



BIOEKONOMI OCH HÄLSA PROCESS- OCH SYSTEMANALYS



Samverkan kring energigrödor, slam och aska i kretslopp

Susanne Paulrud, RISE Cecilia Wahlberg Roslund, CEWARO, Sabine Jordan, SLU

RISE Rapport :



Europeiska jordbruksfonden för
landsbygdsutveckling: Europa
investerar i landsbygdsområden

Samverkan kring energigrödor, slam och aska i kretslopp

Susanne Paulrud, RISE Cecilia Wahlberg Roslund, CEWARO, Sabine Jordan, SLU

Innehåll

Innehåll.....	1
Förord.....	2
Sammanfattning	3
1 Inledning	4
1.1 Syfte och mål.....	5
2 Etablering, skötsel och skörd av rörflensodlingen.....	5
2.1 Etablering år 1.....	5
2.2 Gödsling år 2 till 4.....	7
2.3 Skörd år 2 till 4	7
2.3.1 Test med Pistenbully greentech	9
2.4 Jordprovtagning och analys	9
3 Förbränning av rörflen, halm och slam i värmeverket	13
3.1 Framtagning av bränslemix med halm, slam och trädbränsle	14
3.2 Förbränningstest av bränslemix med halm och slam.....	15
3.3 Framtagning av bränslemix med rörflen, stamvedsflis och grot.....	19
3.4 Förbränningstest av bränslemix med rörflen grot och stamvedsflis.....	20
3.5 Gödsling med aska.....	24
4 Förutsättningarna för en utveckling av nya och befintliga odlingar av energigrödor i Boråsområdet.....	26
5 Kommunikation och resultatspridning	26
Slutsatser	30
Referenser	31

Förord

Projektet Samverkan kring energigrödor, slam och aska i kretslopp har finansierats av Jordbruksverket genom Landsbygdsprogrammet.

Arbetet har genomförts i samarbete mellan RISE Research Institutes of Sweden, CEWARO, Lundby maskinstation, Hushållningssällskapet, Luleå tekniska universitet och Borås Energi och Miljö.

Vi vill tacka deltagare och finansiär som alla medverkat till projektets genomförande.

RISE Borås, december 2021

Sammanfattning

Samhället står inför en allt större utmaning när det gäller att sluta kretslopp och ta hand om avfall och restprodukter och framställa växtnäring utan fossilberoende. Samtidigt måste produktion och användning anpassas till ökade miljö och hållbarhetskrav. Idén med detta projekt var att utveckla och tillämpa en modell i full skala där energigrödor, rötat avloppsslam och aska ingår i ett kretslopp. Bakgrunden var att energibolaget Borås Energi och Miljö ville undersöka förutsättningarna att använda energigrödor i sin bränslemix i kombination med att använda rötat avloppsslam som gödning på odlingarna. Detta för att öka återvinningen av fosfor.

I projektet har en tidigare odlad torvmark som legat i träda i minst 20 år restaurerats och såtts med rörflen. Totalt etablerades ca 20 ha rörflen 2017. I samband med etablering tillfördes fosfor i form av rötat avloppsslam från Borås. För att få bra tillväxt har odlingen gödslats med kväve varje år. Vid skörd har en rundbalspress använts och balarna har transporterats till Borås Energi och Miljö som bränsle.

Två förbränningstester med energigrödor/restprodukter har genomförts i värmeverket. Syftet med första försöket har varit att undersöka förutsättningarna att förbränna rötat avloppsslam tillsammans med halm och trädbränsle för att kunna återcirkulera askan till närliggande åker och skogsmark. Syftet med det andra försöket var att undersöka förutsättningarna att förbränna rörflen från slamgödslade odlingar tillsammans med trädbränslen.

Projektets resultat visar att den tidigare övergivna dränerade torvmarken har blivit en produktiv rörflenodling med en bra försörjning på fosfor och fosforbindande näringsämnen, mikronäringsämnen och andra nödvändiga ämnen (spårämnen). Vissa tungmetaller som tillfördes via gödsling är livsnödvändiga spårämnen för växterna men koncentration och halt av dessa metaller bör kontrolleras innan nya gödselgivor. Genom gödsling och kalkning har pH värdet ökat som är en förutsättning för odlingsaktiviteter på sura torvmarker. Skörden våren 2021 visade en avkastning på 3,9 ton rörflen per hektar.

Resultaten från förbränningsförsöken i värmeverket hos Borås Energi och Miljö visade att emissionerna och beläggningarna påverkas marginellt av att blanda in en mindre andel rörflen alternativt halm och slam i trädbränslemixen. Vid en inblandning på mindre än 10 % har både halm och rörflen förutsättningar att vara ett komplement till trädbränslena utan att orsaka problem i pannan eller inmatningen. Att återta odling i tidigare oproduktiva (övergivna) torvmarker bidrar dessutom till en minskning av växthusgasemissioner och till livsmedel- och materialsäkerheten, särskilt under år med torka.

1 Inledning

Sverige har areella överskottsytor och betydande andel lantbruksbaserade restprodukter som mer än idag, skulle kunna komplettera livsmedelsproduktionen genom produktion av bioenergi. Hittills har bioenergi från lantbruket varit mycket begränsad i jämförelse med produktionen från skogen. Det finns dock flera exempel på lyckade lönsamma satsningar inom olika värdekedjor [1-5] och dessa kan bli fler men det krävs att produktion av bioenergi kan generera flera olika nyttor. Tex att energiproduktion i form av värme, el eller drivmedel kan kombineras med framställning av växtnäring och hantering av samhällets restprodukter. Samhället står inför en allt större utmaning när det gäller att sluta kretslopp och ta hand om avfall och restprodukter samt framställa växtnäring utan fossilberoende. Samtidigt måste produktion och användning anpassas till ökade miljö och hållbarhetskrav.

Fosfor är ett ändligt makronäringsämne som utgör en livsviktig resurs för människan, djur och livsmedelsförsörjningen. Tillgångarna på fosfor är begränsande då resurserna världen över minskar. Återföringen av fosfor med avloppsslam till åkermark är en omdiskuterad fråga men det finns möjliga lösningar på avsättningen för slammet där energigrödor/restprodukter från lantbruket kan få en betydande roll. Återföring av avloppsslam/rötslam direkt till åkermark sluter en del av fosforkretsloppet men att återföra all växtnäring till närliggande odlingsmark genom återvunnet organiskt avfall är inget realistiskt alternativ för många städer i dag. Allt tyder på att aska kommer att vara den huvudsakliga restprodukten från större städer i framtiden. Bearbetning av aska och utvinning av näringsämnen blir därför ett viktigt steg för att sluta samhällets näringskretslopp. Tidigare forskning vid Umeå och Luleå universitet, har visat att sameldning av slam och kaliumrika biobränslen, såsom halm, under vissa driftbetingelser kan återvinna mer än 80 % av det fosfor och kalium som finns i slammet. De fosfater som då bildas har både visat sig vara växttillgängliga och samtidigt vara motståndskraftiga mot urlakning vilket minskar risken för fosforläckage från jordbruksmark [6-8]. Slam har dessutom genom sitt oorganiska innehåll en positiv effekt vid sameldning med biobränslen som t.ex. halm och rörflen som har höga alkalihalter då den bidrar till minskade driftsproblem vilket möjliggör högre drifttemperaturer och därmed bättre energiutvinning i förbränningsprocessen. Slam får idag bara eldas i godkända avfallspannor samt pannor godkända för samförbränning. Det finns idag ett ganska stort antal samförbränningsanläggningar som har tillstånd att elda returflis och andra avfallsklassade biobränslen vilket gör att det finns potential i många kommuner att även samelda slam med biobränsle.

Idén med detta projekt var att utveckla och tillämpa en modell i full skala där energigrödor, rötat avloppsslam och aska ingår i ett kretslopp. Bakgrunden är att energibolaget Borås Energi och Miljö vill undersöka förutsättningarna att använda energigrödor i sin bränslemix i kombination med att använda rötat avloppsslam som gödning på odlingarna eller som inblandning i bränslemixen. Detta för att öka återvinningen av fosfor.

1.1 Syfte och mål

Det övergripande syftet med projektet var att skapa förutsättningar för energigrödor som rörflen och salix samt restprodukter från lantbruket, att ingå i kretslopp som ger en lönsam produktion genom direkt gödsling med rötat slam och genom sameldning av biomassa och slam samt återvinning av fosforrik aska.

Delmål i projektet var:

- Att i samarbete med lantbruket etablera en energigrödeodling motsvarande 20-25 ha i närheten av Borås Energi och Miljö.
- Att gödsla energiodlingen med kontrollerat och dokumenterat rötat slam från avloppsverket, skörda och leverera bränsle till kraftvärmepannan i Borås.
- Att återvinna fosfor ur slam genom att förbränna slam tillsammans med energigrödor/restprodukter (halm) och därefter återcirkulera kontrollerad aska till närliggande åker och skogsmark.
- Att undersöka förutsättningarna för en utveckling av befintliga odlingar av energigrödor i Boråsområdet.
- Att kommunicera resultaten till lantbrukare, kommuner, energibolag och branschorganisationer för att nå relevanta intressenter.

2 Etablering, skötsel och skörd av rörflensodlingen

2.1 Etablering år 1

Arbetet och anlägga en rörflensodling har genomförts av Lundby Maskinstation och påbörjades sommaren 2017. Marken är en tidigare odlad torvmark i Marieberg utanför Tidaholm som legat i träda i minst 20 år (figur 1). Arealen består av ca 30 ha som kan lämpa sig för odling av rörflen, 8 ha söder om och 20 ha norr om väg 193. Totalt etablerades ca 20 ha rörflen 2017. Eftersom marken varit obrukad många år krävdes kalkning, dikning och dränering innan sådd (figur 2). Totalt tillfördes ca 3,2 ton kalk per hektar innan plöjning.



Figur 1. Marken innan restaurering 2017. Figur 2. Förberedelse dikning, 2017.

Innan sådd gödslades odlingen med ca 340-360 ton rötat slam från avloppsverket i Borås. Slammet från avloppsreningsverket avvattades med hjälp av centrifugering och rötades under ca 25 dygn. Tabell 1 visar årsmedelvärden för 2017 av de ämnen som finns i slammet från Gässlösa reningsverk. Den framtida avvattade rötresten från rötningsanläggningen i den nya anläggningen är av relativt likvärdig kvalitet som det använda slammet på odlingen. Röttningsprocessen är densamma som på Gässlösa (termofil rötning). Avvattning skall ske till minst 28 % TS. Anläggningen har dock en bättre reningsgrad vilket kan innebära ökade halter av metaller i slammet. Merparten av slammet i Borås går idag till förbränning i avfallspannan och en viss del går till anläggningsjord.

Odlingen såddes in med 17 kg rörfenfrö per hektar av ospecificerad sort från Lantmännen.

Tabell 1. Årsmedelvärden för 2017 av de ämnen som finns i slammet från Gässlösa reningsverk.

Förening	Gränsvärde	Enhet	
Hg	2,5	mg/kg TS	0,44
Cd	2	mg/kg TS	0,56
Pb	100	mg/kg TS	11
Cr	100	mg/kg TS	28
Ni	50	mg/kg TS	23
Cu	600	mg/kg TS	260
Ag		mg/kg TS	1,3
Zn	800	mg/kg TS	575
Nonylfenol	50	mg/kg TS	7,85
PAH	3,0	mg/kg TS	0,61
PCB	0,4	mg/kg TS	0,025
Sb		mg/kg TS	2,8
Sn		mg/kg TS	15
K		g/kg TS	2
Ca		g/kg TS	22
Mg		g/kg TS	2
N-kj		g/kg TS	43
NH ₄ -N		g/kg TS	13
P-tot		g/kg TS	33
TS		%	21
Glödrest		% av TS	36
pH		-	7
Bi		mg /kg TS	3,4



Figur 3. Sådd av rörflen 17 kg frö/ha, augusti 2017. Figur 4. Rörflen september 2017.

2.2 Gödsling år 2 till 4

I juni 2018 gödslades odlingen med 10,5 ton NK 22-12 motsvarande 80-100 kg kväve. 2019 och 2020 fick odlingen 300 kg Axan och 2021, 350 kg Axan. 70 kg Kalisalt tillfördes 2020 och 2021.

2.3 Skörd år 2 till 4

I slutet på juli 2018 slogs rörflenet av och pressades med rundbalspress och plastades för att levereras som foder. Materialet bestod av mest ogräs och rörflenstrå (lite blad). 2019 genomfördes den första vårskörden vilket resulterade i ca 40 balar som levererades till Borås Energi och Miljö. 2020 ökade skörden till 82 balar vilket motsvarade 31 ton (figur 5 och 6). Efter ytterligare ett års tillväxt så ökade skörden 2021 till 180 balar vilket vägde 77 ton och motsvarar en avkastning på 3,9 ton per hektar. Vid nästa skörd 2022 förväntas avkastningen ha ökat ytterligare då tillväxten varit god senaste året (figur 7). Rörflenets rotsystem är bra utvecklad som beskrevs vid ett profilanspråk, se sidan 26. Den kemiska sammansättningen på rörflenet 2020 kan ses i tabell 2.



Figur 5. Vårskörda av rörflen 2020.



Figur 6. Rundbalspressning 2020.



Figur 7. Rörflen November 2021.

Tabell 2. Kemisk sammansättning på rörflen vid provtagning 2019 och 2020.

Kemisk sammansättning	Rörflen från Marieberg våren 2019	Rörflen från Marieberg våren 2020
Effektiva värmevärdet MJ/kg TS	18,2	18,4
Effektiva värmevärdet MJ/kg	16,4	15,4
Fukthalt %	9,2	14,3
Askhalt % TS	3,1	4,1
Svavel % TS	0,22	0,16
Klor % TS	0,045	0,071
Kol % TS	48,5	48,4
Väte % TS	5,8	5,7
Kväve % TS	1,40	1,62
Syre %	40,9	40,0
Aluminium mg/kg TS	100	400
Antimon mg/kg TS	<0,44	<0,44
Arsenik mg/kg TS	<0,11	0,68
Barium mg/kg TS	29	33
Beryllium mg/kg TS	<0,11	<0,11
Bly mg/kg TS	0,067	0,92
Bor mg/kg TS	<11	<11
Fosfor mg/kg TS	1300	1400
Järn mg/kg TS	210	820
Kadmium mg/kg TS	<0,022	0,063
Kalcium mg/kg TS	5000	4300
Kalium mg/kg TS	1900	2100
Kobolt mg/kg TS	<0,044	0,28
Koppar mg/kg TS	10	9,6
Krom mg/kg TS	0,30	5,0
Kviksilver mg/kg TS	<0,022	0,026
Magnesium mg/kg TS	1400	880
Mangan mg/kg TS	640	390
Molybden mg/kg TS	0,25	1,5
Natrium mg/kg TS	140	300
Nickel mg/kg TS	0,14	2,6
Tenn mg/kg TS	<0,11	0,52
Titan mg/kg TS	<11	31
Vanadin mg/kg TS	<0,11	1,6
Zink mg/kg TS	75	78
Kisel mg/kg TS	6300	9700

2.3.1 Test med Pistenbully greentech

Frågan om bärighet är ofta aktuell när den torra skörden ska bärgas på våren. Även om rörflenhalmen är torr kan marken vara blöt och svår att köra på. Våren 2020 var besvärlig med mycket nederbörd, våt mark och dålig bärighet varför ett skörde försök med en bandgående maskin genomfördes.

Maskinen, var en ombyggd pistmaskin med frontmonterad slaghack och rundbalpress bak på maskinen (figur 8). Under provkörningen visade det sig att den torra biomassan av rörflen trasades sönder, dels i slaghacken men sedan också i rundbalpressen där biomassan tumlade rund och sönderdelades ännu mer. Den allra största delen av den torra biomassan blev därmed så sönderdelad att den blåste och ramlade igenom de springor som fanns i maskinen. Det blev ett mycket lättflyktigt bossmoln som virvlade runt maskinen. Eftersom avgasröret blev varmt och andra utrymmen runt motorn så utbröt en mindre brand som snabbt släcktes med brandsläckare. Försöken kunde därför inte fortsätta på grund av brandrisken. Resultatet visade att den tänkta lösningen med rundbalpress inte fungerade i detta material. Det hade troligen varit bättre med en behållare där materialet hade samlats och körts till fältkanten.



Figur 8. Pistenbully greentech bandgående skördemaskin.

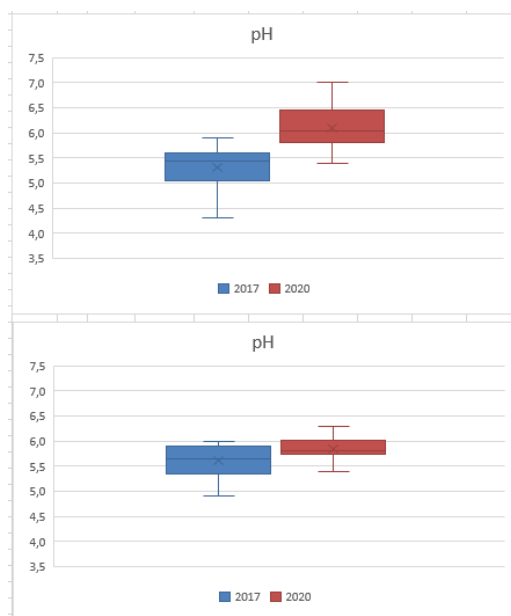
2.4 Jordprovtagning och analys

Jordprover (blandprov av torv från 0-30 cm) har tagits med en borr söder och norr om väg 193 vid två tillfällen, 2017 innan etablering och slamgödsling samt våren 2020 (figur 9). Analyserna av pH, P-AL, K-AL, Mg-AL, K/Mg-AL, Ca-AL, Al-AL, Fe-AL, K-HCl, P-HCl, Cu-HCl, Volymvikt, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V och Zn gjordes genom Agrilab AB och Eurofins Environment Testing Sweden AB.

Organogena marker, särskilt dränerade mossar, har ofta ett lågt pH värde (3-5). Därför behöver man kalka dessa marker för att öka t.ex. fosfors tillgänglighet och därmed får en positiv skördeeffekt. Resultaten visar tydligt att gödslingen och kalkningen höjde pH värdet (median) från under 5,5 till över 6; mer i den norra delen än i den södra (figur 10). Marken är därmed bra buffrad emot surgörande gödselmedel.

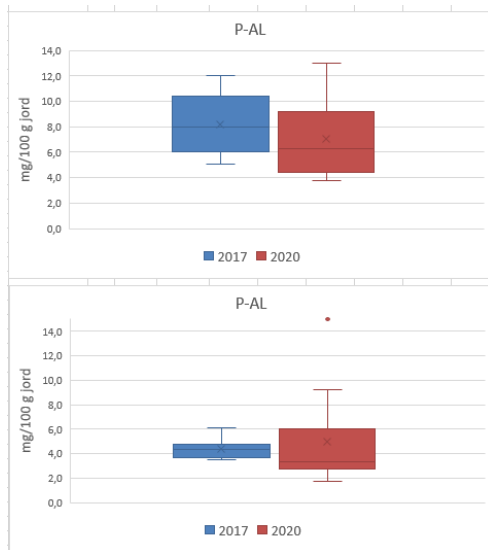


Figur 9. Provtagning av jordprover söder och norr om väg 193.



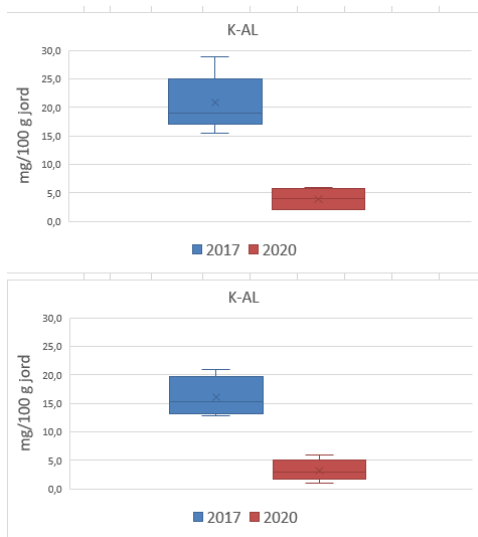
Figur 10. pH-värde före slamgödsling 2017 och i odling 2020 från norra (övre bild) och södra (nedre bild) fältet.

Rörflenodlingen's försörjning med lättillgänglig fosfor (P-Al) är bra till mycket bra (5-12 mg/100 g jord) i norra delen av försöket även om en minskning har skett mellan 2017 och 2020 (figur 11). Det beror på att rörflen har tagit upp den lättillgängliga fosfor. Om växterna tar upp mer näring (och som bortförs vid skörden) än som har gödslats minimeras t.ex. utsläppet av kväve och fosfor till andra ekosystem och till atmosfären (N_2O och CO_2) [9]. På södra delen av försöket är P-Al försörjning i klass II (2,1-4 g/100 g jord) i beskrivningen av P-tillståndet för båda åren. Här bör fosfor-givan ökas för att säkerställa P-tillgången för grödorna i nästa vegetationsperiod. Det fanns gott om P-bindningspartner (Ca, Al och Fe) i marken. Det tyder på att fosfor kan hålla sig i rotzonen (och är tillgänglig till växterna) utan att lakas ut och eutrofiera angränsade vatten.

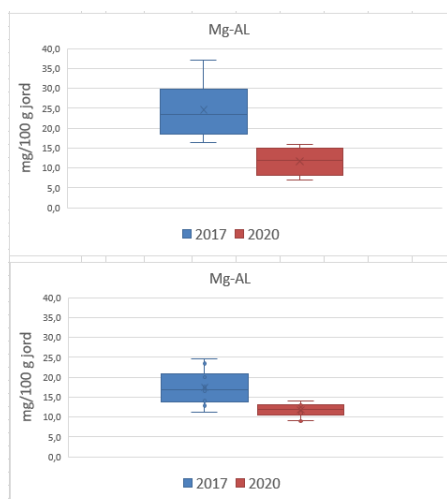


Figur 11. Lättillgänglig Fosfor (P-AL) före slamgödsling 2017 och i odling 2020 från norra (övre bild) och södra (nedre bild) fältet.

Även om rörflenodlingen hade en bra försörjning på Kalium (figur 12) och Magnesium (figur 13) 2017, så råder det brist på just de näringsämnena (mer för Kalium) 2020. Kalium är den limiterade faktorn för växligheten på dränerade torvmarker (inga lermineraller) och en minskad K gödsling skulle leda till en signifikant utarmning av labila K reserver i marken.

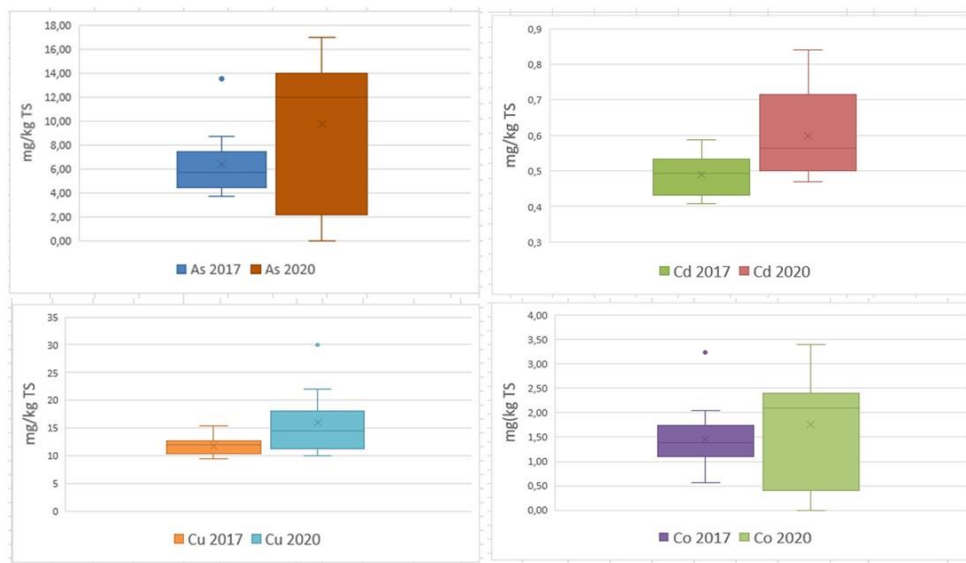


Figur 12. Lättillgänglig Kalium (K-AL) före slamgödsling 2017 och i odling 2020 från norra (övre bild) och södra (nedre bild) fältet.



Figur 13. Lättillgänglig Magnesium (Mg-AL) före slamgödsling 2017 och i odling 2020 från norra (övre bild) och södra (nedre bild) fältet.

Metaller är essentiella näringsämnen och viktiga för växligheten. I mineraljordar är innehållet av metaller oftast tillräckligt. Det är inte fallet i orogena marker (dock mer i kärrar än i mossar) och därför bidrar gödsling till ökande växtlighet. En hög koncentration av metaller kan dock vara toxisk för organismer och kan förorena mark och vatten. Därför är kännedom av markkemin en viktig faktor innan gödslingen sker. Slamgödslingen ska vara avstämd med pH värdet eftersom grödans upptag av metaller minskar beroende på pH värdet och därmed leder till näringsbrist i skördeprodukten och samtidigt till höga halter i marken. Slamgödslingen ökade koncentrationen av de undersökta metallerna Arsenik, Kadmium, Koppar och Kobolt i marken 2017–2020 (figur 13). Den riktade högsta gränsen av koncentrationen har överskridits för Cd och Co inom rekommendationerna för gödsling och kalkning [10] dock är koncentrationerna långt ifrån Naturvårdsverkets generella riktvärden för förorenad mark (2016) [11]. Halterna av samtliga undersökta metaller (As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V och Zn) i marken är lägre än halterna i det gödslade slammet (tabell 1). Markens metallhalter bör kontrolleras innan en ny giva av avloppsslam eller aska sprids i framtiden.



Figur 14. Halt av tungmetaller Arsenik, Kadmium, Koppar och Kobolt i marken före slamgödsling 2017 och i odling 2020 från norra fältet.

Sammanfattningsvis kan det konstateras att den tidigare övergivna dränerade torvmarken har blivit en produktiv rörflenodling med en bra försörjning på fosfor och fosforbindande näringsämnen, mikronäringsämnen och andra livsnödvändiga ämnen (metaller som spårämnen). Genom gödsling och kalkning har pH värdet ökat som är en förutsättning för odlingsaktiviteter på sura torvmarker. Om gödslingen med kalium och magnesium inte görs årligen, kan det bli brist på dessa viktiga växtnäringsämnen. Halten av metaller bör kontrolleras innan en ny slamgödslingsgiva tillförs.

En profilbeskrivning klassade marken som en hög humifierad torvmark över hela det organiska profildjupet. Basen är gytta över lera. Att återta odling i tidigare oproduktiva (övergivna) torvmarker bidrar till en minskning av växthusgasemissioner och till livsmedel- och materialsäkerheten, särskilt under år med torka.

3 Förbränning av rörflen, halm och slam i värmeverket

Två förbränningstester med energigrödor/restprodukter har genomförts. Syftet med första försöket har varit att undersöka förutsättningarna att förbränna slam tillsammans med halm och trädbränsle för att kunna återcirkulera askan till närliggande åker och skogsmark. Fördelen med att förbränna slammet är att det blir en termisk destruktion av läkemedelsrester och smittoämnen i askan som bildas. För att förbränna slam krävs en panna som är godkänd för det och Borås Energi och Miljö fick därför dispens från Länsstyrelsen att elda slam på försök i biobränslepannan.

Syftet med det andra försöket var att undersök förutsättningarna att förbränna rörflen från slamgödslade odlingar tillsammans med trädbränslen.

3.1 Framtagning av bränslemix med halm, slam och trädbränsle

Förbränningstest har genomförts med en bränslemix bestående av 90 vikts-% stamvedsflis, 5 vikts-% kornhalm och 5 vikts-% rötat avloppsslam. En mix som motsvarar ett lämpligt framtida årsbehov i Borås Energi & Miljö:s nya kraftvärmeanläggning.

Lundby maskinstation har levererat halmen. Sönderdelning och blandning av bränslena har genomförts på Sobacken i Borås. Sönderdelningen utfördes av Starks Flis med en kross av typen CBI 6400 Magnum Force. Vassa tänder användes i två av fyra rader i krosscylindern. Vid sönderdelning lastades fyra-fem små gripklor med stamved som krossades och därefter så lastades ca en fjärdedels halmbal i krossen följt av fyra-fem nya gripklor med ved (figur 15). Avloppsslammet levererades i containerflak och tippades vid sidan av flis/halmhögen och blandades sedan med skopa i flis/halmhögen (figur 16).



Figur 15. Sönderdelning av stamved och rörfen.



Figur 16. Avloppsslammet levererades i containerflak och tippades vid sidan av flis/halmhögen och blandades med skopa.

3.2 Förbränningstest av bränslemix med halm och slam

Bränslemixen levereras till Ryaverket i Borås för förbränningstest i deras biobränslepannor, två pannor med planrost på 65 MW vardera. Som referensbränsle användes ren stamvedsflis.

I biobränsleångpannorna förbränns skogsflis för att värma vatten till ånga. Ångan håller cirka 500°C och har 50 bars tryck när den lämnar pannan. Den används sedan till att driva två ångturbiner. Vid full last förbränns cirka 150 m³ biobränsle i timmen i de båda pannorna. Askan från förbränningen återförs till naturen.

Två stycken försök genomfördes om ca 24 h vardera varav mätningar utfördes under dagtid (08.00-16.00). Rökgaserna analyserades med avseende på SO₂, THC NO_x, CO, CO₂, O₂ och stoft.

Under samtliga försök bestämdes beläggningstillväxten på en simulerad överhettartub under 4 h. Beläggningstillväxten kvantifierades med hjälp av en luftkyld sond med löstagbara provringar. Den kylda yttemperaturen på respektive provring ställdes in på 450, 500 och 550 °C och bibehölls under hela provtiden. Bränsleprov och flygaskprov togs ut 3 gånger under provperioden för varje försök och ett generalprov sammanställdes efter varje försök. Proverna analyserades enligt standardmetoder på Eurofins:s ackrediterade bränslelaboratorium.

Resultatet från mätningarna visas i tabell 3 och figur 18 och resultaten från bränsle och askprover kan ses i tabell 4-6.

Av resultaten framgår att emissionerna påverkas marginellt av att blanda in små andelar (<10 %) halm och slam i bränslemixen. Som framgår av tabellen så sjunker CO något och stoft ökar något pga den ökade askhalten. Beläggningstillväxten ökar inte av att blanda in halm och slam i bränslet.

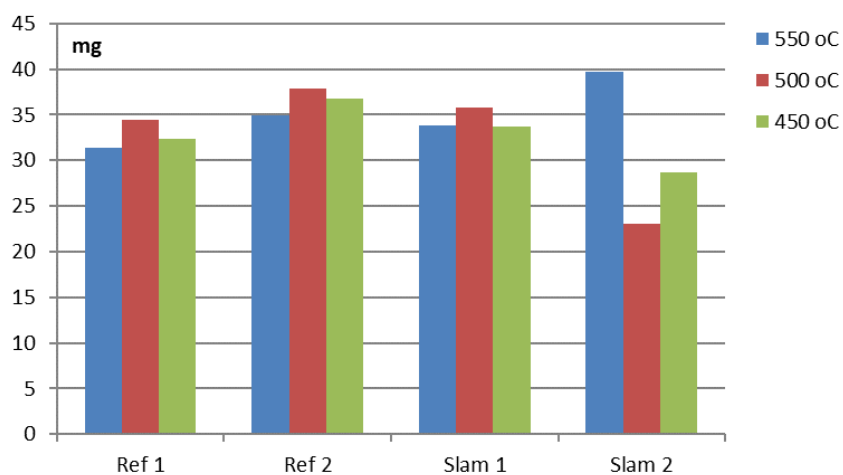
Av bränsle och askanalyserna framgår att innehållet av näringsämnen som kalium och fosfor ökar något i slam/halmmixen. Genom att blanda in slam ökar även halten av vissa tungmetaller.



Figur 17. Mätningar av emissioner vid förbränning av en bränslemix av trädbränsle, halm och slam.

Tabell 3. Medelvärden för uppmätta gaskoncentrationer i orenad rökgas.

	Stamved mg/nm ³ 6% O ₂	Slammix mg/nm ³ 6% O ₂
O ₂	11,1 %	10,5 %
CO ₂	9,5 %	10,0 %
CO	730	338
SO ₂	4,8	2,8
NO	66	78
THC	1,8 ppm	4,8 ppm
Stoft	315	510



Figur 18. Uppmätt beläggningstillväxt på provringarna.

Tabell 4. Kemisk sammansättning på bränslet som användes vid försöken.

Bränsleprov	100 % Stamved	90 % stamved, 5 % halm, 5 % slam	90 % stamved, 5 % halm, 5 % slam
Effektiva värmevärdet MJ/kg TS	18,7	18,4	18,4
Effektiva värmevärdet MJ/kg	9,9	9,3	9,0
Fukthalt %	41,9	44,1	45,3
Askhalt % TS	0,7	2,1	2,2
Svavel % TS	0,027	0,034	0,042
Klor % TS	0,011	0,022	0,040
Kol % TS	50,4	49,7	49,5
Väte % TS	5,9	6,0	5,6
Kväve % TS	0,16	0,20	0,22
Syre %	42,8	41,9	42,4
Aluminium mg/kg TS	32	580	750
Antimon mg/kg TS	<0,022	<0,022	<0,022
Arsenik mg/kg TS	<0,055	0,19	0,098
Barium mg/kg TS	28	29	29
Beryllium mg/kg TS	<0,055	<0,053	<0,055
Bly mg/kg TS	0,89	1,4	1,9
Bor mg/kg TS	<5,5	<5,3	<5,5
Fosfor mg/kg TS	120	490	580
Järn mg/kg TS	35	450	490
Kadmium mg/kg TS	0,11	0,16	0,17
Kalcium mg/kg TS	2000	3100	3300
Kalium mg/kg TS	990	1700	1700
Kobolt mg/kg TS	0,15	0,26	0,33
Koppar mg/kg TS	2,6	4,7	4,7
Krom mg/kg TS	0,54	4,5	3,1
Kviksilver mg/kg TS	<0,022	<0,022	<0,022
Magnesium mg/kg TS	250	390	400
Mangan mg/kg TS	120	120	92
Molybden mg/kg TS	0,06	0,79	0,35
Natrium mg/kg TS	<55	93	91
Nickel mg/kg TS	0,42	2,1	1,7
Tenn mg/kg TS	0,12	0,16	0,18
Titan mg/kg TS	<11	34	35
Vanadin mg/kg TS	0,073	0,79	1,1
Zink mg/kg TS	18	41	39
Kisel mg/kg TS	<550	3700	3500

Tabell 5. Kemisk sammansättning på bottenaskan från förbränningsförsöken.

Bottenaska	Stamved Dag 1	Stamved/halm/slam Dag 2
Oförbränt %	3,9	1,6
Klor % TS	0,05	0,06
Svavel % TS	0,3	0,3
Aluminium mg/kg TS	48 000	64 000
Antimon mg/kg TS	3,7	<2,6
Arsenik mg/kg TS	4,6	3,2
Barium mg/kg TS	1500	1300
Beryllium mg/kg TS	<2,6	<2,6
Bly mg/kg TS	59	36
Bor mg/kg TS	85	54
Fosfor mg/kg TS	8500	14 000
Järn mg/kg TS	21 000	22 000
Kadmium mg/kg TS	1,3	0,91
Kalcium mg/kg TS	110 000	98 000
Kalium mg/kg TS	54 000	66 000
Kobolt mg/kg TS	10	11
Koppar mg/kg TS	210	140
Krom mg/kg TS	170	52
Kviksilver mg/kg TS	<0,046	<0,046
Magnesium mg/kg TS	17 000	15 000
Mangan mg/kg TS	8000	5400
Molybden mg/kg TS	<21	<21
Natrium mg/kg TS	18 000	19 000
Nickel mg/kg TS	35	28
Tenn mg/kg TS	3,4	5,9
Titan mg/kg TS	2200	2300
Vanadin mg/kg TS	41	46
Zink mg/kg TS	440	310
Kisel mg/kg TS	220 000	220 000

Tabell 6. Kemisk sammansättning på flygaskan från förbränningsförsöken.

Flygaska	Stamved Dag 1	Stamved/halm/slam Dag 2
Oförbränt %	10,4	4,2
Klor % TS	1,86	1,12
Svavel % TS	2,9	1,8
Aluminium mg/kg TS	20 000	41 000
Antimon mg/kg TS	9,3	6,1
Arsenik mg/kg TS	29	15
Barium mg/kg TS	1900	1600
Beryllium mg/kg TS	<2,6	<2,6
Bly mg/kg TS	250	160
Bor mg/kg TS	310	240
Fosfor mg/kg TS	17 000	22 000
Järn mg/kg TS	15 000	21 000
Kadmium mg/kg TS	18	12
Kalcium mg/kg TS	180 000	160 000
Kalium mg/kg TS	80 000	94 000
Kobolt mg/kg TS	12	14
Koppar mg/kg TS	250	240
Krom mg/kg TS	70	68
Kviksilver mg/kg TS	0,72	0,46
Magnesium mg/kg TS	26 000	24 000
Mangan mg/kg TS	14 000	10 000
Molybden mg/kg TS	<21	<21
Natrium mg/kg TS	13 000	14 000
Nickel mg/kg TS	50	47
Tenn mg/kg TS	14	12
Titan mg/kg TS	1500	2200
Vanadin mg/kg TS	34	47
Zink mg/kg TS	4600	3000
Kisel mg/kg TS	62 000	120 000

3.3 Framtagning av bränslemix med rörflen, stamvedsflis och grot

Förbränningstest har genomförts med en bränslemix bestående av 5 vikts-% stamvedsflis, 5 vikts-% rörflen och 90 vikts-% grot.

Lundby maskinstation har levererat rörflen. Sönderdelning och blandning av bränslena har genomförts på Sobacken i Borås. Stamveden och rörflen krossades tillsammans i samma kross och blandades sedan med krossad grotflis.

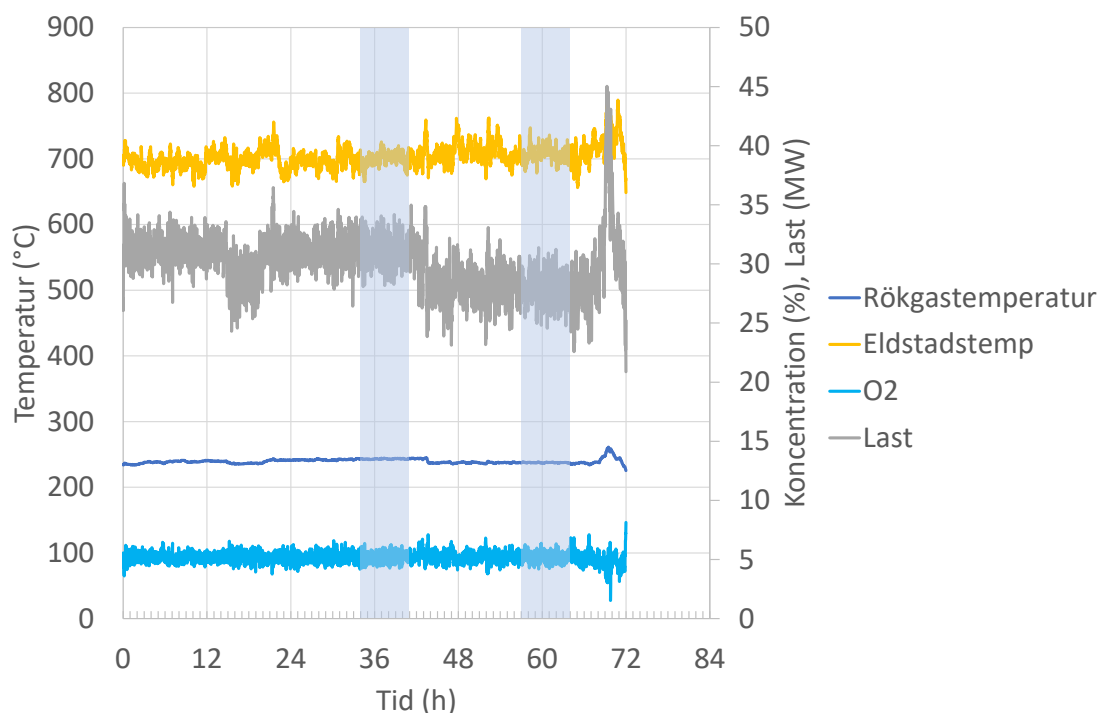
3.4 Förbränningstest av bränslemix med rörflen grot och stamvedsflis

Bränslemixen levereras till Ryaverket i Borås för förbränningstest i en av deras biobränslepannor, en planrost på 65 MW. Som referensbränsle användes en mix av grot (90 %) och stamvedsflis (5 %).

Två försök genomfördes om ca 24 h vardera varav mätningar utfördes under dagtid (08.00-16.00). Rökgaserna analyserades med avseende på SO_2 , HCl, NO_x , CO, CO_2 , O_2 och stoft. Under mätningarna var ångsotning av överhettare avstängd medan kulsotningen av ekonomisern gick var 40:e minut.

Under samtliga försök bestämdes beläggningstillväxten på en simulerad överhettartub under ca 3 h. Beläggningstillväxten kvantifierades genom vägning av provringar monterade på en luftkyld sond. Ytemperaturen på sonden ställdes in på 500 °C och bibehölls under hela provtiden. Bränsleprov och flygaskprov togs ut 3 gånger under provperioden för varje försök och ett generalprov sammanställdes efter varje försök. Proverna analyserades enligt standardmetoder på Eurofins:s ackrediterade bränslelaboratorium.

Resultatet från mätningarna visas i tabell 7 och figur 19-20 och resultaten från bränsle och askprover kan ses i tabell 8-10. Av resultaten framgår att inga större förändringar i emissioner kan ses vid inblandning av rörflen. Även bränsle och askanalyserna visades små skillnader.

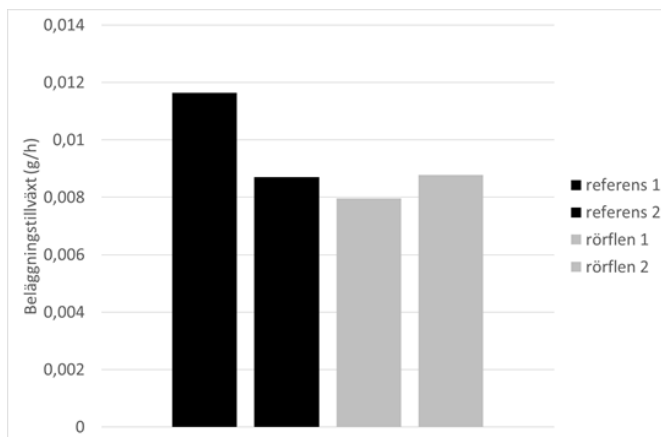


Figur 19. Driftdata (211115 kl 00 – 211117 kl 24) med tiderna för mätningar och provtagningar markerade.

Tabell 7. Medelvärden för uppmätta gaskoncentrationer i orenad rökgas.

	Trädbränsle (ref)	Rörflensmix
O ₂	9,5 %	9,3 %
CO	262 mg/Nm ³ 6% O ₂	246 mg/Nm ³ 6% O ₂
CO ₂	13,7 %, 6% O ₂	14,5%, 6% O ₂
SO ₂ ²	0,3 mg/Nm ³ 6% O ₂	1 mg/Nm ³ 6% O ₂
HCl ²	0,32 mg/Nm ³ 6% O ₂	0,54 mg/Nm ³ 6% O ₂
NO _x	87 mg/Nm ³ 6% O ₂	90 mg/Nm ³ 6% O ₂
Stoft ¹	325 mg/Nm ³ (6 % O ₂)	323 mg/Nm ³ (6 % O ₂)

¹ Medelvärde av två prov. ² medelvärde av tre prov



Figur 20. Uppmätt beläggningstillväxt på provringarna.

Tabell 8. Kemisk sammansättning på bränslet som användes vid försöken.

Bränsleprov	90 % grot, 5 % stamved	90 % grot, 5 % rörflen, 5 % stamved
Effektiva värmevärdet MJ/kg TS	20,5	19,3
Effektiva värmevärdet MJ/kg	11,3	9,0
Fukthalt %	45,2	47,8
Askhalt % TS	1,3	2,1
Svavel % TS	0,7	0,03
Klor % TS	<0,01	0,01
Kol % TS	49,6	48,9
Väte % TS	5,6	5,5
Kväve % TS	0,39	0,44
Syre %	43,1	43,0
Aluminium mg/kg TS	440	660
Antimon mg/kg TS	<0,20	<0,20
Arsenik mg/kg TS	0,24	<0,20
Barium mg/kg TS	42	47
Beryllium mg/kg TS	<0,40	<0,40
Bly mg/kg TS	2,2	0,85
Bor mg/kg TS	7,8	8,6
Fosfor mg/kg TS	350	430
Järn mg/kg TS	230	310
Kadmium mg/kg TS	0,23	0,17
Kalcium mg/kg TS	3500	3700
Kalium mg/kg TS	1600	1900
Kobolt mg/kg TS	0,28	0,31
Koppar mg/kg TS	4,7	3,8
Krom mg/kg TS	4,8	4,5
Kviksilver mg/kg TS	<0,080	<0,080
Magnesium mg/kg TS	530	580
Mangan mg/kg TS	370	360
Molybden mg/kg TS	<0,40	<0,40
Natrium mg/kg TS	200	280
Nickel mg/kg TS	2,6	2,4
Tenn mg/kg TS	<0,20	<0,20
Titan mg/kg TS	<0,50	66
Vanadin mg/kg TS	0,60	1,1
Zink mg/kg TS	49	45
Kisel mg/kg TS	1700	2900

Tabell 9. Kemisk sammansättning på bottenaskan från förbränningsförsöken.

Bottenaska	90 % grot, 5 % stamved	90 % grot, 5 % rörflen, 5 % stamved
Oförbränt %	<0,1	<0,1
Klor % TS	<0,02	<0,02
Svavel % TS	<0,2	<0,2
Aluminium mg/kg TS	45 000	57 000
Antimon mg/kg TS	4,1	0,22
Arsenik mg/kg TS	1,1	<0,2
Barium mg/kg TS	1900	1500
Beryllium mg/kg TS	1,3	1,6
Bly mg/kg TS	51	11
Bor mg/kg TS	79	44
Fosfor mg/kg TS	12 000	6900
Järn mg/kg TS	15 000	20 000
Kadmium mg/kg TS	<0,05	<0,10
Kalcium mg/kg TS	130 000	79 000
Kalium mg/kg TS	63 000	49 000
Kobolt mg/kg TS	8,9	9,1
Koppar mg/kg TS	73	36
Krom mg/kg TS	63	53
Kviksilver mg/kg TS	<0,080	<0,080
Magnesium mg/kg TS	22 000	15 000
Mangan mg/kg TS	14 000	6900
Molybden mg/kg TS	2,6	2,5
Natrium mg/kg TS	18 000	22 000
Nickel mg/kg TS	25	18
Tenn mg/kg TS	1,3	1,4
Titan mg/kg TS	2000	2600
Vanadin mg/kg TS	33	53
Zink mg/kg TS	32	46
Kisel mg/kg TS	18 000	18 000

Tabell 10. Kemisk sammansättning på flygaskan från förbränningsförsöken.

Flygaska	90 % grot, 5 % stamved	90 % grot, 5 % rörflen, 5 % stamved
Oförbränt %	7,8	0,9
Klor % TS	0,72	<0,02
Svavel % TS	1,4	<0,2
Aluminium mg/kg TS	21 000	54 000
Antimon mg/kg TS	2,3	0,52
Arsenik mg/kg TS	3,9	0,96
Barium mg/kg TS	2000	1500
Beryllium mg/kg TS	0,68	1,4
Bly mg/kg TS	56	17
Bor mg/kg TS	280	52
Fosfor mg/kg TS	15 000	7700
Järn mg/kg TS	12 000	19 000
Kadmium mg/kg TS	11	0,51
Kalcium mg/kg TS	170 000	80 000
Kalium mg/kg TS	82 000	49 000
Kobolt mg/kg TS	11	8,1
Koppar mg/kg TS	130	52
Krom mg/kg TS	45	68
Kviksilver mg/kg TS	<0,08	<0,08
Magnesium mg/kg TS	24 000	14 000
Mangan mg/kg TS	17 000	7400
Molybden mg/kg TS	6,4	3,6
Natrium mg/kg TS	11 000	22 000
Nickel mg/kg TS	38	21
Tenn mg/kg TS	5,5	1,3
Titan mg/kg TS	1600	1900
Vanadin mg/kg TS	29	40
Zink mg/kg TS	2600	160
Kisel mg/kg TS	95 000	31 000

3.5 Gödsling med aska

Att sprida aska på åkermark kan vara ett alternativ för att tillföra näringsämnen, framför allt fosfor (P) och kalium (K). Askans ursprung har betydelse för vilken näring den innehåller och på vilken mark det är lämpligt att sprida den. Exempelvis är det bättre näringsvärden av framförallt fosfor och Kalium i aska från halm och gräs jämfört med aska från skogsbränsle. Tillförs dessutom slam till bränslmixen så ökar fosforhalten ytterligare.

För att en aska ska vara intressant att sprida på åkermark får halten av tungmetaller i förhållande till näringsinnehållet inte vara för hög. Det är också anledningen till att aska från trädbänsle vanligtvis inte sprids på åkermark.

Vid Luleå tekniska universitet och Umeå universitet har forskning kring askor pågått många år. Här pågår bl.a forskning kring möjligheten driva av tungmetallerna i askan under förbränningsprocessen och producera en aska mer rik på näringsämnen. För att möjliggöra detta krävs en preparering av bränslet. LTU kommer 2022 starta upp ett nytt projekt med syfte att sambrikettera och förbränna vårskördad rörflen och höstskördad

halm med hygeniserat slam (lagrat och självtorkat på deponi). Därtill undersöka förutsättningarna att under förbränningen producera en askbrikett rik på näringsämnen och samtidigt driva av signifikanta andelar tungmetaller.

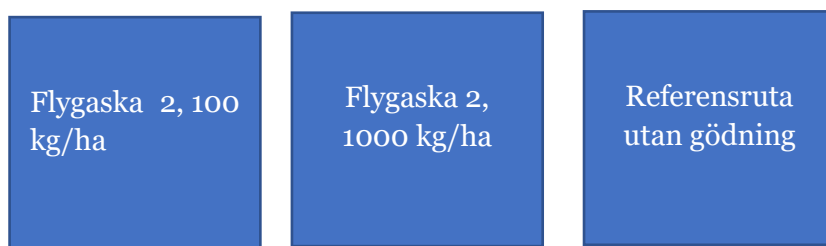
Enligt Jordbruksverket så är mängden fosfor som du får tillföra åkermarken via aska inte reglerat i Jordbruksverkets föreskrifter om miljöhänsyn i jordbruket vad avser växtnäring (SJVFS 2004:62) eftersom aska inte är ett organiskt gödselmedel.

För att uppfylla de allmänna hänsynsreglerna måste man dock kunna redogöra för hur man har kommit fram till den mängd aska som tänker tillföras åkermarken. Det näringsämne som främst bör tas hänsyn till är fosfor. Innehållet av tungmetaller i gödselmedel är inte reglerat förutom för slam. För att kunna uppfylla hänsynsreglerna är det lämpligt att följa de gränsvärden för tillförsel av tungmetaller som gäller vid spridning av avloppsslam på åkermark.

När det gäller askan från den testade bränslemixen i Borås så ökade halten av fosfor och Kalium vid inblandning av halm och slam i bränslemixen men för att ytterligare öka halten av näringsämnen i förhållande till tungmetallerna så bör inblandningen av halm vara större än 5 %. En större inblandningsgrad av halm ökar samtidigt risken för problem i inmatningen och i pannan vid förbränning.

Eftersom rörfbensodlingen fått maximal fosforgiva genom slamgödslingen gjordes enbart några försöksrutor i rörfbensodlingen som gödslades med aska från förbränningsförsöken med trädbänsle, halm och slam för att undersöka om tillväxten påverkades. Resultatet visade dock ingen skillnad då tillväxten på rörfbenet i hela odlingen varit mycket god de senaste 2 åren.

Om askgödsling ska tillämpas i rörfbensodlingen bör odlingen inte gödglas med slam vid etablering då halten av fosfor och tungmetaller blir för hög.



Figur 21. Försöksrutor i rörfbensodlingen som gödslades med aska från förbränningsförsöken. 10x10 m, tre upprepade försök.

4 Förutsättningarna för en utveckling av nya och befintliga odlingar av energigrödor i Boråsområdet

Enligt Jordbruksverkets statistik för Västra Götaland, 2018 så finns det 761 hektar energigrödor fördelat på: salix 511 ha, rörflen 33 ha, poppel 178 ha och hybridasp 39 ha. Registrerad träda var 2018, 35 608 hektar i länet.

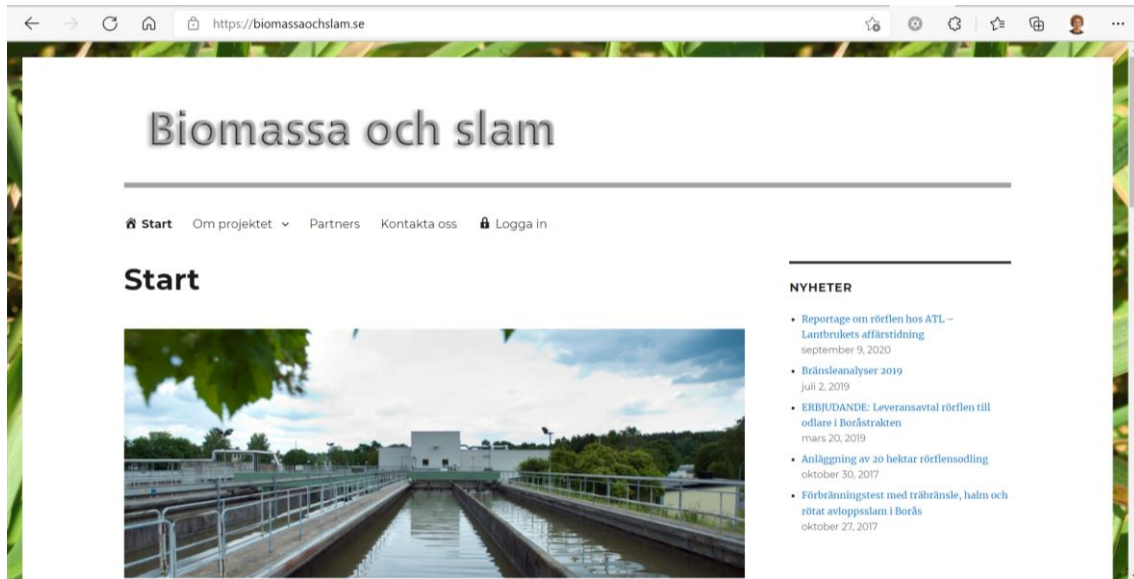
Kontakt togs med Länsstyrelsen i Västra Götaland angående odlade arealer energigrödor, underutnyttjade marker och potential för ökad rörflenodling. De undersökte möjligheten att ta fram en karta med outnyttjad odlingsmark men det lyckades inte.

En sökning efter befintliga enstaka rörflenodlare i området runt Borås gjordes och en odling hittades där rörflenet används i djupströbädd. Enligt odlaren finns det potential att odla ytterligare ca 10 hektar rörflen.

Enligt Fredrik Johansson på Lundby Maskinstation så finns det inte så stor potential i dagsläget att utveckla nya odlingar av energigrödor i området runt Borås pga konkurrensen med odlingsmark till livsmedel och djurfoder. Potentialen att skörda halm till energi är större enligt Johansson. Det förutsätter dock att det finns framförhållning hos energibolaget och att beställningar görs i god tid.

5 Kommunikation och resultatspridning

I projektet har en hemsida tagits fram som beskriver projektet och resultaten från odlingen och förbränningsförsöken (figur 22). För att sprida kunskap om rörflen och för att nå markägare och odlare med överskottsmarker sammanställdes ett faktablad (figur 23). Faktabladet har spridits via sociala medier, till branschmedia som ATL o LRF Media, till nätverket av rörflenodlare, tjänstepersoner hos AgroVäst, Hushållningssällskapet, och Länsstyrelsen. Projektet har också presenterats på en konferens i Frankrike januari 2020 (figur 24).



Figur 22. Hemsida biomassochslam.se.

Rörflen

Ett klimatsmart gräs med många användningsområden

BORÅS ENERGI & MILJÖ (BEM)
Samverkan energigrödor, slam och aska i kretslopp

ERBJUDANDE LEVERANSAVTAL

I början av 2019 driftsätter Borås Energi & Miljö (BEM) en ny kraftvärmeanläggning som ska försörjas med biobränslen. Närodlad rörflen kan vara en del av bränslelinjen och återvunnen växtnäring ska erbjudas odlarna. Målet är att sluta kretslopp av växtnäring och biobränsle.

Erbjudande till odlare inom max ca 15 mil från Borås
BEM erbjuder odlare att bedriva avtal enligt:
Leverans av ballast rörflen i samband med skörd på våren.
Tillgång till växtnäring i form av aska och/eller slam enligt önskemål.
Avtalsperiod: 5-7 år

Pris
Priset följer marknadens biobränslepris, men lägst 190 kr/MWh (ca 8-900 kr/ton TS), fritt levererat kraftvärmeverk på Sobacken i Borås.
Möjlighet till separat tillägg för frakt kan diskuteras.

Vid mottagning av rörflenbalarna tas stickprov för bestämning av vattenhalt. I SAM-ansökan kan odlingen registreras med grodd 63 för energigräs vilket kan ge gräddstöd och forgröningsstöd enligt nuvarande regler.

För mer information kontakta:
Borås Energi & Miljö
Anders Johansson
☎ 0702 76 58 54
✉ anders.johansson@boras.se

Vid frågor om odling och besök vid vinningsodling
Hälsingborg nära Fällöping
Lundby Maskinstation
Fredrik Johansson
☎ 070-533 76 99
✉ fredrik.lundby@maskinstation.se

Vid befrielsegivning
Hushållningsallskapet
Henrik Svensson
☎ 0225-018-013
✉ henrik.svensson@hushallningsallskapet.se

RÖRFLÉN - ETT KLIMATSMART GRÄS MED MÅNGA ANVÄNDNINGSMÖJLIGHETER

Odling

Rörflen (*Phalaris arundinacea* L.) är ett flerårigt ca 2 m högt gräs med styvt och kraftigt strå. Rörflen växer vilt i större delen av landet, har god vinterhårdhet och förekommer särskilt på våt- och översvåmningsskogar.

Rörflen är en gräslinje med god avkastning i hela landet. Rörflen växer och genomgränsar underjordiska utloppare, rötter och stammar. Detta skapar nya stånd på våren och förnyelsen. Gräset ger hygienisk avkastning på de flesta marktyper i hela landet. På torv- och myrmarker är rörflen en gräs som fungerar bättre än många andra alternativ. Odlad på olika marktyper ger bränsle med olika askhalter. Lerjord ger hög askhalt medan torvjord ger låg askhalt. Rörflen har tidigare mynnat som fodder men sedan 1980-talet utvecklats för energigrödor och sedan 2011 som djurstro. 2010 odlades ca 800 ha rörflen i Sverige.

Att odla rörflen
Rörflen är en långvägande vallgräs, varför etableringen är viktig. Fallet bör vara fritt från svackor och dräneringen tillfredsställande för att marken ska kunna bära maskinerna. Rörflen ska i första hand bestånd, eftersom dess konkurrensförmåga är hög vid etableringen. Efter något år konkurrerar det snabbt ut svagare gräs och ger full skörd och med tredje året är värdet för rörfleddet som godast. Varje år kan hållas minst 10-15 år innan ny etablering krävs.

För användning av rörflen som bränsle bärar för gräset växa oerhört hela växtsäsongen och stå av vintertid. När det börjar gräsa, alternativt på våren. Under hösten börjar växtsäsongen igen. Bladet och strå till plantans underjordiska utloppare, vilket minskar godskönsket i jordens vatten och näringsämnen. Vid sen höst skördas gräset strängt på fallet över vintern vilket ger en utkastnings-effekt så att bränslegräset bär bättre. Rörflen som skördas på våren måste bärgas under en kort period innan de nya årskotten riskerar skadas. Därmed uppstår ett omedelbart lagringsbehov om inte bränslet kan levereras till användaren omedelbart. Rörflen måste lagras så att fuktning minimeras. Fukting ökar risken för drifproblem hos användaren.

Kvaliteten och skördens längd beror på vilken mark som valts, hur götningen har skett samt val av skördemaskin. Första skörden bärgas på våren två år efter skörd och är ca 20 % lägre än följande skördar. Tidigt på våren, innan nya gräs har skott, skärs av torvskotten sen 60-90 %. Skördens längd ligger på 4-6 ton torvsubstans/ha vid våren. Skörd när rekommenderade godskönsket tillämpas. Godskönsket är mellan 50-100 kg N/ha under skördens längd beroende på jordtyp. Även fosfor och kalium behöver normalt tilläggas. Beroende på användningsområde och transportvärdet kan rörflen pressas till rundbalar, fyrkantbalar eller fälthackas och direktlastas.

Bränsledata:
Effektivt värmevärde 16-18 MJ/kg TS eller 4-4,5 MWh/ton TS
Askhalt ca 2-12 %
Askans smälttemperatur 1150-1650 °C

Kort fakta

- Kan odlas i hela Sverige
- En värdig odling kan hållas minst 10-15 år
- Vanliga vallmaskiner kan användas
- Gräset står av sen höst eller tidig vår beroende på användningsområde
- Egenskaper som bränsle eller strö förbättras av vinterns uttorkning - torkt strå när det bärgas på våren
- Kan bala, fälthackas och briketteras
- Bränslet kräver en panna som klarar höga askhalt
- 1 hektar rörfleddet producerar ca 4-6 ton TS eller 20.000-30.000 kWh
- Marknadpriser som ger förutsättningar för lönsam odling
- Rörflen ger vall-, gräds- & ev restaureringsstöd

För mer information:
[Odling och skörd av rörflen för energiproduktion](#)
[Energiproduktion från rörflen](#)
[Jordbruksverket - Kalorier](#)

Figur 23. Faktablad om rörflen och leveransavtal

RISE

An example of district heating, where energy crops, digested sewage sludge and ash are part of a cycle

Un exemple de chauffage urbain, où les cultures énergétiques, les boues d'épuration digérées et les cendres font partie d'un cycle

Susanne Paulrud
RISE Research Institute of Sweden

RISE

The European Agricultural Fund for Rural Development: Europe investing in rural areas

ENERGY and ENVIRONMENT

A collaborative project to develop and apply fullscale model

Un projet collaboratif pour développer et appliquer un modèle grandeur nature

- Coordinator is RISE a Swedish state-owned research institute with 2 700 employees
- Municipality owned district heating company, Borås Energy and Environment 100 percent owned by Borås City and has about 330 employees
- Farmer company Lundby Maskinstation contracting companies in agriculture and forestry
- Funded by the Swedish Board of Agriculture and Borås Energy and Environment

bio360 RISE Borås Lundby Maskinstation Nantes 2021

Figur 24. Presentation av projektet på bioenergimässan, bio360, 30 januari Nantes.

2020 gjordes ett reportage om rörfilen hos ATL – Lantbrukets affärstidning. I reportaget berättar Fredrik Johansson Lundby Maskinstation om deras samarbete med Borås Energi och Miljö. [Se ca 5.06 min in i reportaget \(figur 25\).](#)

https://www.youtube.com/watch?v=g2fVFXicZ5k

YouTube

Search

Fredrik Johansson Lundby Maskinstation

Du kan använda det både som foder, strömedel och energi.

5:50 / 7:27

Figur 25. Reportage om rörfilen hos ATL – Lantbrukets affärstidning.

I november 2021 anordnades ett slutseminarium i samverkan med Agro Väst där projektets resultat presenterades hos Lundby maskinstation i Trädet. Dagen inleddes med presentationer och avslutades med visning av odlingen (figur 26 och 27) där Sabine Jordan från SLU visar en jordprofil, se film: [Ny affärsmodell för kretslopp av växtnäring och nyttjande av överskottsmarker - YouTube](#)



GRÖNA MÖTEN
AGROVÄST



Foto: C. Wahlgren-Roslund

Ny affärsmodell för kretslopp av växtnäring och nyttjande av överskottsmarker

23 NOVEMBER, 2021 10:00 - 15:30 PÅ LUNDBY MASKINSTATION ELLER DIGITALT SKARABORG

PRESENTATION AV UTVECKLINGSINSATSER OCH FÄLTVANDRING I ODLINGSFÖRSÖK MED RÖRFLÉN SOM ENERGIGRÖDA, GÖDSLAD MED ASKA OCH RÖTAT SLAM

Rörflén är ett flerårigt och tåligt gräs med många användningsområden såsom djurfoder, strö och bränsle. I Marieberg utanför Tidholm har Lundby Maskinstation etablerat rörflénodling på organogen jord i samarbete med Borås Energi och Miljö. Här tillämpas en modell där rörflén som energi-gröda tillsammans med rötat avloppsslam och aska utgör ett kretsloppssystem. Praktiskt visas hur energiproduktionen kan bli mer lönsam samtidigt som vi minskar användningen av mineralgödsel genom återvinning av fosfor ur energiprocessen. Vi samlas hos Lundby Maskinstation för att möta experter inom odling av energi-grödor och energi-produktion. Efter lunch tar vi oss vidare till Marieberg, Tidholm ut i fält för att höra mer och praktiskt exempel.

Evenemanget arrangeras tillsammans med RISE, SLU och Lundby Maskinstation och genomförs inom ramen för EU-projektet "Samverkan kring energi-grödor, slam och aska i kretslopp".

Agroväst Gröna Möten följer folkhälsomyndighetens rekommendationer och säkerställer att evenemanget genomförs på ett tryggt sätt. Alla deltagare får aktuell information inför evenemanget. Man kan mellan 10.00 - 12.00 vara med digitalt via Teams. Viktigt när du anmäler dig och skriver i meddelande att du deltar fysiskt eller digitalt på gronamoten.se senast 16 november 2021. Vid frågor kontakta madeleine.vendel@agrovast.se.

Gröna Möten är en oberoende mötesplats för dig i gröna näringar.

Anmäl på gronamoten.se

Samarrangörer

RISE

Jordbruksverket

Lundby Maskinstation

Program

10.00 Registrering, inledning och fika
Susanne Paulrud, RISE, Anders Johnsson, Borås Energi & Miljö och Fredrik Johansson, Lundby Maskinstation hälsar välkomna.

10.10 Projekt Samverkan kring energi-grödor, rötat slam och aska i kretslopp
Presentationer och resultat av genomförda aktiviteter:

- Borås Energi & Miljö**, Anders Johnsson om nya affärsmodeller för kretslopp av växtnäring och närproducerade biobränslen.
- Lundby Maskinstation**, Fredrik Johansson om etablering, gödsling, skötsel och skörd av 30 ha rörflénodling i Marieberg.
- SLU**, Sabine Jordan om utvärdering av rörflénodlingen, gödslingsförsök och resultat jordprover.
- RISE**, Susanne Paulrud om genomförda förbränningsförsök i Borås Energis biobränslepanna och Luleå Tekniska Universitet om fosforutvinning.

11.00 Läget på biobränslemarknaden och alternativa användningsområden?
Anders och Fredrik om möjlig utveckling och rörflénets roll. Cecilia W Roslund, CEWARO AB, om alternativa användningsområden för rörflén i tider av olösam bränsle-marknad, tex som strö, vid jordtillverkning, till biokol, som kolsänka mm.

12.00 - 13.00 Lunch. Därefter beger vi oss i bil till Marieberg, Tidholm

13.40 Visning av rörflénodling
Fredrik Johansson och Lennart Wiklund, Lundby Maskinstation, berättar om genomförd restaurering av 30 ha mulljord som legat i 20-årig träda.

14.10 Uppföljning och utvärdering av rörflénodlingen
Sabine Jordan, SLU, gräver en grop och visar jordprofil, rotutveckling, resonerar om kolinbindning och odlingsstatus.

15.00 Kaffe och fika därefter avslutning



193
522 92 Tidholm
08.134500, 13.876349

GRÖNA MÖTEN
AGROVÄST



EUROPEISKA UNIONEN
Europeiska regionala utvecklingsfonder

VÄSTRA GÖTALANDSREGIONEN
REGIONUTVECKLINGSMIDDEL

Region Halland

Figur 26. Program slutseminarium 23 november 2021.



Figur 27. Visning fält vid slutseminarium.

Slutsatser

Idén med detta projekt var att utveckla och tillämpa en modell i full skala där energigrödor, rötat avloppsslam och aska ingår i ett kretslopp.

Slutsatser i projektet är:

- Att etablera och odla rörflen på nedlagd mossmark/torvmark fungerar bra om dikning genomförs och kalk och gödning tillförs odlingen.
- Fosfor kan tillföras genom att gödsla med rötat avloppsslam vid etablering och kväve bör tillföras årligen för bra tillväxt.
- Den tidigare övergivna dränerade torvmarken har blivit en produktiv rörflenodling med en bra försörjning på fosfor och fosforbindande näringsämnen, mikronäringsämnen och andra livsnödvändiga spårämnen.
- Efter fyra år har odlingens avkastning ökat till ca 3,9 ton per hektar och väntas öka ytterligare skörden 2022.
- Om gödslingen med kalium och magnesium inte görs årligen, kan det bli brist på dessa växtnäringsämnen.
- Halten av tungmetaller i jorden bör kontrolleras innan en ny slamgödslingsgiva tillförs då halten av Cd och Co var något höga vid jordprovtagning 2020, dock inom generella riktvärden för förorenad mark.
- Skördeteknik som lämpar sig bäst för den här typen av torvmark är rundbalspress.
- Rörflen kan användas i mix med trädbränsle i värmeverken. En inblandningsgrad på under 10 % påverkar inte inmatning eller emissioner och beläggningar vid förbränning.
- Ett alternativ till att gödsla odlingen med rötat avloppsslam är att förbränna slammet i mix med biomassa och gödsla odlingen med askan. Detta kräver en panna som är godkänd att förbränna slam i.
- Förbränningsförsök med 5 vikts-% inblandning av rötat avloppsslam i biomassa visar att emissioner eller beläggningar inte påverkas under förbränning samtidigt som fosfor och kaliumhalten ökar i askan.
- I dagsläget finns ingen större potential att utveckla nya odlingar av rörflen i området runt Borås pga konkurrensen med odlingsmark till livsmedel och djurfoder.
- Potentialen för halm är något bättre men kräver framförhållning hos värmeverken.
- Att återta odling i tidigare oproduktiva (övergivna) torvmarker bidrar till en minskning av växthusgasemissioner och till livsmedel- och materialsäkerheten, särskilt under år med torka.

Referenser

1. Paulrud, S, Hjörnhede, A, Öhman, M. 2015. Färdig bränslemix av halm, flis och additiv från terminal till kraftvärmeverk. Energiforsk rapport: 2015:149. Energiforsk.
2. Paulrud, S, Johansson, F Rosenqvist, H. 2015. Lokala terminaler för ökad användning av nya biobränslesortiment i värmeverken. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, SP Rapport:2015:07
3. Paulrud S, Eriksson, M. 2014. Halm till mellanstora värmeanläggningar (1-5 MW)– från åker till färdig värme. SP-rapport 2014:63. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.
4. Nationell samordning och utveckling av småskaliga biobränslekedjor. 2014.
<http://hushallningssallskapet.se/wp-content/uploads/2014/11/slutrapport-biobranslekedjor-150331-cwr.pdf>
5. Lönsam Salixodling-Tre goda exempel, www.jti.se
6. Skoglund N, Boström D, Grimm A, Öhman M. Återvinning av fosfor och energi ur avloppsslam genom termisk behandling i fluidiserad bädd – Utvärdering och optimering av prestanda för slutprodukten. SVU rapport Nr 2012-10.
7. Skoglund N, Grimm, A, Öhman, M, Boström, D. Combustion of biosolids in a bubbling fluidized bed, Part 1: Main ash-forming elements and ash distribution with a focus on phosphorus. Energy Fuels, 2014, 28, 1183–1190
8. Kumpiene, J., Bränvall, E., Wolters, M., Skoglund, N., et al. Phosphorus and cadmium availability in soil fertilized with biosolids and ashes. Chemosphere in press.
doi:10.1016/j.chemosphere.2016.02.069
9. Berglund, Ö., Berglund, K., Jordan, S. and Norberg, L. (2018): Carbon capture efficiency, yield, nutrient uptake and trafficability of different grass species on a cultivated peat soil. CATENA, 173, 175-182.
10. https://www2.jordbruksverket.se/download/18.dc97d8e176cea4b0ec29b80/1609846154443/jo20_12.pdf
11. <https://www.naturvardsverket.se/globalassets/vagledning/fororenade-omraden/riktvarden/generella-riktvarden-20160707.pdf>

Through our international collaboration programmes with academia, industry, and the public sector, we ensure the competitiveness of the Swedish business community on an international level and contribute to a sustainable society. Our 2,800 employees support and promote all manner of innovative processes, and our roughly 100 testbeds and demonstration facilities are instrumental in developing the future-proofing of products, technologies, and services. RISE Research Institutes of Sweden is fully owned by the Swedish state.

I internationell samverkan med akademi, näringsliv och offentlig sektor bidrar vi till ett konkurrenskraftigt näringsliv och ett hållbart samhälle. RISE 2 800 medarbetare driver och stöder alla typer av innovationsprocesser. Vi erbjuder ett 100-tal test- och demonstrationsmiljöer för framtidssäkra produkter, tekniker och tjänster. RISE Research Institutes of Sweden ägs av svenska staten.



RISE Research Institutes of Sweden AB
Box 857, 501 15 BORÅS
Telefon: 010-516 50 00
E-post: info@ri.se, Internet: www.ri.se

Process- och
systemanalys
RISE Rapport :
ISBN: