

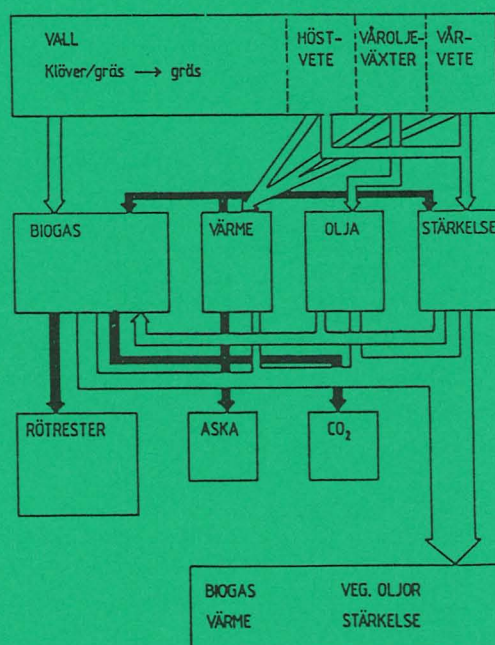


SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET

BIOGAS FRÅN VALL

Teknik och ekonomi vid odling, skörd, transporter, ensilering samt rötning med tvåstegsteknik

Waldemar Johansson
Ove Fellin



Rapport till Stiftelsen Lantbruksforskning från Arbetsgruppen för Växtkraft

Institutionen för markvetenskap
Avdelningen för lantbrukets hydroteknik

Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Soil Sciences
Division of Agricultural Hydrotechnics

Avdelningsmeddelande 95:2
Communications

Uppsala 1995

ISSN 0282-6569

ISRN SLU-HY-AVDM--95/2--SE

Denna serie meddelanden utges av Avdelningen för lantbrukets hydroteknik, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Serien innehåller sådana forsknings- och försöksredogörelser samt andra uppsatser som bedöms vara av första hand internt intresse. Uppsatser lämpade för en mer allmän spridning publiceras bl a i avdelningens rapportserie. Tidigare nummer i meddelandeserien kan i mån av tillgång levereras från avdelningen.

This series of Communications is produced by the Division of Agricultural Hydrotechnics, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. The series consists of reports on research and field trials and of other articles considered to be of interest mainly within the department. Articles of more general interest are published in, for example, the department's Report series. Earlier issues in the Communications series can be obtained from the Division of Agricultural Hydrotechnics (subject to availability).

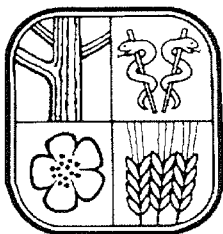
Distribution:

Sveriges Lantbruksuniversitet
Institutionen för markvetenskap
Avdelningen för lantbrukets hydroteknik
Box 7014
750 07 UPPSALA

Tel. 018-67 11 85, 67 11 86

Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Soil Sciences
Division of Agricultural Hydrotechnics
P.O. Box 7014
S-750 07 UPPSALA, SWEDEN

Tel. +46-(18) 67 11 85, +46-(18) 67 11 86

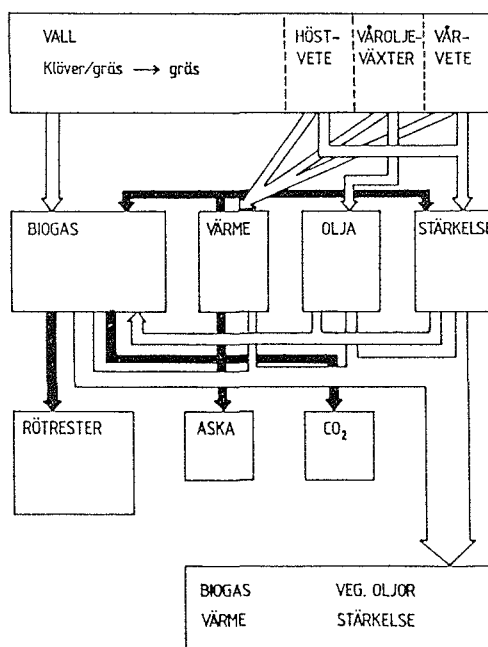


SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET

BIOGAS FRÅN VALL

Teknik och ekonomi vid odling, skörd, transporter, ensilering samt rötning med tvåstegsteknik

Waldemar Johansson
Ove Fellin



Rapport till Stiftelsen Lantbruksforskning från Arbetsgruppen för Växtkraft

Institutionen för markvetenskap
Avdelningen för lantbrukets hydroteknik

Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Soil Sciences
Division of Agricultural Hydrotechnics

Avdelningsmeddelande 95:2
Communications

Uppsala 1995

ISSN 0282-6569

ISRN SLU-HY-AVDM--95/2--SE

INNEHÅLL

Inledning	5
Syfte och omfattning	6
Allmänna förutsättningar	6
Vallodling	7
Skörd och fälttransporter av grönmassa	10
Vägtransport av grönmassa och ensilage	11
Ensilering	12
Produktion av biogas och rötrester	14
Transport av flytande rötrester	15
Transport av fasta rötrester	17
Spridning av fasta rötrester	18
Intäkt av fasta rötrester	20
Sammanställning av kostnader och intäkter från odling till gasutvinning	20
Sysselsättning	22
Sammanfattning	23
Referenser	25
Appendix (tabellerna A1-A13)	27

Inledning

Andelen vall på åker har alltid varit och kommer sannolikt alltid att vara ett karakteristikum på odlingssystemets uthållighet och på god markvård. Minskningen i vallandel under senare årtionden har, särskilt på lerjordar, bidragit till att sänka mullhalten och mullmängden, att försämra jordarnas struktur och fysikaliska egenskaper som odlingsunderlag och att öka dragkrafts- och energibehovet vid bearbetning. Förändringarna i dessa avseenden är vanligen långsamma och svåra att se eller mäta från ett år till ett annat.

Om vi skall använda våra odlade jordar för livsmedels- och foderproduktion även i framtiden, är det angeläget att få in vall eller ökad andel vall i växtföljderna inom områden, där spannmålsgrödor nu dominerar. En sådan förändring skulle bl.a. bidra till minskat behov av extern växtnäring och av bekämpningsmedel, till mindre utlakning av näringsämnen samt till insatsnårlare och säkrare produktion av övriga grödor.

Idag behövs relativt små arealer vall för foderproduktion och/eller bete. Sannolikt kommer detta behov inte att öka under överskådlig tid. Samtidigt har vi, liksom många andra länder, stora arealer åker, som med dagens skördenivåer inte behövs för produktion av livsmedel och foder. Till bilden hör att fossila bränslen på sikt måste ersättas av andra bränslen och så även om energihushållningen skulle förbättras och energianvändningen minska jämfört med idag.

Vall som energigröda skulle kunna ta stora arealer i anspråk. Speciellt intressant, med tanke på markegenskaper, ekologi och miljö, skulle det vara med vallgrödor till biogasproduktion. Då skulle, förutom biogas, även produceras gödsel- och jordförbättringsmedel. I en växtföljd med 40-50 % vall kan baljväxter i vallen binda kväve tillräckligt för alla ingående grödors behov. En biogasanläggning för rötning av vallmassa och andra växtprodukter kan ses som en stor mekanisk ko.

Vad hittills sagts är i korthet bakgrunden till en idéskiss för integrerad odling och energiomvandling av vanliga jordbruksgrödor, som för några år sedan utformades av gruppen för Växtkraft (Johansson 1991). I denna skiss är vallodling för biogasproduktion en central del. Gruppen har tidigare genomfört en ekonomisk utvärdering av sitt koncept (Fellin 1991). Denna utvärdering, som bekostades av Stiftelsen lantbruksforskning (SLF), Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) och privata bidragsgivare, baserades vad gäller gasutbyte m.m. på tillgängliga litteraturdata om biogas- och metanutbyte. De allra flesta uppgifter härom härrörde från laboratorieexperiment med satsvis rötning eller enstegsrötning.

Hösten 1992 fick gruppen för Växtkraft och SLU:s institutioner för Markvetenskap och Lantbruksteknik forskningsbidrag från SLF för utvinning av biogas ur vallensilage vid kontinuerlig tvåstegsrötning med vätskerekirkulation i pilotanläggning. Försöken har genomförts som uppdrag av ingenjörsfirman Carl Bro Miljö as, Glostrup, Köpenhamn i samarbete med Dansk Teknologisk Institut (DTI), Taastrup, Köpenhamn. Bidrag till uppbyggnad av pilotanläggningen har erhållits från Svea lantmän. Resultat och erfarenheter från försöken har redovisats i en rapport i september 1994 från Carl Bro Miljö as och DTI.

SLF och Närings- och teknikutvecklingsverket (NUTEK) utformade 1993 ett gemensamt utvecklingsprogram för biogas ur jordbruksgrödor (Magnusson 1992, Boström & Persson 1993). Från detta program har bidrag bl.a. beviljats till Purac AB, Lund för pilotförsök med en tvåstegsteknik av annan utformning än i Danmark. Försöken har genomförts med ensilage

från samma plats och skördetillfälle som i de danska försöken. Resultat och erfarenheter från Purac's försök har redovisats i en slutrapport av Nilsson (1994).

En del i Växtkrafts forskningsprojekt var att på basis av erhållna resultat och erfarenheter från försöken i Danmark genomföra en systemstudie rörande teknik och ekonomi längs hela kedjan från odling av vall till produktion av biogas, inklusive hantering och spridning av rötresten. För systemstudien, som redovisas i föreliggande rapport, har även Purac's resultat och erfarenheter utnyttjats.

Syfte och omfattning

Det överordnade syftet med studien har varit att bestämma kostnaden - från odling t.o.m. gasutvinning - för produktion av metangas ur vallgrödor med användning av modern tvåstegsteknik. Detta förutsätter en analys av teknik och kostnader för odling och skörd av vall, för transporter av grönmassa och ensilage, för ensilering, för förbehandling och inmatning av ensilage, för biogasutvinning samt för transporter, lagring och spridning av rötresten. Det förutsätter också en värdering eller bedömning av fördelar med vallodling (förfruktvärde m.m.) och en beräkning av intäkter från rötresten.

Allmänna förutsättningar

Studien avser i första hand mellansvenska odlingsförhållanden och lerjordar. Växtföljden är 6-årig med tre år vall (I-III), ett år höstveten, ett år vårveten eller korn och ett år våroljeväxter. Vall I och II skördas tre gånger per år, vall III två gånger. I genomsnitt räknas med en bärgad vallskörd av 8 000 kg torrs substans (Ts) per ha och år. Vid ensilering och hantering antas 3 % av den bärgade vallskörden gå förlorad. Ensilerad vallmassa förutsättes innehålla 25 % Ts. Torrs substansen antas till 92 % bestå av rent organiskt material (Vs) samt innehålla 3,0 % kväve (N), 3,0 % kalium (K) och 0,35 % fosfor (P).

Studien har avgränsats till att gälla en anläggning på 2 MW. Tidigare studier av Brolin et al. (1988) och Dalemo et al. (1993) visar hur storleken påverkar kostnaderna per enhet utvunnen metan.

Anläggningen kan maximalt producera 48 000 kWh/dygn, vilket motsvarar ca 4 900 m³ metan per dygn. Tillgängligheten antas i genomsnitt vara 97 %, vilket innebär att ca 4 750 m³ metan utvinnes per dygn (1 734 000 m³/år). Denna kvantitet svarar mot 46 560 kWh/dygn (ca 17 000 MWh/år). Årsvolymen av metan motsvarar, vid en metanhalt av 65 %, en total biogasvolym av 2 667 700 m³. Reduceringen i tillgänglighet är av samma storleksordning som förlusterna i vallmassa vid ensilering m.m.

Som huvudalternativ räknas med ett metanutbyte av 300 m³ per ton till processanläggningen tillförd torrs substans. För produktion av 4 750 m³ metan/dygn krävs då en daglig inmatning av något mer än 15,8 ton Ts och en total årlig inmatning av 5 780 ton Ts. Sistnämnda mängd motsvarar ensilage från 745 ha vall. I följande kalkyler räknas med 750 ha vall. I ett andra alternativ räknas med ett metanutbyte av 330 m³ per ton tillförd torrs substans. Då erfordras en årlig inmatning av 5 255 ton Ts och en vallareal på runt 675 ha.

I studien räknas med moderna tekniska system samt hög standard på maskiner och annan utrustning. En strävan har också varit att välja maskiner och utrustning som ger låga marktryck vid skörd och fälttransporter av grönmassa. Väderleksförhållandena vid vallskörd, transporter m.m. antas vara gynnsamma.

Uppgifter för bestämning av praktisk maskinkapacitet, arbetsbehov, maskinkostnader m.m. har hämtats huvudsakligen från Elinder & Falk (1983), Eriksson (1990), Nilsson (1974) och SLU:s Databok för driftsplanering 1989. I kostnadskalkyler räknas med 5 % realränta. Uppgift om kostnad för investering eller återanskaffning härrör i de allra flesta fall från anbud, bedömning av entreprenör eller information från leverantör.

Arbetskostnaden, inklusive sociala avgifter och semesterlön, har satts till 120 kr/tim för normalt tid och 180 kr/tim för övertid.

Den årliga underhållskostnaden (U) för maskiner har bestämts från sambandet $U = f * \text{årlig användningstid (tim)} * \text{återanskaffningsvärde}/1\ 000 \text{ (kr)}$, där f är en faktor mindre än 1,0, som är olika för skilda slag av maskiner.

Skatt och försäkring upptas för traktorer till 0,3 % och för andra slag av maskiner till 0,1 % av återanskaffningsvärdet. Då traktor, maskin eller annan utrustning kan användas även för annat ändamål reduceras årskostnaden i förhållande till den relativa användningstiden. Som normal årlig användningstid för traktor räknas 600 timmar.

Som rörelsekapital räknas på vanligt sätt summan av alla s.k. särkostnader, utom avskrivning och räntor, plus arbetskostnaden. Ränta beräknas efter 10 % på 50 % av rörelsekapitalet.

Vallodling

Förutsättningar

Utöver förut nämnda allmänna förutsättningar gäller följande specifika förutsättningar för odlingen av vall. Basdata om maskiner och fordon har sammanställts i tabell 1.

- Vallen är sammansatt av rödklöver, timotej och ängssvingel. Klöverandelen antas vara 80 % i vall I, 40 % i vall II och 10 % i vall III.
- Insådd sker i vårsäd eller våroljevaxter med 20 kg frö/ha. Den görs med en frölåda monterad på befintlig såmaskin. Årligen insås 1/3 av vallarealen. Ett alternativ, som är mindre vanligt men billigare, är att så in i våroljevaxter. Vallfröet sås då tillsammans med oljevaxtfröet.
- Vall I gödslas inte. Vall II och III gödslas enbart med flytande rötrest; vall II tidigt på våren samt efter 1:a och 2:a skörd, vall III tidigt på våren samt efter 1:a skörd.
- Körhastigheten i fält är 7-8 km/tim vid sådd/insådd och vid spridning av flytande rötrest med tankvagn och släpslangsramp. Maskinkapaciteten i praktisk drift (tabell 1) vid denna hastighet utgör ca 50 % av kapaciteten i kördraget för såmaskin och ca 30 % för tankvagn med släpslangsramp.
- Kostnaden för transport och spridning av flytande rötrest belastar vallodlingen. Värdet av dessa rötrest tas ej upp som intäkt för biogasanläggningen och inte som kostnad för vallodlingen.
- Ogräsbekämpning behövs inte och ingår därför inte.

- Förfruktsvärdet för vall har satts till i genomsnitt 600 kg vete/ha för växtföljdens stråsädes- och oljeväxtgrödor. Detta tas upp som intäkt för vallodlingen.
- Markersättningen är 800 kr per ha och år.

Tabell 1. Basdata om maskiner och fordon för vallodling, vallskörd och transporter

	Kapacitet ^a	Drivmedel- åtgång l/tim	Återanskaff- ningsvärde 1 000 kr	Avskriv- ning år	Kapitalkostnad ^b kr/år
<i>Odling</i>					
Frölåda för insådd	1,4 ha/tim		15	15	1 750
Pumptankvagn, 15 m ³ , med släpslangsramp ^e	3,0 ha/tim ^c	10 ^d	280	15	32 670
<i>Skörd o.fälttransporter</i>					
Bogserad slätterkross	3,0 ha/tim	10 ^d	190	10	28 500
Självgående fälthack	3,5 ha/tim ^f	25	1 715	10	257 250
Skyttelvagn	20 m ³ 10 ton grönm.	8 ^d	150	20	15 000
<i>Vägtransporter^g</i>					
Container	35 m ³ 20 ton grönm. el. ensilage		25	20	2 500
Lastväxlare		8 ^d	150	20	15 000
<i>Traktorer för skörd och transporter</i>					
	50-65 kW		300	15	35 000

^a I praktisk drift

^b Inklusivt 5,0 % realränta

^c Vid gödsling av ca 1,5 ha/tankfyllning

^d För traktor

^e 12 m bred

^f Motsvarar i m:tal ca 40 ton grönmassa/tim

^g Av grönmassa, ensilage och fasta rötresten

Uttagen areal med extensiv vall som alternativ till vallodling för biogasproduktion

Nuvarande EU-regler ger möjlighet till arealstöd för s.k.uttagen areal med extensiv vall. Samma arealstöd borde för övrigt kunna erhållas vid odling av flerårig vall för produktion av energiråvara.

För att en jordbrukare idag skall vara ekonomiskt motiverad att odla vall och leverera ensilage som substrat till en biogasanläggning måste han kunna räkna med minst lika stort täckningsbidrag i odlingskalkylen för biogas som i kalkylen för den extensiva vällen med arealstöd. Om den extensiva vällen skulle ge större täckningsbidrag än biogaskvällen bör

därför mellanskillnaden ingå som en kostnad (alternativkostnad för mark) i kalkylen för den senare.

Man kan diskutera vilka kostnadsposter som skall ingå i jämförelsekalkyler mellan biogasvall och uttagen areal med extensiv vall. Vi har valt att göra jämförelsen för de rena odlingskalkylerna. För den extensiva vällen ingår då kostnaden för avslagning med slåtterkross och för biogasvallen ingår den genomsnittliga kostnaden per år för spridning av flytande rötrest. Den extensiva vällen bör eller måste slås av före plöjning och för att reducera eller undvika kemisk ogräsbekämpning. Kostnaderna för slåtter, för uppsamling, hackning och fälttransport av grönmassa i biogasvallen samt för ensilering läggs på biogasen.

Odlingskostnaderna för biogasvall redovisas i tabell A1 i appendix. I genomsnitt uppgår de till 1 327 kr/ha. I denna kostnad ingår 262 kr, inklusive ränta på rörelsekapital, för spridning av totalt ca 13 200 m³ flytande rötrest. Med tillförsel av ca 10 000 m³ färskvatten per år till biogasanläggningen skulle mängden flytande rötrest öka till totalt 23 600 m³. Kostnaden för spridning av flytgödsel skulle då stiga till 450 kr/ha så att odlingskostnaden i genomsnitt blev 1 515 kr/ha. Se kalkyler i tabellerna A3 och A4!

Odlingskostnaderna för extensiv vall har beräknats till 1 470 kr/ha (tabell A5). Med lika stora intäkter i form av förfruktseffekt och arealstöd så skulle alltså denna typ av vall ge lägre täckningsbidrag än biogasvallen med huvudalternativet för flytgödsel. Med den större flytgödselmängden skulle biogasvallen ge 40-50 kr/ha lägre täckningsbidrag. Förfruktseffekten kan förutsättas vara minst i den extensiva vällen, då denna måste ligga i minst två år för att ge lika stor sådan effekt som tre år biogasvall. Med de förutsättningar vi räknat med skulle således en jordbrukare inte behöva avstå från något täckningsbidrag genom att odla biogasvall i stället för extensiv vall. Slutsatsen blir att någon alternativkostnad för mark inte behöver tas med i kalkylen för biogasvall.

Kostnader

På basis av uppgifterna i tabell A1 kan de årliga hektarkostnaderna för odling av biogasvall beräknas (tabell 2). Kalkylen gäller en total vallareal av 750 ha och alternativet med ca 13 200 m³ flytande rötrest.

Tabell 2. Årliga kostnader (kr/ha) för odling av vall till biogas. M:tal vall I-III

Insådd	253
Spridning flytande rötrest	255
Markersättning	800
Ränta rörelsekapital	19
Summa odlingskostnader	1 327
Förfruktsvärde; vete	-600
Nettokostnad	727

Minskat med förfruktsvärdet blir odlingskostnaden 727 kr/ha. Det skall dock understrykas att kostnader för skörd och fälttransport av grönmassa samt för ensilering icke ingår i vad som benämnts odlingskostnader.

Kostnaderna i tabell 2 är, som förut sagts, medeltal för totalt 750 ha vall med tre års liggetid. De gäller även för andra totalarealer, åtminstone inom intervallet 650-850 ha.

Skörd och fälttransporter av grönmassa

Förutsättningar

Vallskörd och fälttransporter av grönmassa har antagits ske på följande sätt och under följande specifika förutsättningar. Basdata om maskiner finns i tabell 1.

- Slätter utförs med en traktordragen rotorslättermaskin med en arbetsbredd på 3,2 m. Maskinen körs drag i drag och samlar grönmassan från två drag i en sträng.
- Högst 10 dagar per skördetillfälle, dvs. i genomsnitt högst 27 dagar per säsong, kan utnyttjas för slätter. Detta innebär att vid första och andra skörd i genomsnitt minst en tiondel av den totala vallarealen skall kunna skördas per dag.
- Efter förtorkning till en torrsbstanshalt (Ts-halt) av ca 25 % samlas grönmassesträngarna upp och hackas med en självgående fälthack. Hackad grönmassa blåses samtidigt över i en medföljande traktordragen högtippande vagn (skyttelvagn). Till varje fälthack hör två skyttelvagnar med var sin traktor.
- Fyllt skyttelvagn körs till närmaste fältkant i anslutning till hårdgjord väg och tömmer i en uppställd lastväxlarcontainer. Medelavståndet för denna transport är 200 m.
- Högst 10 dagar per skördetillfälle, dvs. i genomsnitt högst 26-27 dagar per säsong, kan utnyttjas för uppsamling/hackning och fälttransporter av grönmassa. Detta innebär att vid första och andra skörd måste för 750 ha vall i genomsnitt minst 900 ton grönmassa kunna uppsamlas/transporteras per dag.
- Körhastigheten i fält är 9-10 km/tim för självgående fälthack och medföljande skyttelvagn samt 12-15 km/tim för övriga arbetsoperationer och transporter. Maskinkapaciteten i praktisk drift vid respektive hastigheter utgör ca 60 % av kapaciteten i draget eller motsvarande.

Kostnader

De årliga totalkostnaderna för skörd av 750 ha vall och fälttransporter av grönmassa redovisas i tabell A6. Den totala skördearealen är 2 000 ha; 750 ha vid första och vid andra årliga skördetillfället och 500 ha vid tredje skördetillfället.

I genomsnitt för vallarealen 750 ha är årskostnaden 2 176 kr/ha. Fördelningen på kostnader för kapital, för underhåll etc. redovisas i tabell 3. För skörd och fälttransport av grönmassa vid odling av 675 ha vall skulle årskostnaden sänkas med 5-10 kr/ha beroende på en mindre andel overtidsarbete.

Kostnaderna för enbart slätter blir, räknat på vallarealen, 371 kr/ha. Därav utgör kostnaden för kapital 138 kr, underhåll 77 kr, drivmedel 27 kr, arbete 118 kr samt ränta på rörelsekapital 11 kr. Räknat på den skördade arealen blir respektive årskostnader 2,67 gånger mindre. Hela årskostnaden för slätter av 2 000 ha blir sålunda 139 kr/ha.

Tabell 3. Årliga kostnader (kr/ha) för maskiner och arbete vid produktion och ensilering av grönmassa samt leverans av ensilage till biogasanläggning. Medeltal för 750 ha vall

	Kapital	Underhåll	Drivmedel eller elenergi	Arbete	Ränta rörelsekapital	Summa
Odling ^a	127	49	17	82	19	294
Skörd och fälttransport	1 001	560	125	434	56	2 176
Vägtransport av grönmassa och ensilage	172	91	44	163	9	479
Ensilering	160	35	10	45	4	254
Transport av flytande rötrest	51	4	3	8	1	67

^a Gäller huvudalternativet med spridning av ca 13 200 m³ flytande rötrest

Det kan noteras att kostnaderna för skörd och fälttransport av grönmassa är ca 65 % högre än de rena odlingskostnaderna inklusive markersättning. Detta innebär bl.a. att kostnaden för substratet (ensilaget) till biogasanläggningen är relativt starkt beroende av hur skörd och fälttransport organiseras och genomföres.

Vägtransport av grönmassa och ensilage

Grönmassa transporterad från fälthack till närmaste fältkant vid hårdgjord väg skall transporteras vidare till lagerplats(er) och ensileras. Denna vägtransport måste ske i takt med uppsamlingen och hackningen i fält.

Ensilage skall tas ur silo(r), lastas och transporteras till processanläggningen. Detta arbete skall ske mer eller mindre kontinuerligt året om.

Förutsättningar

För vägtransport av grönmassa och för uttagning, lastning och transport av ensilage gäller följande specifika förutsättningar. Basdata om transportutrustning finns i tabell 1 och om lastmaskiner för ensilage m.m. i tabell 4.

- Transport- och lagersystemet för grönmassa och ensilage består av tio containrar, två lastväxlare med var sin traktor, tre plansilor för ensilering samt en lastmaskin. Vid grönmasse-transport antas containrar och lastväxlarekipage normalt delas i två lika enheter. Transport

- sker med en container per släp. Containerar som ej är under transport fungerar som buffertlager för grönmassa. De utgör också kortvariga lager för ensilage över helger (Plansilorna användes även för lagring av fasta rötresteser).
- Högst 10 dagar per skördetillfälle, dvs. i genomsnitt högst 26-27 dagar per säsong, kan utnyttjas för vägtransport av grönmassa. Detta innebär (för 750 ha vall) att i genomsnitt minst 900 ton grönmassa per dag skall kunna transporteras till silo(r) och ensileras.
 - Medelavståndet mellan containerplatser och plansilor är 1,0 km.
 - Körhastigheten vid vägtransport av grönmassa är 20 km/tim.
 - Bruttotiden för transport, inklusive lastväxling och avlastning samt pauser och ofrivilliga avbrott, med lastväxlarekipage containerplats - plansilo t.o.r. räknas i genomsnitt vara 25 min. Med två ekipage kan då i genomsnitt transporteras 95-100 ton grönmassa/tim.
 - För lastväxlare räknas 800 tim/år som normal användningstid.
- Processanläggningen skall i genomsnitt tillföras 63,8 ton ensilage/dag (Ts-halt 25 %, 750 ha). Med leverans under 240 dagar av året (alla vardagar utom lördagar och helgdagsaftnar) blir behovet av ensilagetransport till anläggningen 97 ton/dag.
 - De tre silorna är lika stora och rymmer vardera runt 15 000 m³ ensilage och fasta rötresteser.
 - Medelavståndet mellan plansilor och processanläggningen är 2,0 km; plansilorna ligger på 0, 2 och 4 km avstånd från anläggningen.
 - Körhastigheten vid transport av ensilage är 25 km/tim.
 - Bruttotiden för ilastning, transport och avlastning av ensilage samt återfärd till plansilo räknas i genomsnitt vara 30 min. Med ett lastväxlarekipage kan då i genomsnitt transporteras 40 ton ensilage/tim.
 - Vid 30 % av antalet ensilagetransporter skall fasta rötresteser ilastas vid processanläggningen, tas med som returlast till plansilon och avlastas där. Ilastningen och avlastningen av dessa rötresteser räknas förlänga bruttotiden med 15 min för berörda ensilagetransporter. Arbetskostnaden för denna förlängning plus 20 % av den totala vägtransportkostnaden i övrigt (exklusive lastningen) lägges på de fasta rötresterna.
 - Lastmaskinen användes i genomsnitt 15 min per ilastning av ensilage (respektive rötresteser).
 - För lastmaskin räknas 1 000 tim/år som normal användningstid.
 - Containerar antas ej kräva något underhåll.

Kostnader

Totalkostnaderna per år för vägtransport av grönmassa och ensilage redovisas i tabell A7. I genomsnitt för vallarealen 750 ha är hela årskostnaden 479 kr/ha (tabell 3). Därav utgör kostnad för kapital 172 kr och för arbete 163 kr. För 675 ha vall skulle årskostnaden/ha sänkas med 5-10 kr beronde på en mindre andel övertidsarbete.

Ensilering

Förutsättningar

All grönmassa ensileras, som ovan sagts, i tre plansilor vardera rymmande ca 15 000 m³ ensilage och fasta rötresteser. Plansilorna med tillhörande pressvattenbrunnar och behållare för flytande rötresteser räknas ingå i biogasanläggningen. Basdata om silor m.m. finns i tabell 4.

Tabell 4. Basdata om plansilor, biogasanläggning och rötrestbehållare/ledningssystem

	Kapacitet	Drivmedel- åtgång eller eleffekt	Återanskaff- ningsvärde 1 000 kr	Avskriv- ning år	Kapitalkostnad ^a kr/år
Plansilo	15 000 m ³		2 200	20	220 000
Markarbete plansilo			200	20	20 000
Mark till plansilo och rötrestbehållare	1,5 ha		30		1 500 ^b
Täckduk plansilo			200	10	30 000
Pressvattenbrunn	125 m ³		195	20	19 500
Lastmaskin		10 l/tim	800	10	120 000
Biogasanläggning inklusive projektering	2 MW		20 000	20	2 000 000
Markarbete gasanläggning			1 000	20	100 000
Mark till biogasanläggning	3 ha		60		3 000 ^b
Behållare flytande rötrest	3 500 m ³		1 500	20	150 000
Täckduk behållare ^c			50	10	7 500
PE-ledning, 50 mm inklusive nedläggning ^d			25/km	20	2 500/km
Pump till PE-ledning	0,6-3,6 m ³ per tim ^e	1 kW	5	10	750

^a Inklusive 5,0 % realränta^b Enbart realränta^c Eller motsvarande skydd^d För transport av flytande rötrest^e Vid 50-20 m vp

Vid ensilering tippas grönmassan i en silo samt fördelas och packas med en lastmaskin. Denna användes i genomsnitt 12,5 min (brutto) per containerlast. Ensilaget täcks med butylduk. Under ensileringen arbetar en person vid silon eller silorna.

Kostnad

Totalkostnaderna per år för ensilering av grönmassa från 750 ha redovisas i tabell A8. I genomsnitt är hela årskostnaden 254 kr/ha (tabell 3). Därav utgör kapitalkostnaden 160 kr. För 675 ha vall skulle årskostnaden/ha bli praktiskt taget lika stor.

Produktion av biogas och rötrest

Biogasanläggningen som helhet räknas förutom själva processanläggningen innefatta även plansilorna med pressvattenbrunnar och behållare för flytande rötresterna. Den totala anläggningens kostnaden inklusive kostnader för mark och markarbeten för hela denna anläggning har på basis av budgetanbud och införskaffade prisuppgifter beräknats till 33 435 000 kr (tabell 4). Denna investeringskostnad inkluderar ej 750 000 kr för täckdukar till plansilor och behållare.

Processanläggningen för utvinning av biogas och rötrest ur vallensilage tänkes uppbyggd enligt Purac's eller Carl Bro Miljö's koncept. Purac's förslag (Nilsson 1994) är att ensilaget matas till en mixervagn, där det rivs sönder och fördelas till en transportör. Det finmals sedan under vätsketillsats i en disperser och förs in i en hydrolys- eller bufferttank, vilken fylls under fem dagar per vecka. Från hydrolystanken pumpas material varje dag in i en röt-kammare (metanreaktor). Från röt-kammaren kommer biogas och processvätska med rötrest. Avvattning renar processvätskan samt ger flytande och fasta rötrest. För ensilage med 25 % Ts skall biogasprocessen, enligt erfarenheter från både Carl Bro Miljö och Purac, kunna köras även utan tillförsel av färskvatten.

Mängden ensilage som enligt huvudalternativet med 300 l metan per kg torrsbstans (Ts) behöver matas in i anläggningen framgår av tabell 5. I tabellen anges även ensilagets innehåll av ren organisk substans (Vs) och av kväve (N), kalium (K) och fosfor (P).

Tabell 5. Mängd ensilage från 750 ha vall och ensilagets innehåll av olika ämnen

	Ensilage ton	Vatten ton	Ts ton	Vs ton	N kg	K kg	P kg
Per år	23 280	17 460	5 820	5 355	174 600	174 600	20 370
Per dygn	63,8	47,8	16	14,7	478	478	55,8

Förutsättningar

Här skall redovisas de specifika förutsättningar som använts i de ekonomiska kalkylerna för själva biogasprocessen. Basdata om lager, processanläggning m.m. finns i tabell 4.

- Huvudalternativet är att processen körs utan tillsats av färskvatten.
- Inmatning av ensilage görs av den person som svarar för transporten av ensilage från plansilorna och för transporten/ledningen av rötresten till plansilorna. Han eller hon räknas arbeta heltid med dessa uppgifter plus med inmatning av ensilage samt med tillsyn.
- För mark till plansilor och processenhet räknas ingen avskrivning på nerlagt kapital.
- Endast processanläggningen antas kräva underhåll och detta underhåll sättes till 2 % av återanskaffningsvärdet. Av underhållskostnaden kan ca hälften förutsättas vara arbetskostnad.
- Energiförbrukningen vid sönderdelning, transport och malning av ensilage efter inmatningen räknas erfordra 0,2 MWh per ton torrsubstans. Vid malningen värms substratet upp till ca 70°C varför ytterligare uppvärmning i processen ej är nödvändig.
- Övrig energiförbrukning vid processenheten beräknas till 50 MWh/år.
- En person är heltidsanställd med ansvar för anläggningens funktion och drift, för ekonomi och redovisning samt för kontakter med odlare och kunder. Vederbörande räknas ha en årlön, inklusive olika avgifter, på 300 000 kr.
- Inkomst av gasförsäljning erhålles flera gånger per år. Därför erfordras inget särskilt rörelsekapital för biogasanläggningen.

Kostnader för utvinning av biogas och rötresten

Den totala kostnaden för att årligen producera 1 734 000 m³ metan (ca 2 668 000 m³ biogas) och tillhörande rötresten ur ensilage från 750 ha vall har beräknats till 4 731 540 kr (tabell A9). Kostnaden per dygn blir i genomsnitt 12 963 kr. Kostnaden bör fördelas på metangas och rötresten. Om den lades helt på metangasen skulle dess utvinningskostnad bli 2,73 kr/m³, vilket motsvarar 27,8 öre/kWh.

Alternativet med 675 ha vall och 330 l metan per kg torrsubstans ger en total årskostnad av 4 689 800 kr för utvinning av 1 734 000 m³ metan och rötprodukter. Kostnaden per dygn blir i genomsnitt 12 849 kr.

Mängder och sammansättning av rötresten

I tabell 6 redovisas mängder och sammansättning av fasta och flytande rötresten från rötning av ensilerad grönmassa från 750 ha vall. Värdena är beräknade utifrån tidigare givna värden på ensilagens sammansättning och i övrigt enligt följande förutsättningar, vilka bestämts på basis av resultat från Purac's pilotförsök (Nilsson 1994).

- Av torrsubstansen omvandlas (reduceras) 53,0 % till biogas.
- Torrsubstansen i rötresterna innehåller 1,5 % kväve (N), 1,0 % kalium (K) och 0,70 % fosfor (P).
- Resterande mängder av respektive näringsämnen från ensilaget finns i rötresternas vätska.
- Fasta rötresten avvattas till en Ts-halt av 35 %. Flytande rötresten får en Ts-halt av 3,0 %.

Transport av flytande rötresten

Flytande rötresten erhålls efter avvattning av fasta rötresten vid färskvattentillförsel eller från en rötningprocess utan färskvatten innehåller 60-70 % av kvävemängden och 65-75 % av

kaliummängden i det ensilage som rötats (tabell 6). Det är viktigt att minimera förlusterna av näringsämnen, främst av kväve, vid lagring, transport eller ledning samt vid spridning av dessa rötrestes. Det är också angeläget att så långt möjligt begränsa kostnaderna för transport eller ledning från processanläggningen till användarna.

Detta avsnitt gäller transporten/ledningen av flytande rötrestes från processenheten till behållarna vid plansilorna. Rötresterna ifråga förutsättes bli använda för gödning av biogasvallarna. Spridningen antas ske med pumptankvagn med släpslangsramp (tabell 1). Kostnaden härför (tabellerna A2, A3 och 2) inkluderar transport från närmaste behållare. Behållarna räknas ingå i biogasanläggningen.

Tabell 6. Mängder av rötrestes och näringsämnen från rötning av 24 000 ton ensilerad grönmassa (23 280 ton ensilage)

	Period	Vätska m ³	Ts ton (% ^a)	N kg	K kg	P kg
<i>Med färskvatten</i>						
<i>Avvattning fasta rötrestes</i>						
Fasta rötrestes	år	3 720	2 000	48 300 ^c	40 160	14 200
Ca 11 600 m ³ /år ^b	dygn	10,2	5,5 (35,0)	132	110	38,9
Flytande rötrestes	år	23 580	735	126 300	134 440	6 170
23 600 m ³ /år	dygn	64,6	2,0 (3,0)	346	368	16,9
<i>Utan färskvatten</i>						
Fasta rötrestes	år	4 330	2 330	68 100 ^c	59 830	16 650
Ca 13 600 m ³ /år ^b	dygn	11,8	6,4 (35,0)	186	164	45,6
Flytande rötrestes	år	13 130	405	106 500	114 770	3 720
13 150 m ³ /år	dygn	36,0	1,1 (3,0)	292	314	10,2

^a = % av totalvikt

^b Vid volymvikten 500 kg/m³

^c Förutsatt att inget kväve förlorats vid avvattning

Förutsättningar

De flytande rötresterna pumpas i en grunt liggande polytenrörsledning (PE-ledning) från processenheten till behållarna vid plansilorna. Då denna pumpning måste ske praktiskt taget kontinuerligt behövs endast en liten pump (tabell 4) och en ca 50 mm ledning. I genomsnitt räknas pumpen ge 2 m³/tim. Om den närmaste behållaren ligger invid processanläggningen kan pumpen placeras där. I annat fall måste en mindre pumpbassäng ordnas vid anläggningen. Som förut sagts antas medelavståndet mellan processanläggningen och behållarna vara 2,0 km.

Behållarna rymmer totalt 10 500 m³ flytande rötrest, vilket motsvarar 80 % av årsvolymer vid rötning av ensilage från 750 ha vall utan färskvattentillförsel. Med tillförsel av 10 000 m³ färskvatten per år (tabell 6) skulle motsvarande totala behållarevolymer behöva vara omkring 19 000 m³. Behållarna täcks av butylduk eller av likvärt skydd.

Tillsyn av pump, ledningssystem och behållare antas kräva 50 arbetstimmar per år.

Kostnader

De årliga kostnaderna för pumpning av ca 13 200 m³ flytande rötrest till behållarna vid plansilorna redovisas i tabell A10. I genomsnitt är hela årskostnaden för 750 ha vall 67 kr/ha (tabell 3). Därav utgör kapitalkostnaden 51 kr/ha.

För 675 ha vall skulle de totala årskostnaderna bli ca 50 000 kr eller 74 kr/ha.

Transport av fasta rötrest

Fasta rötrest produceras, liksom biogas och flytande rötrest, dagligen året om vid processanläggningen. De måste därför mer eller mindre kontinuerligt transporteras bort från anläggningen. Då de förutsätts bli använda som gödsel- och jordförbättringsmedel till andra grödor i växtföljderna med biogasvall skall de transporteras till plansilorna och där kunna lagras upp till nästan ett år.

Detta avsnitt handlar om tillvägagångssätt och kostnader för transporten till plansilorna. Eftersom plansilorna räknas höra till biogasanläggningen lägges lagringskostnaderna på denna. Med tanke på kvantiteter av ensilage och fasta rötrest skulle det annars varit befogat att 20-25 % av kapitalkostnaden för plansilorna belastade de fasta rötresterna.

Förutsättningar

- Kvantiteten fasta rötrest är för 750 ha vall ca 6 800 ton/år (ca 13 600 m³) vid rötning utan färskvattentillförsel och ca 5 800 ton/år (ca 11 600 m³) vid tillförsel av 10 000 m³ färskvatten (tabell 6).
- Transport sker med lastväxlarekipage som returlast vid 30 % av antalet ensilagetransporter från plansilorna till processanläggningen. Rötrest transporteras enbart under normal arbetstid.
- Lastningen och avlastningen av fasta rötrest räknas i genomsnitt förlänga en ensilagetransportvända med brutto 15 min. Arbetskostnaden för denna förlängning plus 20 % av den totala kostnaden i övrigt för vägtransport av ensilage och rötrest lägges på de fasta rötresterna.
- Lastning sker med en vid processanläggningen placerad lastmaskin av samma typ som för lastningen av ensilage. Maskinen förutsätts kunna användas även för andra ändamål.
- Rötrestlager övertäcks med samma duk som lagret av ensilage. Kostnaden belastar ej rötresterna.

Kostnader

De totala kostnaderna per år för att lasta och transportera ca 6 800 ton fasta rötresten till plan-silorna redovisas i tabell A11. I genomsnitt för 750 ha vall är hela årskostnaden 114 kr/ha. Därav utgör kapitalkostnaden 47 kr/ha och arbetskostnaden 32 kr/ha. För 675 ha vall skulle årskostnaden/ha bli lika stor som för 750 ha.

Spridning av fasta rötresten

För beräkning av intäkten från fasta rötresten, från vilken resultat redovisas i nästföljande avsnitt, erfordras uppgifter om kostnader för lastning och spridning dels av de fasta rötresterna, dels av en handelsgödselmängd som innebär lika stor marktillförsel av kväve som med de fasta rötresterna. I detta avsnitt skall dessa lastnings- och spridningskostnader beräknas. Basdata om maskiner finns i tabell 7. Huvudalternativet gäller 6 800 ton fasta rötresten/år med en Ts- halt av 35 % och ett kväveinnehåll av ca 68 ton (tabell 6).

Förutsättningar för spridning av fasta rötresten

- De fasta rötresterna användes för gödning till biogasväxtföljdernas vårolje- och vårsädesgrödor, som odlas åren två och tre efter vallbrottet. Gödningen utföres på hösten och följes av plöjning. Årligen gödglas således två tredjedelar av arealen i öppet bruk; 500 ha när vallarealen är 750 ha.

Tabell 7. Basdata om maskiner för spridning av fasta rötresten och handelsgödsel

	Kapacitet ^a	Drivmedel- åtgång l/tim	Återanskaff- ningsvärde 1 000 kr	Avskriv- ning år	Kapitalkostnad ^b kr/år
Fastgödselspridare ^c	0,9 ha/tim		237	15	27 650
Rampspridare	2,0 ha/tim		120	15	14 000
Lastare handelsgödsel			450	15	52 500
Traktor fastgödselspridare	70-90 kW	10	400	15	46 670
Traktor lastning och spridning handelsgödsel	50-65 kW	8	300	15	35 000

^a I praktisk drift

^b Inklusiv 5,0 % realränta

^c Med stora hjul

- I genomsnitt tillföres 13,6 ton rötrester (= 4,76 ton torrsbstans) per ha och gödslingstillfalle. Kvävetillförseln med denna mängd blir 136 kg/ha (om inget kväve förlorats).
- Högst 25 dagar/höst kan utnyttjas för gödsling.
- Gödslingen sker med fastgödselspridare med extra stora hjul och 8 m arbetsbredd. Spridaren rymmer 15 m³. Vid en volymvikt av 500 kg/m³ kan i spridaren lastas 7,5 ton fasta rötrester.
- Rötresterna är lagrade i plansilorna, som är belägna i genomsnitt 1,0 km från de fält som gödslas. Ilastning sker med lastmaskin (tabell 4).
- Lastmaskinen användes i genomsnitt 5 min per ilastning.
- Körhastigheten är i genomsnitt 6 km/tim i fält och 12 km/tim fältkant - plansilo t.o.r.
- Kapaciteten i praktisk drift för de aktuella förhållandena räknas vara 0,9 ha/tim. Då är inräknat tidsåtgång för lastning, körning på väg, pauser m.m.

Spridning av handelsgödsel med lika stort totalt innehåll av kväve som i de fasta rötresterna kan förutsättas kosta mindre per mängdenhet kväve. En viss kvävemängd i de fasta rötresterna kan då inte betalas lika mycket för som för samma mängd i handelsgödsel.

Vid jämförelse mellan spridningskostnaderna för fasta rötresters och handelsgödsel måste bl.a. kvävegivans storlek beaktas. Användes rötresterna på det sätt som nyss beskrivits blir kvävetillförseln vid varje gödsling ca 135 kg/ha. En stor del av detta kväve är organiskt bundet och blir därför inte tillgängligt för den närmast efterföljande grödan. Efter ett antal år med tillförsel av fasta rötresters bör dock lika mycket kväve årligen bli tillgängligt för växterna som den genomsnittliga tillförseln per år. Därför bör kostnaden för spridning av rötresters med 135 kg kväve per hektar och år i två av växtföljdens tre grödor i öppet bruk jämföras med kostnaden för handelsgödselspridning med 90 kg kväve per hektar och år i alla tre grödorna i öppet bruk. 90 kg/ha är ju en vanlig årlig kvävegiva till stråsäd och oljevaxter.

Förutsättningar för spridning av handelsgödsel

- Lika stor areal som vallarealen skall gödslas varje vår. För 750 ha räknas mängden handelsgödsel/år vara 300 ton.
- Högst 12-13 dagar/vår kan utnyttjas för gödsling.
- Gödslingen sker med rampspridare med 12 m arbetsbredd. I spridaren kan lastas 2 ton gödsel. Avståndet mellan gödsellager och fältkant är i genomsnitt 1,0 km.
- Ilastning sker med traktorlastare, som kan lyfta ca 2 ton. Lastaren användes i genomsnitt 10 min per ilastning. Den räknas ha en normal användningstid av 600 tim/år.
- Körhastigheten är i genomsnitt 8 km/tim i fält och 12 km/tim fältkant - plansilo t.o.r.
- Kapaciteten i praktisk drift räknas vara ca 2,0 ha/tim.

Kostnader

Den totala kostnaden per år för att sprida 6 800 ton fasta rötresters på 500 ha har beräknats till 318 600 kr (tabell A12). Årskostnaden per hektar blir 637 kr. Spridning av handelsgödsel med lika stort kväveinnehåll (ca 68 ton) på 750 ha har beräknats kosta 171 190 kr (tabell A13). Årskostnaden per hektar för denna gödsling blir 228 kr.

För 675 ha vall och 330 l metan per kg Ts skulle mängden fasta rötresters med 35 % Ts bli 5 840 ton, om inget färskvatten tillfördes. Då har räknats med 58 % Ts-reduktion i stället för 53 % som i huvudalternativet med 750 ha vall och 300 l metan per kg Ts. 5 840 ton fasta röt-

rester skulle innebära 13 ton per ha och gödslingstillfälle, vilket är ca 95 % av givan för huvudalternativet. Årskostnaden för spridning av dessa rötresten skulle bli 605-610 kr/ha. Spridningen av handelsgödsel skulle kosta lika mycket per ha som för 750 ha.

Intäkt av fasta rötresten

De fasta rötresterna förutsättes, som tidigare sagts, användas såsom gödsel- och jordförbättringsmedel till andra grödor i växtföljden hos dem som odlar vall för biogasproduktion. De bör sålunda ge en intäkt antingen för vallodlingen eller för biogasanläggningen. Vi har valt att hänföra intäkten till biogasanläggningen. Värdet som gödsel- och jordförbättringsmedel bör dock reduceras dels med en kostnad för transport till plansilorna, dels med merkostnaden för spridning av en viss mängd näringsämnen. Man kan vidare hävda att hänsyn skall tas till den större markbelastningen vid spridning av fasta rötresten men också till tillförseln av organisk substans med rötresten. Den ekonomiska betydelsen av dessa faktorer är idag svår att bedöma eller beräkna. Vi har räknat med att negativa effekter av större markbelastning balanseras av positiva effekter av högre mullhalt.

Av växtnäringen i de fasta rötresterna är det endast kvävet som bör ses som en intäktskälla. Baljväxterna i vallen binder och rötresterna innehåller mer kväve än vad som behöver återföras till vallen. Övriga näringsämnen som tas upp av biogavallen, bör eller måste återföras till mark och odlingsystem för att bördigheten skall kunna bibehållas. Om rötresten säljes till andra odlare bör självfallet även andra näringsämnen än kväve, främst fosfor och kalium, värderas och betalas. Sådan försäljning skulle medföra att den eller de som odlar vall för biogasproduktion förr eller senare måste köpa fosfor, kalium m.m.

Sättes priset på rent kväve (fritt plansilo) till 7 kr/kg så är kvävemängden i de fasta rötresterna (68 100 kg) värd 476 700 kr. Kostnaden för transport av fasta rötresten från processanläggningen till plansilorna är totalt 85 390 kr (tabell A11). Denna kostnad bör fördelas på innehållet av kväve, kalium och fosfor i relation till värdet av respektive mängder. Sättes priset på kalium till 4 kr/kg och på fosfor till 14 kr/kg så blir transportkostnaden för kväve 42 890 kr. Merkostnaden för spridning av ca 68 ton kväve i fasta rötresten jämfört med i handelsgödsel är 147 410 kr (tabellerna A12 och A13). Intäkten av fasta rötresten blir därför $476\,700 - (42\,890 + 147\,410) = 286\,400$ kr. Respektive kostnader, liksom intäkten, skulle bli ca 10 % lägre för 675 ha vall.

Sammanställning av kostnader och intäkter från odling till gasutvinning

I detta avsnitt följer en sammanställning av systemstudien ekonomiska resultat fr.o.m. odlingen av vall t.o.m. utvinningen av biogas och rötresten. Dessutom skall betydelsen av EU-stöd till vallodlingen och av investeringsstöd till biogasanläggningen belysas. Resultaten redovisas i tabell 8. Förutom huvudalternativet med 750 ha vall och 300 l metan per kg torrsbstans (Ts) redovisas resultat också för alternativet med 675 ha vall och 330 l metan per kg Ts.

En sak som tidigare icke diskuterats i denna rapport är huruvida odlarna bör eller skall ha någon ersättning utöver ersättning för mark samt för maskin- och arbetskostnader. Ersättning för driftsledning och andra samkostnader i jordbruksföretaget är motiverat. Det kan också vara motiverat med en viss vinst av vallodlingen. Av dessa skäl har i tabell 8 tagits med en

kostnadspost för driftsledning vid vallodling beräknad efter 5 öre per kg producerad torrs substans.

Tabell 8. Sammanställning av kostnader och intäkter samt av möjliga stöd till vallodling och biogasanläggning för produktion av 1 734 000 m³ metan/år (16 994,4 MWh energi) ur vallmassa

	750 ha vall		675 ha vall	
	1 000 kr	öre/kWh	1 000 kr	öre/kWh
<i>Kostnader</i>				
Vallodling; netto	545,0	3,21	490,5	2,89
Driftsledning vallodling	300,0	1,76	270,0	1,59
Skörd och fälttransport av grönmassa	1 632,0	9,60	1 464,0	8,61
Vägtransport av grönmassa och ensilage	359,0	2,11	318,0	1,87
Ensilering	190,6	1,12	171,4	1,01
Produktion av biogas och rötrest	4 732,0	27,84	4 690,0	27,60
Transport av flytande rötrest	50,4	0,30	50,0	0,29
Transport av fasta rötrest ^a	42,5	0,25	38,2	0,22
Summa kostnad för biogas och rötrest	7 851,5	46,2	7 492,1	44,1
<i>Intäkt; av fasta rötrest</i>	286,4	1,7	253,0	1,5
Kostnad för biogas	7 565,1	44,5	7 239,1	42,6
Arealstöd 2 500 kr/ha	1 875,0	11,0	1 687,5	9,9
Investeringsstöd 50 % till biogasanläggning	1 668,0	9,8	1 668,0	9,8

^a Exklusive kostnad svarande mot värdet av kväve

Årskostnaden för produktion av 1 734 000 m³ metan ur vallensilage blir ca 7,57 milj. kr för 750 ha vall och ca 7,24 milj. kr för 675 ha vall. Räknat per kWh blir kostnaden 44,5 öre respektive 42,6 öre. Arealstöd enligt EU med 2 500 kr per ha biogasvall skulle sänka kostnaden till 33,5 respektive 32,7 öre per kWh. Utan arealstöd men med 50 % återbetalningsfritt investeringsstöd till hela biogasanläggningen skulle kostnaden per kWh bli 34,7 öre för 750 ha vall och 32,8 öre för 675 ha vall. Med såväl arealstöd som investeringsstöd skulle

kostnaden bli 23,7 respektive 22,9 öre per kWh. Ökningen i metanutbyte från 300 l till 330 l per kg Ts minskar kostnaden per kWh med endast 1,9 öre.

Mer än hälften av kostnaden för att producera metan ur vallensilage utgöres av kostnader för utvinning eller produktion av biogas och rötresters inklusive för lagring av vallensilage och rötresters. I medeltal för 750 och 675 ha vall utgör dessa utvinningskostnader minus intäkterna av fasta rötresters 26,1 öre/kWh eller 60 % av den genomsnittliga totalkostnaden 43,5 öre/kWh.

Kunde investeringen i biogasanläggningen (processanläggning samt plansilor med pressvattenbrunnar och rötrestbehållare) reduceras med 20 %, från totalt 33,435 milj.kr till ca 26,75 milj. kr, skulle årskostnaden för själva utvinningen (i tabell 8 benämnt produktionen) av biogas och rötresters minska med i medeltal runt 940 000 kr, vilket motsvarar 5,5 öre/kWh. Kostnaden (utan någon form av stöd) för att producera biogas skulle då, i genomsnitt för 750 och 675 ha vall, motsvara 38,0 öre/kWh.

Därnäst störst är kostnaden för skörd och fälttransporter av grönmassa. I medeltal utgör den 9,2 öre/kWh eller 21 % av totalkostnaden.

Vallodling (netto) plus driftsledning kostar i medeltal för 750 och 675 ha vall 4,7 öre/kWh, vilket motsvarar ca 11 % av totalkostnaden. Läggas till denna kostnad även kostnaden för skörd och fälttransporter samt för ensilering blir den sammanlagda substratkostnaden (utan vägtransporter) 14,9 öre/kWh eller ca 34 % av totalkostnaden.

De sammanlagda kostnaderna fram till produktionen av biogas och rötresters (för vallodling, driftsledning, skörd och fälttransporter av grönmassa, vägtransporter av grönmassa och ensilage samt ensilering) är i genomsnitt 16,9 öre/kWh eller 39 % av totalkostnaden. Räknat per ton torrsubstans i tillfört ensilage blir denna kostnad i medeltal 519 kr. Ett arealstöd av 2 500 kr/ha skulle begränsa dessa kostnader till 6,4 öre/kWh eller 197 kr/ton torrsubstans.

Det antagna förfruktsvärdet av vallodling - 600 kr per hektar och vallår - motsvarar för alternativet med 750 ha vall 2,65 öre/kWh och för 675 ha vall 2,38 öre/kWh.

Sysselsättning

Ett motiv för odling av energiråvaror på åker och omvandling därav till användbar energi är att behålla eller helst öka samt över året utjämna sysselsättningen på landsbygden. Det är därför av intresse att samlat redovisa det beräknade behovet av manuellt arbete längs kedjan från odling av vall t.o.m. produktionen av biogas och rötresters inklusive transporten av rötresters till lagerplatserna.

För huvudalternativet med 750 ha vall blir det totala arbetsbehovet för nämnda delar i kedjan 5 480 tim/år plus en heltidsanställd person vid processanläggningen. Arbetsbehovet för spridning av flytande rötresters ingår i denna summa men ej arbetet för spridning av fasta rötresters. (De fasta rötresterna användes ju i stället för handelsgödsel till övriga grödor i växtföljderna). I underhållskostnaden för olika delar i kedjan odling - biogasproduktion ingår även arbete. Om i genomsnitt halva kostnaden för underhåll är kostnad för arbete, så skulle underhållet kräva 4 040 arbetstimmar per år.

Det totala arbetsbehovet för alternativet med 750 ha vall skulle således bli 9 520 tim/år plus en heltidsanställd person. Räknas heltid omfatta 1 680 arbetstimmar per år, exklusive semestertid, skulle arbetsbehovet motsvara 6,7 helårsanställningar. Fyra personer skulle behöva arbeta året om med drift av processanläggningen, inklusive transporter av ensilage och rötrest, samt med underhållsarbeten. För alternativet med 675 ha vall skulle behovet vara ca 8 840 tim/år plus en heltidsanställd eller totalt 6,3 helårsanställningar, varav 3,6 för drift av processanläggningen och underhållsarbeten.

Sammanfattning

I rapporten redovisas resultat från en systemstudie rörande teknik och ekonomi från odling till gasutvinning vid produktion av biogas ur vallmassa med tvåstegsteknik. Syftet har varit att bestämma kostnaden för produktion av metangas ur vallgrödor vid användning av bra odlings- och transportteknik och modern rötningsteknik. Studien har i första hand avsett mellansvenska odlingsförhållanden och lerjordar och den har genomförts för växtföljder med tre år vall, två år stråsäd och ett år våroljeväxter. Den baseras vad gäller biogasutbyte m.m. på resultat från nyligen genomförda pilotförsök i Danmark och Sverige.

Studien har gällt en processanläggning på 2 MW, vilken med 97 % tillgänglighet kan producera ca 17 000 MWh/år (46 560 kWh/dygn). Detta motsvarar 1 734 000 m³ metan per år (ca 4 750 m³/dygn). Årsvolymen biogas blir 2 668 000 m³ vid en metanhalt av 65 %. Processanläggningen plus lagerplatser med pressvattenbrunnar för vallmassa och fasta rötrest och med behållare för flytande rötrest ses som sammanhängande delar i en modern biogasanläggning.

I studien har räknats med en genomsnittlig vallskörd (bärgad) av 8 000 kg torrsbstans (Ts) per hektar och ett metanutbyte av 300 l alternativt 330 l per kg Ts. För att utnyttja processanläggningen fullt ut har då erfordrats 750 respektive 675 ha vall. Anläggningen räknas köras utan tillförsel av färskvatten. I övrigt bygger studien på följande förutsättningar vad gäller odling och odlingsteknik, vallskörd samt transporter av grönmassa, ensilage och rötrest.

- Vallen är sammansatt av rödklöver och gräs och den gödglas med flytande rötrest under andra och tredje året. Denna gödning sker med tankvagn med släpplangsramp.
- Vallen skördas med en traktordragen rotorslåttermaskin.
- Efter förtorkning till ca 25 % Ts samlas grönmassan upp och hackas med en självgående fälthack. Hackad massa blåses över i en medföljande högtippande vagn, s.k. skyttelvagn.
- Skyttelvagnen, som dras av traktor, körs till närmaste fältkant vid hårdgjord väg och tömmer i en container.
- Vägtransport av grönmassa, ensilage och fasta rötrest sker med container och traktordragen lastväxlare (en container per ekipage). Högst 10 dagar per skördetillfälle utnyttjas för vägtransport av grönmassa.
- Ensilering sker i tre lika stora plansilor. Vid varje plansilo finns en mindre pressvattenbrunn och en större behållare för flytande rötrest. Plansilorna nyttjas även för lagring av fasta rötrest.
- Plansilorna ligger i genomsnitt 1,0 km från fältkanter med hårdgjord väg och i genomsnitt 2,0 km från processanläggningen.
- Ensilage transporteras till processanläggningen under årets alla vardagar utom lördagar och helgdagsaftnar. Vid 30 % av dessa transporter tas fasta rötrest som returlast.

- Flytande rötresten pumpas från processanläggningen till behållare vid plansilo i en grunt nedgrävd polyetenrörsledning. Denna pumpning sker mer eller mindre kontinuerligt året om.

Kostnaderna per år har beräknats för följande delar i kedjan (systemet) odling av vall t.o.m. utvinning av biogas och rötresten: Vallodling; skörd och fälttransport av grönmassa; vägtransport av grönmassa och ensilage; ensilering; produktion av biogas och rötresten; transport av flytande rötresten; transport av fasta rötresten; spridning av fasta rötresten. Därtill har kalkyler genomförts dels rörande s.k. uttagen areal med extensiv vall och EU-stöd som alternativ till vallodling för biogasproduktion, dels rörande spridning av handelsgödsel med lika stort kväveinnehåll som i de fasta rötresterna.

I kalkyler och resultat har uppdelning gjorts på kostnad för kapital, underhåll, drivmedel och/eller elenergi, arbete samt ränta på rörelsekapital. Basdata om maskiner och utrustning (kapacitet i praktisk drift, drivmedelsåtgång eller eleffekt, återanskaffningsvärde, avskrivningstid, underhållskostnad, kapitalkostnad) redovisas i tabeller i löpande text. Kalkyler över årliga kostnader för olika systemdelar redovisas i tabeller i appendix. En sammanfattning av alla kostnader samt av intäkter från fasta rötresten och av möjliga stöd till vallodling och biogasanläggning finns i tabell 8.

De olika slagen av kostnader har beräknats på vanligt sätt. I kapitalkostnaderna ingår realränta med 5 % på respektive återanskaffningsvärdet. I övrigt baseras kalkylerna på följande förutsättningar:

- Förfruktsvärdet av vallodling är 600 kr/ha (motsvarande 600 kg vete per ha) för växtföljdernas stråsädes- och oljeväxtgrödor. Detta värde räknas som en intäkt för vallen.
- Markersättningen till odlaren är 800 kr/ha.
- För driftsledning och andra samkostnader samt som bidrag till en vinst i jordbruksföretaget räknas med en kostnad av 400 kr per ha vall och år (= 5 öre per kg Ts i bärgad skörd).
- Fasta rötresten, som används till övriga grödor i växtföljderna, har ett värde bestämt av kväveinnehållet och av merkostnaden för spridning jämfört med handelsgödsel. Detta värde räknas som en intäkt för biogasanläggningen.
- I biogasanläggningen ingår förutom själva processanläggningen även de tre plansilorna med pressvattenbrunnar och behållare för flytande rötresten. Den totala anläggningens kostnad inklusive kostnader för mark och markarbeten är 33 435 000 kr. Processenheten med mark och markarbeten kostar 21 060 000 kr.

De ekonomiska kalkylerna visar bl.a.

- att årskostnaden för produktion av 1 734 000 m³ metan ur vallensilage är ca 7,57 milj. kr för 750 ha vall och ca 7,24 milj. kr för 675 ha vall. Räknat per kWh blir kostnaden 44,5 öre respektive 42,6 öre eller i medeltal 43,5 öre
- att arealstöd med 2 500 kr per ha biogasvall skulle ge en genomsnittlig kostnad av 33,1 öre per kWh
- att 50 % återbetalningsfritt investeringsstöd till biogasanläggningen skulle ge en genomsnittlig kostnad av 33,7 öre/kWh
- att arealstöd plus 50 % investeringsstöd skulle ge en genomsnittlig kostnad av 23,3 öre/kWh

- att kostnaden för vallodling (netto) plus för driftsledning motsvarar 4,7 öre/kWh eller 11 % av totalkostnaden 43,5 öre/kWh. Förfruktsvärdet av vall motsvarar 2,5 öre/kWh
- att kostnaden för skörd och fälttransporter av grönmassa motsvarar 9,2 öre/kWh eller 21 % av totalkostnaden
- att den sammanlagda kostnaden för vallodling (netto), skörd och fälttransporter av grönmassa och ensilering, vilken kan ses som en substratkostnad, motsvarar 14,9 öre/kWh eller 34 % av totalkostnaden
- att den sammanlagda kostnaden för att producera och lagra vallmassa samt transportera den till processanläggningen motsvarar 16,9 öre/kWh eller 39 % av totalkostnaden
- att sistnämnda kostnad svarar mot 519 kr per ton torrsubstans (Ts) i tillfört ensilage
- att ett arealstöd av 2 500 kr per ha vall skulle minska dessa kostnader till 197 kr per ton Ts
- att nettokostnaden för att utvinna biogas i processanläggningen motsvarar 26,1 öre/kWh eller 60 % av totalkostnaden
- att 20 % lägre investeringskostnad för hela biogasanläggningen skulle minska processkostnaden med 5,5 öre/kWh. Totalkostnaden (utan någon form av stöd) skulle då bli 38,0 öre/kWh

Det totala arbetsbehovet längs kedjan från odling av vall t.o.m. produktion av biogas och röt-rester samt transport av röt-rester svarar mot 6,5 helårsanställningar. Av dessa behövs 3,5-4 för arbete året om.

Värdet av markförbättring och minskad utlakning av näringsämnen vid odling av vall har beaktats i studien genom minskning av odlingskostnaderna (brutto) med ett förfruktsvärde. Miljöfördelarna av ett lägre dragkraft- och energibehov och ett mindre behov av kemiska bekämpningsmedel i växtföljder med vall, jämfört med växtföljder utan vall, har däremot icke värderats eller beaktats i den ekonomiska analysen.

Referenser

- Boström, B. & Persson, S. 1993. Utvecklingsprogram Biogas. Projektbeskrivning. SLF rapport nr 2, 7 s.
- Brolin, L., Thyselius, L. & Johansson, M. 1988. Biogas ur energigrödor. System och kostnader för storskalig framställning och användning av biogas. JTI-rapport 97, 62+19 s.
- Carl Bro Miljö as. 1994. Biogas fra Grönmasse. Laboratorieforsög samt Pilotforsög baseret på To-trins Proces. Slutrapport till Sveriges lantbruksuniversitet samt Arbetsgruppen för Växtkraft. September 1994, 75+24 s.
- Dalemo, M., Edström, M., Thyselius, L. & Brolin, L. 1993. Biogas ur vallgrödor. Teknik och ekonomi vid storskalig biogasframställning. JTI-rapport 162, 97 s.
- Elinder, M. & Falk, C. 1983. Arbets- och maskindata inom jordbruket. Konsulentavdelningen/teknik, SLU. Maskindata 6.
- Eriksson, I. 1990. Vägledande prislista för uthyrning av jordbruksmaskiner 1990. Lantbruksnämnden i Uppsala län.
- Fellin, O. 1991. Ekonomisk utvärdering av projekt Växtkraft. I rapport om projekt Växtkraft. Västmanland och Uppsala 1991, 38 s.
- Ivars, U. 1992. Transport av flytgödsel i rörledning. JTI-rapport 143, 47+26 s.
- Johansson, W. 1991. Energi från odlingssystem. En skiss. I Global resurshushållning - konsekvenser för svenskt jordbruk. Lantbrukskonferensen 1991. SLU Info. Rapporter Allmänt 176, 121-125

- Johansson, W. 1994. Kolbindning och kolflöden vid odling. Sammanfattning av en analys rörande inverkan av växtföljd/odlingssystem och av restprodukttilförsel till marken. Inst. för markvetenskap, SLU. Rapport till Stiftelsen Lantbruksforskning, 10+8 s.
- Johansson, W., Mattsson, L., Thyselius, L. & Wallgren, B. 1993. Energigrödor för biogas. Effekter på odlingssystem. JTI-rapport 161, 53 s.
- Jonsson, B. 1993. Beräkningsmodell för avverkning, arbetsbehov och körsträckor vid stallgöd- selspridning. JTI-rapport 170, 45 s.
- Magnusson, L. 1992. Biogas ur jordbruksgrödor. Förslag till utvecklingsprogram. SLF rapport nr 1, 35 s.
- Nilsson, B. 1994. Biogas ur grödor. Två-stegsrötning av ensilerad slåttervall. Slutrapport till SLF. Purac AB, 43 s.
- Nilsson, E. 1974. Bidragskalkylering för produktionsgrenar inom jordbruket. Kompendium i lantbrukets driftsekonomi. Inst.för ekonomi och statistik, SLU. Rapport nr 41, 63+4 s.
- SLU. 1989. Databok för driftsplanering 1989. SLU. Speciella skrifter 37, 441s.

APPENDIX

Tabell A1. Översikt över årliga odlingskostnader för 750 ha biogasvall

Tabell A2. Kalkyl över årliga maskin- och arbetskostnader för insådd av 250 ha biogasvall

Tabell A3. Kalkyl över årliga maskin- och arbetskostnader för gödsling av 500 ha vall med ca 13 200 m³ flytande rötrestes. I medeltal 2,5 gödslingar/ha

Tabell A4. Kalkyl över årliga maskin- och arbetskostnader för gödsling av 500 ha vall med 23 600 m³ flytande rötrestes. I medeltal 2.5 gödslingar/ha

Tabell A5. Kalkyl över årliga odlingskostnader per hektar för uttagen areal med extensiv vall

Tabell A6. Kalkyl över årliga kostnader för skörd av 750 ha vall och fälttransport av skördad grönmassa

Tabell A7. Kalkyl över årliga kostnader för vägtransport av grönmassa och ensilage. 750 ha vall

Tabell A8. Kalkyl över årliga kostnader för ensilering av grönmassa från 750 ha vall

Tabell A9. Kalkyl över årliga kostnader för utvinning av 300 l metan per kg torrs substans ur ensilage från 750 ha vall

Tabell A10. Kalkyl över årliga kostnader för transport av ca 13 200 m³ flytande rötrestes

Tabell A11. Kalkyl över årliga kostnader för transport av ca 6 800 ton fasta rötrestes

Tabell A12. Kalkyl över årliga kostnader för spridning av 6 800 ton fasta rötrestes med ca 68 ton kväve på 500 ha

Tabell A13. Kalkyl över årliga kostnader för spridning av ca 68 ton kväve i handelsgödsel på 750 ha

Tabell A1. Översikt över årliga odlingskostnader för 750 ha biogasvall

		Enhet	Kvantitet	å-pris kr	Årskostnad kr	
Insådd 250 ha	utsäde	kg	250*20	35	175 000	
	maskiner				5 790	
	arbete	tim	60		8 400	189 190
Spridning flytande rötrest ^a	maskiner				125 960	
	drivmedel	l	4 200	3:-	12 600	
	arbete	tim	420		52 800	191 360
Markersättning		ha	750	800		600 000
Ränta rörelsekapital			286 650 ^b			14 330
Summa						994 880

^a Ca 13 200 m³/år ^b Rörelsekapital, kr

Tabell A2. Kalkyl över årliga maskin- och arbetskostnader för insådd av 250 ha biogasvall

	Enhet	Kvantitet	å-pris kr	Årskostnad kr	
<i>Maskiner</i> Frölådor		3			5 250
<i>Underhåll^a</i> Frölådor					540
<i>Arbete^b</i>	tim	40	120	4 800	
		20	180	3 600	8 400

^a Faktor = 0,2

^b Vallinsådden har antagits kräva en arbetsinsats av ca 1/4 tim/ha, varav 1/3 är övertid

Tabell A3. Kalkyl över årliga maskin- och arbetskostnader för gödsling av 500 ha vall med ca 13 200 m³ flytande rötrest. I medeltal 2,5 gödslingar/ha

	Enhet	Kvantitet	å-pris kr	Årskostnad kr	
<i>Kapital</i>					
Tankvagn med släpplangsramp		2		65 340	
Traktor		2		24 500 ^a	
Skatt och försäkring				1 190	89 840
<i>Underhåll</i>					
Tankvagnar				23 520 ^b	
Traktorer				12 600 ^c	36 120
<i>Drivmedel</i>	l	420*10	3:-	12 600	
<i>Arbete</i>	tim	380	120	45 600	
		40	180	7 200	52 800
Summa				191 360	

^a 35 % av totala årskostnaden

^b Faktor = 0,2

^c Faktor = 0,1

Tabell A4. Kalkyl över årliga maskin- och arbetskostnader för gödsling av 500 ha vall med 23 600 m³ flytande rötrest. I medeltal 2,5 gödslingar/ha

	Enhet	Kvantitet	å-pris kr	Årskostnad kr	
<i>Kapital</i>					
Tankvagn med släpplangsramp	3			98 010	
Traktor	3			42 000 ^a	
Skatt och försäkring				1 920	141 930
<i>Underhåll</i>					
Tankvagnar				42 000 ^b	
Traktorer				22 500 ^c	64 500
<i>Drivmedel</i>	l	750*10	3:-	22 500	
<i>Arbete</i>	tim	600	120	72 000	
		150	180	27 000	99 000
Summa				327 930	

^a 40 % av totala årskostnaden

^b Faktor = 0,2

^c Faktor = 0,1

Tabell A5. Kalkyl över årliga odlingskostnader per hektar för uttagen areal med extensiv vall

		Enhet	Kvantitet	å-pris kr	Årskostnad kr	
Insådd	vitklöverfrö	kg	5	40	200	
	såmaskin ^a				100	
	frölåda ^b				25	
	traktor ^c	tim	0,75		85	
	arbete	tim	1	120	120	530
Slåtter	slåtterkross ^d				50	
	traktor ^c	tim	0,33		40	
	arbete	tim	0,33	120	40	130
Markersättning			1			800
Ränta rörelsekapital			250 ^e			10
Summa						1 470

^a Kostnad för mindre kombisåmaskin^b Kapitalkostnad + underhåll som i tabell A1^c Kapitalkostnad + underhåll + drivmedel + skatt och försäkring^d Kapitalkostnad + underhåll + skatt och försäkring^e Rörelsekapital, kr

Tabell A6. Kalkyl över årliga kostnader för skörd av 750 ha vall och fälttransport av skördad grönmassa

	Enhet	Kvantitet	å-pris kr	Årskostnad kr	
<i>Kapital</i>					
Bogserad slåtterkross		2		57 000	
Självgående fälthack		2		514 500	
Skyttelvagn		4		60 000	
Traktor för slåtterkross		2		42 000 ^a	
Traktor för skyttelvagn		4		70 000 ^b	
Skatt och försäkring				7 290	750 790
<i>Underhåll</i>					
Slåtterkrossar				37 620 ^c	
Fälthackar				308 700 ^c	
Skyttelvagnar				18 000 ^d	
Traktorer				55 800 ^d	420 120
<i>Drivmedel</i>					
Slåtterkrossar	1	660*10	3:-	19 800	
Fälthackar	1	600*25	3:-	45 000	
Skyttelvagnar	1	1 200*8	3:-	28 800	93 600
<i>Arbete</i>					
Slåtter	tim	500	120	60 000	
		160	180	28 800	
Fälthackning	tim	480	120	57 600	
		120	180	21 600	
Skyttelvagnar	tim	960	120	114 000	
		240	180	43 200	325 200
<i>Ränta rörelsekapital</i>		846 210 ^e		42 310	
Summa				1 632 020	

^a 60 % av totala årskostnaden

^b 50 % av totala årskostnaden

^c Faktor = 0,3

^d Faktor = 0,1

^e Rörelsekapital, kr

Tabell A7. Kalkyl över årliga kostnader för vägtransport av grönmassa och ensilage. 750 ha vall

	Enhet	Kvantitet	å-pris kr	Årskostnad kr	
<i>Kapital</i>					
Container		10		20 000 ^a	
Lastväxlare		2		15 000 ^b	
Lastmaskin		1		36 000 ^c	
Traktor container/lastväxlare		2		56 000 ^a	
Skatt och försäkring				2 070	129 070
<i>Underhåll</i>					
Lastväxlare				14 700 ^d	
Lastmaskin				24 000 ^d	
Traktorer				29 400 ^d	
<i>Drivmedel</i>					
Containertransport	1	980*8	3:-	23 520	
Lastmaskin	1	300*10	3:-	9 000	
<i>Arbete</i>					
Transport/avlastning grönmassa	tim	440 80	120 180	52 800 14 400	
Lastning/transport ensilage	tim	460	120	55 200	
<i>Ränta rörelsekapital</i>				138 510 ^e	6 930
Summa				359 020	

^a 80 % av totala årskostnaden

^b 50 % av totala årskostnaden ^c 30 % av totala årskostnaden

^d Faktor = 0,1

^e Rörelsekapital, kr

Tabell A8. Kalkyl över årliga kostnader för ensilering av grönmassa från 750 ha vall

	Enhet	Kvantitet	å-pris kr	Årskostnad kr	
<i>Kapital</i>					
Täckduk		3		90 000	
Lastmaskin		1		30 000 ^a	
Skatt och försäkring				200 ^b	120 200
<i>Underhåll</i>					
Täckduk				6 000 ^c	
Lastmaskin				20 000 ^d	26 000
<i>Drivmedel; lastmaskin</i>	l	250*10	3:-		7 500
<i>Arbete</i>	tim	220 40	120 180	26 400 7 200	33 600
<i>Ränta rörelsekapital</i>		66 700 ^e			3 330
Summa					190 630

^a 25 % av totala årskostnaden

^b På lastmaskin

^c 1 % på återanskaffningsvärdet

^d Faktor = 0,1

^e Rörelsekapital, kr

Tabell A9. Kalkyl över årliga kostnader för utvinning av 300 l metan per kg torrsubstans ur ensilage från 750 ha vall

	Enhet	Kvantitet	å-pris kr	Årskostnad kr	
<i>Kapital</i>					
Plansilo		3		660 000	
Markarbete plansilo		3		60 000	
Mark för plansilo		3		4 500	
Täckduk plansilo		3		90 000	
Pressvattenbrunn		3		58 500	
Gasprocessanläggning		1		2 000 000	
Markarbete gasanläggning		1		100 000	
Mark för gasanläggning		1		3 000	
Behållare flytande rötrest		3		450 000	
Täckduk behållare		3		22 500	
Skatt och försäkring ^a				20 000	3 468 500
<i>Underhåll</i>					
Processanläggning ^b					400 000
<i>Elenergi</i>					
Finfördelning och malning	MWh	1 164	360	419 040	
Övrig elförbrukning	MWh	50	360	18 000	437 040
<i>Arbete</i>					
Ensilageinmatning och tillsyn ^c	tim	1 050	120	126 000	
Driftsledning	år	1		300 000	426 000
Summa					4 731 540

^a 0,1 % av återanskaffningsvärdet för processanläggningen

^b 2 % av återanskaffningsvärdet

^c Heltidsanställd person som arbetar 710 tim/år med transporter av ensilage och rötrest

Tabell A10. Kalkyl över årliga kostnader för transport av ca 13 200 m³ flytande rötrest

	Enhet	Kvantitet	å-pris kr	Årskostnad kr
<i>Kapital</i>				
Täckduk behållare		3		22 500
PE-ledning inkl. nedläggning		6		15 000
Pump		1		750
				<u>38 250</u>
<i>Underhåll</i>				
Täckdukar				1 500 ^a
PE-ledning				1 500 ^a
Pump				150 ^b
				<u>3 150</u>
<i>Elenergi</i>	kWh	6 600*1	0:36	2 380
<i>Arbete</i>	tim	50	120	6 000
<i>Ränta rörelsekapital</i>				11 530 ^c
				<u>580</u>
Summa				<u>50 360</u>

^a 1 % av återanskaffningsvärdet^b Faktor = 0,1^c Rörelsekapital, kr

Tabell A11. Kalkyl över årliga kostnader för transport av ca 6 800 ton fasta rötrest

	Enhet	Kvantitet	å -pris kr	Årskostnad kr	
<i>Kapital</i>					
Container		10		5 000 ^a	
Lastväxlare		2		3 750 ^b	
Lastmaskin		1		12 000 ^c	
Traktor container/lastväxlare		2		14 000 ^a	
Skatt och försäkring				530	35 280
<i>Underhåll</i>					
Lastväxlare				3 000 ^d	
Lastmaskin				7 200 ^d	
Traktorer				6 000 ^d	16 200
<i>Drivmedel</i>					
Containertransport	l	200*8	3:-	4 800	
Lastmaskin	l	90*10	3:-	2 700	7 500
<i>Arbete</i>					
	tim	200	120		24 000
<i>Ränta rörelsekapital</i>					
		48 230 ^e			2 410
Summa					85 390

^a 20 % av totala årskostnaden^b 12,5 % av totala årskostnaden^c 10 % av totala årskostnaden^d Faktor = 0,1^e Rörelsekapital, kr

Tabell A12. Kalkyl över årliga kostnader för spridning av 6 800 ton fasta rötrestar med ca 68 ton kväve på 500 ha

	Enhet	Kvantitet	å-pris kr	Årskostnad kr	
<i>Kapital</i>					
Fastgödselspridare		3		82 950	
Lastmaskin		1		12 000 ^a	
Traktor		3		46 670 ^b	
Skatt och försäkring				1 990	143 610
<i>Underhåll</i>					
Fastgödselspridare				42 660 ^c	
Lastmaskin				7 200 ^d	
Traktorer				24 000 ^d	73 860
<i>Drivmedel</i>					
Fastgödselspridare	1	600*10	3:-	18 000	
Lastmaskin	1	90*10	3:-	2 700	20 700
<i>Arbete</i>	tim	600	120		72 000
<i>Ränta rörelsekapital</i>				168 550 ^e	8 430
Summa					318 600

^a 10 % av totala årskostnaden

^b 1/3 av totala årskostnaden

^c Faktor = 0,3

^d Faktor = 0,1

^e Rörelsekapital, kr

Tabell A13. Kalkyl över årliga kostnader för spridning av ca 68 ton kväve i handelsgödsel på 750 ha

	Enhet	Kvantitet	å-pris kr	Årskostnad kr
<i>Kapital</i>				
Rampspridare		4		56 000
Lastare		1		2 620 ^a
Traktor gödselspridare		4		23 330 ^b
Traktor lastare		1		1 750 ^a
Skatt och försäkring				1 150
				<u>84 850</u>
<i>Underhåll</i>				
Rampspridare				9 600 ^c
Lastare				1 350 ^d
Traktorer gödselspridare				12 000 ^d
Traktor lastare				900 ^d
				<u>23 850</u>
<i>Drivmedel</i>	1	430*8	3:-	10 320
<i>Arbete</i>	tim	400	120	48 000
<i>Ränta rörelsekapital</i>		83 320 ^e		4 170
Summa				<u>171 190</u>

^a 5 % av totala årskostnaden

^b 1/6 av totala årskostnaden

^c Faktor = 0,2

^d Faktor = 0,1

^e Rörelsekapital, kr

Förteckning över utgivna häften i publikationsserien

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET, UPPSALA. INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP.
AVDELNINGEN FÖR LANTBRUKETS HYDROTEKNIK. AVDELNINGSMEDDELANDE. Fr o m 1992

- 92:1 Rockström, J. Framtidens livsmedelsförsörjning i världens torra regioner: Begränsas den av tillgången på vatten? 106 s.
- 92:2 Kerje, T. Erosionsmätningar i Nicaragua. 35 s.
- 92:3 Burujeny, M. B. Dygnsvariation i bladvattenpotential hos raps och senap. Mätningar och simuleringar. 27 s.
- 92:4 Simonsson, M. Rotstudier i några olika ärtsorter. 15 s.
- 92:5 Malm, P. Spridning av flytgödsel med bevattningsmaskin försedd med lågspridningsramp. 46 s.
- 92:6 Linnér, H., Persson, R., Berglund, K. & Karlsson, S.-E. Resultat av 1991 års fältförsök avseende detaljbevattning, markvård och markförbättring samt bevattning. 105 s.
- 93:1 Jansson, C. Rekonstruktion av naturlig vattenföring i Österdalälven och värdering av regleringsnytta. 30 s + 5 bil.
- 93:2 Linnér, H., Persson, R., Berglund, K. & Karlsson, S.-E. Resultat av 1992 års fältförsök avseende detaljbevattning, markvård och markförbättring samt bevattning. 83 s.
- 93:3 Joel, A. & Wesström, I. Vattenhushållning vid bevattning - en studie av tillämpad bevattningsteknik i Sidi Bouzid-distriktet, Tunisien. 54 s.
- 93:4 Jansson, P-E. SOIL model. User's Manual. Second edition. 65 s.
- 93:5 Danfors, B. & Linnér, H. Resursbevarande odling med marktäckning och grund inbrukning av växtmaterial. 86 s.
- 93:6 Jansson, P-E. PLOTPF. User's manual. 33 s.
- 93:7 Båth, A. Studier av rotutveckling och markvattenhalt i försök med marktäckning. 71 s.
- 94:1 Tabell, L. Tjäle i torvjord. 46 s
- 94:2 Halldorf, S. Runoff water as a soil forming factor in arid zones. 62 s.
- 94:3 Jansson, P-E. SOIL model. User's Manual. Third edition. 66 s.
- 94:4 Eckersten, H., Jansson, P-E. & Johnsson, H. SOILN model. User's manual. Second edition. 58 s.
- 94:5 Persson, R. (ed.). Proceedings, NJF-seminar no 247, Agrohydrology and nutrient balances, October 18-20, 1994, Uppsala, Sweden. 111 s.
- 95:1 Alavi, G. Radial stem growth and transpiration of Norway spruce in relation to soil water availability. Granens tillväxt och transpiration i relation till markvattnets tillgänglighet (Licenciatavhandling). 13 + 11 + 14 s.
- 95:2 Johansson, W. & Fellin, O. Biogas från vall. Teknik och ekonomi vid odling, skörd, transporter, ensilering samt rötning med tvåstegsteknik. 38 s.