostnaden per ton TS varierar kraftigt för de olika grödorna, men jämnas ut då kostnaden istället presenteras per GJ biogas. Höstvetete finns med som referensgröda och har i rollen som fodervete en produktionskostnad som beräknats till 1,5 kr per kg TS. Som biogasgröda läggs kostnaden för förbehandling vid biogasanläggningen på vilket ökar kostnaden till 1,7 kr per kg TS, och med angivet biogasutbyte (Tabell 1) hamnar produktionskostaden för vetekärna på 127 kr per GJ producerad biogas. Detta är alltså enbart grödans bidrag till produktionskostnaden vilket inte innefattar produktion eller uppgradering av biogasen. För uppgraderad och komprimerad biogas har försäljningspriset vid biogasanläggning med dagens energipriser uppskattats till 6–6,5 kr per m³, vilket motsvarar 168–182 kr/GJ.¹² För vetekärna representerar här alltså råvarupriset 70–75 % av försäljningspriset för bränslet, vilket knappast kan ge en biogasproduktion som uppnår lönsamhet. Kostnaden för produktion och uppgradering av biogasen för varje gröda kommer att presenteras i en kommande publikation för att ge hela bilden av de olika grödornas kostnadseffektivitet i hela produktionskedjan, men vissa intressanta jämförelser kan göras redan utifrån produktionskostnaden för grödorna.

För färsk gröda ligger produktionskostanden på eller under kostnaden för referensgrödan vetekärna. Speciellt rågvete, som är skördad som grön helplanta, ligger lågt, 80 kr per GJ. Även färsk blast från beta, majs och vall ligger relativt lågt i produktionskostnad. Färsk gröda skulle kunna användas en stor del av året i en biogasanläggning, men lagring i form av ensilering kommer också att vara nödvändig.

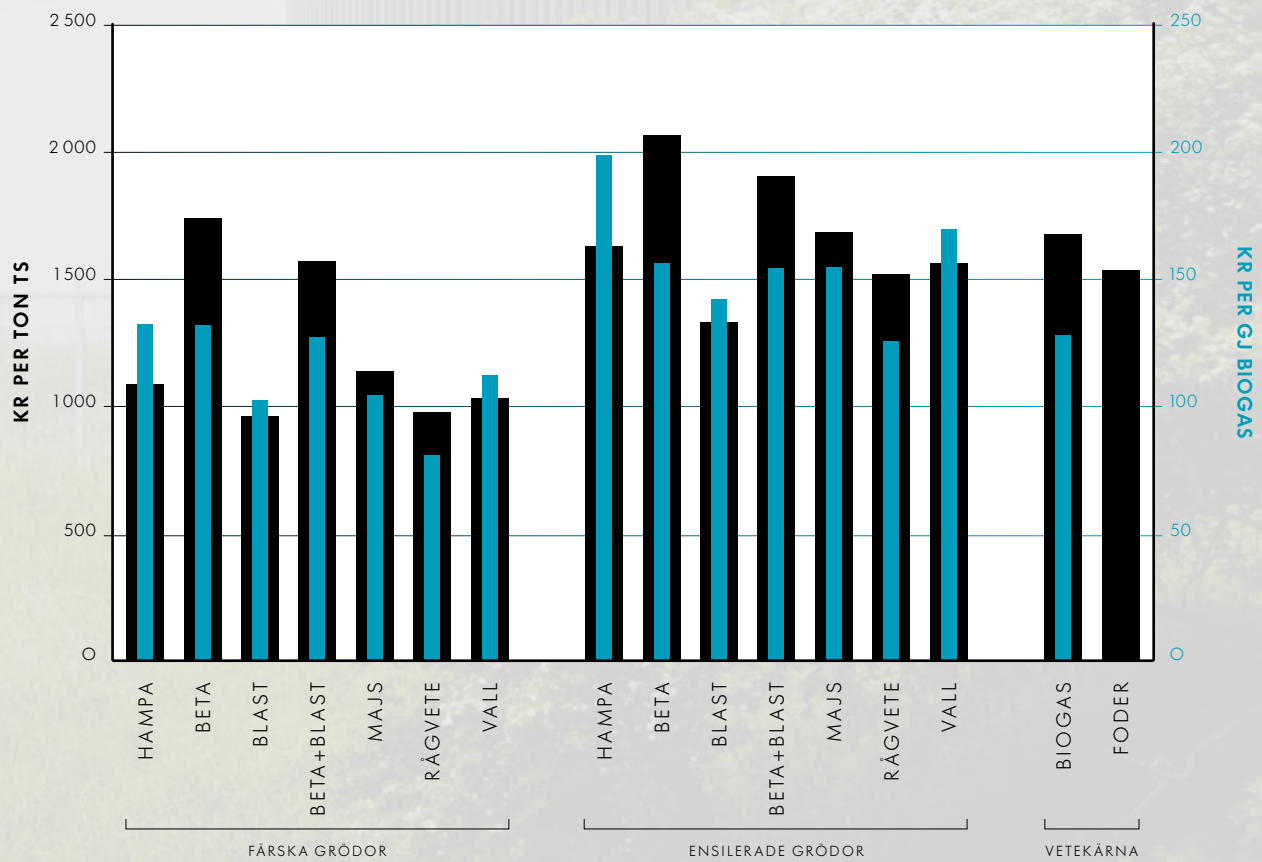
Vid ensilering avräknas en förlust på 5 % av TS, och de grödor som har lägre metanutbyte per TS ökar mest i kostnad per GJ biogas. När man tittar på produktionskostnad för de ensilerade grödorna överstiger produktionskostaden för hampan försäljningspriset för gasen, medan vall hamnar däromkring. Den ensilerade gröda som ger lägst produktionskostnad är rågvetet, som landar på 124 kr per GJ, vilket ligger nära referensgrödan vetekärnas kostnad på 127 per GJ. De övriga ligger samlad, beta, beta+blast och majs ligger på 153–155 kr per GJ. Att inkludera blasten ger alltså i dessa beräkningar ingen påtaglig ekonomisk besparing.

Dessa siffror kommer att kompletteras med den tillkommande kostnaden för produktion av biogas och uppgradering till fordonsbränsle för att se hur totalkostnaden varierar för de olika grödorna.

12 MIKAEL LANTZ OCH LOVISA BJÖRNSSON.
BIOGAS FRÅN GODSEL OCH VALL – ANALYS AV FÖRESLAGNA STYRMEDEL, 2011.
UPPDRAGSRAPPORT, LRF: WWW.LRF.SE

FIGUR 5, PRODUKTIONSKOSTNAD

Produktionskostnad för biogasgrödor som kr per ton TS (svart staplar, vänster axel) och kr per GJ biogas (gröna staplar, höger axel).



SLUTSATSER

I denna del av projektsammanfattningen har valet av grödor presenterats samt resultat kring arealeffektivitet och energiinsats och produktionskostnad i odling. Resultaten visar att de studerade grödorna faller olika väl ut om fokus läggs på arealeffektivitet (utvärderat som energi som kan utvinnas i form av biogas per hektar) eller på odlingsdelens bidrag till energieffektivitet och kostnadseffektivitet.

AREALEFFEKTIVITET

Beta+blast och beta ger överlägset högst arealeffektivitet. Vall och hampa, som båda är grödor som anses ge låg risk för negativ miljöpåverkan, ger bara hälften av det biogasutbytet per hektar som beta+blast ger. Rågvete skördad grön som helplanta ger en arealeffektivitet som ligger i nivå med höstvetete (kärna) och majs, och framstår som en intressant gröda med tanke på att den anses ge lägre risk för negativ miljöpåverkan än både höstvetete, majs och beta.

ENERGIINSATS I ODLING

Energiinsatsen i odling som andel av den energi som kan utvinnas i form av biogas ligger vid gödsling med mineralgödsel på en högre nivå för hampa, vall och vetekärna. När majoriteten av mineralgödseln ersätts med biogödsel sjunker energiinsatsen i odling med i snitt en tredjedel. Skillnaderna mellan grödorna jämnas också ut och grödorna gödslade med biogödsel med uppgödsling hamnar på en energiinsats på i medel 11 % av den energi som kan utvinnas i form av biogas.

PRODUKTIONSKOSTNAD FÖR GRÖDORNA

Produktionskostnaden för färsk grödor ligger för hampa, beta och beta+blast nära kostnaden för referensgrödan höstvetete (kärna). Övriga grödor (inklusive biprodukten betblast) ligger lägre eller mycket lägre i kostnad. Rågvete skördad grön som helplanta är här en intressant ny kandidat som uppvisar lägst produktionskostnad för råvaran per GJ biogas. För ensilerade grödor stiger produktionskostnaden kraftigt, och endast rågvete ligger kvar på en nivå som ligger något lite under kostnaden för referensgrödan höstvetete. Samtliga produktionskostnader ligger så högt att det är mycket osannolikt att lönsamhet skulle kunna uppnås för en anläggning baserad enbart på ensilerade grödor.

I en kommande kompletterade rapport beskrivs energiinsatser och kostnader för produktion och uppgradering av biogas samt systemanalys för hela kedjan från energigröda till biogas. Där kommer hela bilden vad gäller energieffektivitet och kostnadseffektivitet för dessa olika energigrödor att presenteras. Klimateffektiviteten för hela kedjan från gröda till biogas kommer också att presenteras och jämföras för olika grödor.

PUBLIKATIONER

Denna sammanfattning är baserad på följande arbeten där detaljer kring genomförande och resultat för varje delprojekt finns närmare beskrivna. En del arbeten är ännu inte publicerade eller fritt tillgängliga, och uppdaterad information om tillkommande publikationer och deras tillgänglighet kommer du att kunna hitta på www.miljo.lth.se. Andra finns tillgängliga via den länk som anges.

Charlott Gissén, Thomas Prade, Emma Kreuger, Ivo Achu Nges, Håkan Rosenqvist, Sven-Erik Svensson, Mikael Lantz, Jan Erik Mattsson, Pål Börjesson, Lovisa Björnsson. *Comparing energy crops for biogas production – yields, energy input and costs in cultivation using digestate and mineral fertilization*. Manuskript under arbete.

Emma Kreuger. 2012. *The potential of industrial hemp (Cannabis sativa L.) for biogas production*. Doktorsavhandling. Bioteknik, Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet. ISBN 978-91-89627-84-0

Emma Kreuger, Ivo Achu Nges, Lovisa Björnsson, 2011. *Ensiling of crops for biogas production: effects on methane yield and total solids determination*. *Biotechnology for Biofuels* 4:44. www.biotechnologyforbiofuels.com/content/4/1/44

Emma Kreuger, Thomas Prade, Federico Escobar, Sven-Erik Svensson, Jan-Eric Englund, Lovisa Björnsson, 2011. *Anaerobic digestion of industrial hemp – effect of harvest time on methane energy yield per hectare*. *Biomass and Bioenergy* 35 (2) 893–900. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.11.005>

Emma Kreuger, Bálint Sipos, Guido Zacchi, Sven-Erik Svensson, Lovisa Björnsson, 2011. *Bioconversion of industrial hemp to ethanol and methane: The benefits of steam pretreatment and co-production*. *Bioresource Technology* 102 (3) 3457–3465. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2010.10.126>

Mikael Lantz, Emma Kreuger, Lovisa Björnsson. *The influence of energy crop selection on process parameters, economy and energy input in the production of biogas as transportation fuel*. Manuskript under arbete.

Thomas Prade. *Industrial hemp (Cannabis sativa L.) – a high-yielding energy crop*. Doktorsavhandling No 2011:95. Område Agrosystem, SLU. <http://pub.epsilon.slu.se/8415/>

Thomas Prade, Sven-Erik Svensson, Jan Erik Mattsson. 2012. *Energy balances for biogas and solid biofuel production from industrial hemp*. *Biomass and Bioenergy* Vol. 40, pp. 36–52.



LUNDS UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

INSTITUTIONEN FÖR
TEKNIK OCH SAMHÄLLE
MILJÖ- OCH ENERGISYSTEM
WWW.MILJO.LTH.SE

RAPPORT NR 80
ISBN 978-91-86961-06-0
© LOVISA BJÖRNSSON 2012
LOVISA.BJORNSSON@MILJO.LTH.SE

