Biogas – nya substrat från havet

Effekter på näringsflöden och klimat

Rapport från en förstudie genomförd av Biototal

biototal
FÖRNYELSEBAR VÄXTNÄRING

En investering för framtiden

EUROPEISKA UNIONEN
Europeiska regionala utvecklingsfonden

biogas
nya substrat från havet

Biogas – nya substrat från havet

Effekter på näringsflöden och klimat

Rapport från en förstudie genomförd av Biototal

biototal
FÖRNYELSEBAR VÄXTNÄRING

Biototal är ett företag i den gröna sektorn som kan växtnäring, kretslopp och jordbruk. Biototal värderar och hanterar förnyelsebar växtnäring och verkar för ett slutet kretslopp och bästa möjliga nyttjande av olika rest- och biprodukter.

Läs mer på www.biototal.se

Eller ring Biototal på 0732-01 01 21

Sammanfattning

Syftet med denna förstudie är att kvantifiera miljövärden i olika substrat som kan skördas ur havet och användas som substrat för biogasproduktion. Musslor, skarpsill, bladvass och makroalger har undersökts. Representativa analyser har spårats upp och sammanställts i en beräkning där biogödselns förväntade sammansättning har beräknats utifrån analysen på substratet. Värdet av biogödseln som gödselmedel har tagits fram. En förväntad gasproduktion och klimateffekterna som biogödseln bidrar med har summerats till en total klimateffekt. Ett exempel där miljöeffekterna har värderats i pengar finns med och visar ett tänkbart värde för samhället per ton skördat substrat.

En granskning av tungmetallinnehållet i de olika substraten visar tydligt att det enbart är kadmium som kommer att vara begränsande i relation till det certifieringssystem som finns idag. Makroalger uppvisar mycket höga halter av kadmium men det behövs en uppmärksamhet även på innehållet i bladvass och musslor.

I resultattabellen har ett exempel på en summering av totala potentialen för de olika substraten satts upp. Uppskattningarna av tillgången på de olika substraten är mycket osäker men exemplet visar ändå på en stor potential att uppnå både en hög energiproduktion och stora miljövinster om det praktiskt och ekonomiskt går att skörda substrat från havet.

Innehåll

Bakgrund och syfte 4
Analyser av substrat 5
Analyser av biogödsel 6
Beräkning av biogödselns innehåll och ekonomiska värde 7
Biogasen och biogödselns miljöeffekter 10
Beräkningsgång 11
Potential och värdet av miljöeffekter 11
Resultat av beräkningarna 12
Miljöeffekter av skörd och rötning av nya substrat från havet 14
Referenser 16
Bil 1 Resultat av beräkningarna 17
Bil 2 Grunddata- musslor 19
Bil 2 Grunddata- skarpsill 20
Bil 3 Grunddata- bladvass 21
Bil 4 Grunddata- makroalger 22

Bakgrund och syfte

Regionförbundet i Kalmar län driver ett projekt som syftar till att hitta substrat ur havet som kan användas för produktion av biogas. Biogasen kan bidra till en minskad klimatpåverkan genom att ersätta fossilt fordonsbränsle. Dessutom kan skörden av substrat ur havet motverka övergödningen genom att näringsämnen avlägsnas ur Östersjön. Biogödseln, rötresten från biogasproduktionen, kan ersätta handelsgödsel. Det bidrar både till en bättre resursshushållning och till en minskad klimatpåverkan.

Det är angeläget att tidigt under projektet skapa sig en uppfattning om de olika substratens potential att bidra till miljömålen ”Minskad klimatpåverkan” och ”Ingen övergödning”. Positiva miljöeffekter kan motivera ett samhällsstöd. Detta stöd kan tillsammans med värdet på gasen och rötresten leda till att det blir ekonomiskt hållbart att skörda marina substrat för rötning till biogas.

Syftet med denna förstudie är att

- Utifrån tillgängliga analyser beräkna mängden växtnäring som avlägsnas vid skörd av de olika substraten
- från mätningar eller med en beräkning uppskatta den mängd gas som kan produceras och översätta det till klimatpåverkan
- från analyser eller egna beräkningar uppskatta biogödseln innehåll av växtnäring och icke önskvärda ämnen
- beräkna effekten av biogödselns växtnäring jämfört med handelsgödsel och miljöeffekten av att ersätta handelsgödsel med biogödsel
- beräkna värdet av biogödseln från de olika substraten

Arbetet har utförts av Biototal under juli och augusti 2010 med Janne Linder som huvudansvarig.

Analyser av substrat

För att få en klar bild av vad de olika substraten innehåller krävs ofta ett omfattande detektivarbete för att utröna vad olika analyser egentligen visar. Ofta är det oklart exakt vad det är som är analyserat. Det framgår ibland inte heller om det är halter per kg substrat eller per kg ts. Ofta finns inte heller alla parametrar som behövs med i analysen och flera olika källor måste användas för att få en komplett bild av ett enskilt substrat.

Musslor

Olrog, L. & Christensson, E. (2008) redovisar analyser från ett försök där musslor från Västkusten har använts för gödsling direkt utan rötning och efter kompostering. I försöken har även en musselrest använts och för dessa finns mer kompletta analyser. Denna fraktion består av krossade musslor, småmusslor, skal och andra organismer. För de ämnen där analys finns både för musslor och musselrest är värdena ganska lika (Tot-N, NH4-N, P, K, Mg, Na, Cl,) varför man kan anta att musselrest har samma sammansättning som musslor. Nilsson, J. (2009) redovisar resultat från undersökningar av tungmetaller och miljögifter i musslor från musselodlingar i Kalmarsund. Dessa analyser stämmer ganska bra med de värden som redovisas för musselrest och därför har värdena från Kalmarsund använts i de fortsatta beräkningarna. Undantaget är bly där musselresten uppvisar en fem gånger högre halt och krom som har ett 14 gånger högre värde i musselrest. Generellt är värdena i odlade musslor lägre än bottenlevande musslor. I en sammanställning gjord av Lindahl, O (2005) var halterna av alla tungmetaller mellan 2 och 19 gånger högre än de värden som redovisas av Nilsson, J. (2009).

Skarpsill

För skarpsill har inga analyser funnits tillgängliga. Istället har värden för strömming använts. Skarpsill och strömming är närstående arter och det är troligt att innehållet av näring är väldigt lika och att innehållet av tungmetaller uppvisar samma variation i båda arter. För näringsinnehållet i strömming har uppgifter från livsmedelsdatabasen på Livsmedelsverket använts (Livsmedelsverket 2010). Dessa analyser avser strömming som är urtagen. För innehållet av tungmetaller har en finsk undersökning varit den bästa källan (Tahvonen, R m.fl. 2000). Den avser urtagen strömming från Bottenviken. Värden på krom och nickel saknas. För kvicksilver har ett värde på innehållet i muskel av strömming satts in. Det kommer från miljöövervakningen och är ett medelvärde av 6 lokaler runt Sverige under 26 år (Naturvårdsverket 2010).

Bladvass

Det har länge funnit ett intresse för bladvass som energigröda vilket gör att bladvass är relativt väl undersökt. Huvudinriktningen har varit på vass som fastbränsle med skörd på vintern. Den vassen är ointressant som substrat för rötning. För detta är det sommarvassen som är intressant och förmodligen ska skörden ske någon gång i slutet av juli och i början av augusti. Då är mängden biomassa som högst men också mängden näring i det skördade materialet. Halten näring sjunker under hela växtsäsongen p.g.a. utspädning men det är inte förrän på sensommaren som vassen omlagrar näring till rhizomen inför vintern.

Analyserna för kväve, fosfor och kalium kommer från Granéli, W (1990) och är medelvärden för 40 olika platser i södra Sverige där prover tagits under augusti månad. Analyserna för kalcium, natrium och magnesium kommer från samma källa men är analyser från enbart en plats.

Tungmetaller i bladvass är undersökt i några studier. Här har uppgifter använts från ett arbete gjort vid Limnologiska Institutionen vid Lunds Universitet (Unosson, L. 1980). Där finns uppmätta halter för bly, kadmium, koppar, krom och zink. För kadmium finns ett mindre än värde på <1 mg/kg ts. Sätts detektionsgränsen in i beräkningen kommer kadmium att kraftigt begränsa givan av biogödseln. Här har istället ett värde för rörflen från en tysk undersökning på 0,13 mg/kg ts satts in (Fredriksson 2002). För vanligt vallgräs finns en uppgift på ett kadmiuminnehåll på 0,06 mg/kg ts (SLU, 2001).

Makroalger

Inom ett projekt drivet av Trelleborgs kommun har prover tagits på sex platser där alger drivit upp på stranden (Trelleborgs kommun 2007). Vid en botanisk analys av materialet visade sig den fintrådiga rödalgen fjäderslick (*Polysiphonia fucoides*) vara helt dominerande. Omfattande analyser har genomförts på materialet. Vid all skörd på stränder är det risk att det följer med sand. Det kan vara en förklaring till att analysresultatet varierar kraftigt mellan olika ämnen. Tången kan också vara mer eller mindre nedbruten eller urlakad innan den samlas ihop. För alla ämnen som analyserats är högsta värdet 2-5 gånger högre än det lägsta. För kalium skiljer det en tiopotens.

Länsstyrelsen i Västra Götaland har deltagit i projektet EU Life Algae. I slutrapporten därifrån redovisas analyser på trådalger och blåstång från västkusten och Åland (Melin, Y. 2001).

Analyser av biogödsel

De nya substrat från havet som är med i denna förstudie har inte använts i någon större skala för biogasproduktion. Dessutom rötas de allra flesta substrat i en blandning. Det innebär att det inte finns några analyser som visar sammansättningen på biogödseln från de substrat som är aktuella. Däremot går det att beräkna hur biogödseln borde bli utifrån analys på substrat och förväntad utrötning.

Beräkning av biogödselns innehåll och ekonomiska värde

För att beräkna förväntat näringsinnehåll i biogödseln har en modell byggts upp där halterna av de olika näringsämnena beräknas per kg ts efter rötning. För att få fram total mängd ts efter rötning används de uppgifter om utrötningsgrad eller biogasproduktion som finns eller går att uppskatta för de olika substraten. I de fall utrötningsgrad inte finns som källa har denna beräknats genom att beräkna vikten av metan och koldioxid som produceras. Denna vikt antas motsvara utrötningen som anges i % av VS.

Mängden av de olika grundämnena förändras inte vid rötningen så mängden in och ut är densamma men koncentrationen per kg torrsubstans förändras eftersom en del av torrsubstansen försvinner i rötningen. Mängden kväve förändras naturligtvis inte heller av rötningen men däremot påverkas fördelningen mellan organiskt bunden och mineralkväve (ammoniumkväve). Mängden lättillgängligt mineralkväve har en avgörande betydelse för hur effektiv biogödseln är som kvävegödselmedel. Här finns inget givet utfall men erfarenheter från olika biogasverk ger en bra ledtråd. Anläggningen i Uppsala rötar utsorterat hushållsavfall och slaktrester och har en ammoniumhalt i biogödseln på 75% av totalkvävet. Linköping och Jönköping rötar livsmedelsavfall och kommer upp till 56% och 62%. I Västerås rötas utsorterat hushållsavfall och ensilage vilket ger en ammoniumhalt på 54% av totalkvävet. Ett rimligt antagande är att lättomsättbara substrat som skarpsill och musslor ger en ammoniumhalt motsvarande 75% av totalkvävet och tång och vass ligger på ca. 50%.

För varje substrat finns en ingående ts-halt som teoretiskt leder till en viss ts-halt i biogödseln. I praktiken går det inte att hantera höga ts-halter i en rötkammare. Därför har ts-halten i den beräknade biogödseln likställts till 5% för alla substrat. Värdet av att använda ett torrt substrat beror på vilka andra substrat som finns att tillgå. Ts-halten i ingående substrat och producerad biogödsel har stor betydelse för utfallet av de flesta av de beräkningar som ingår i denna förstudie. Skulle t.ex. makroalgerna kunna torkas från 12% till 24% ts-halt i samband med skörden skulle mängden halveras och alla värden som är beräknade per ton substrat fördubblas.

Ett alternativ till traditionell rötning av flytande och pumpbart substrat är den s.k. torrötningen. Då laddas en reaktor med ett substrat som inte är flytande. Därefter lakas energirika ämnen ur substratet genom att sprinkla vatten i reaktorn. De lösta ämnen tas sedan in i en rötkammare och rötas till biogas. Denna teknik kan ha en stor potential för att sänka beredningskostnader och i bästa fall också minska den totala mängden biogödsel. Vilket värde de olika fraktionerna får är svårt att förutsäga och beror på hur näringen fördelar sig på den flytande delen och den fasta fraktionen i reaktorn.

Kalkverkan finns i vissa fall angiven för ett substrat. Hur denna påverkas av rötningen är svårt att uppskatta. Här antas istället att kalkverkan i kg CaO är opåverkad av rötningen.

Biogaspotential för ingående substrat

Substratens eller liknande substrats potential har undersökts i några utrötningsförsök. Verklig produktion har antagits vara 80% av potentialen.

Musslor

Nordell, E. (2010) rapporterar om ett försök med rötning av musslor där biogaspotentialen har uppmätts till 418 Nm^3 metan/ton VS och en metanhalt på 65%.

Skarpsill

Det finns en uppgift i substrathandboken (Carlsson, M. & Uldal, M. 2009) för fiskrens som anger en gasproduktion på 930 Nm^3 metan/ton VS och 71% metan i gasen. Denna produktion är orimligt hög för hel fisk även vid en hög halt av fett. Här har istället en produktion på 600 Nm^3 metan/ton VS valts. Det ger en rimlig utrötning och en gasproduktion i nivå med t.ex. fettrikt slakteriavfall.

Makroalger

Från försök i Trelleborgs kommun och tillhörande litteraturstudie dras slutsatsen att alger och tång kan ha en potential på 200 Nm^3 metan/ton VS. I projektet EU Life Algae genomfördes rötningsförsök med trådformiga alger både som enda substrat och i blandning med hushållsavfall. Utbytena blev låga och försöken visade att det krävs en förbehandling för att bra utbyte (Trelleborgs kommun 2007). I denna förstudie har en potential på 250 Nm^3 metan/ton VS använts.

Bladvass

Trots ett stort intresse för vass för energiproduktion finns bara ett fåtal mätningar av biogaspotentialen. En uppskattning finns på en produktion av 180 Nm^3 metan/ton VS (Fredriksson 2002). Här har en potential på 250 Nm^3 metan/ton VS valts eftersom det bör finnas en potential att öka utbytet med en lämplig förbehandling.

Värdet på biogödseln

För att beräkna värdet på biogödseln i växtodlingen används Biototals mervärdesberäkning.

I beräkningen tas hänsyn till-

- Mängden växtnäring som tillförs med biogödseln
- Växtnäringens verkliga effekt i fält jämfört med handelsgödsel
- Grödans behov av växtnäring beroende på odlingsförutsättningarna
- Alternativt pris på motsvarande mängd växtnäring i handelsgödsel
- Spridningskostnad per ton biogödsel
- Värdet av den skördeförlust som orsakas av markpackningen vid spridningen

För dessa beräkningar används det innehåll av växtnäring som räknats fram för de olika substraten.

Beräkningarna bygger på den effekt som uppnås vid en vårspridning före sådd eller i växande gröda. Höstspridning ger ett dåligt utnyttjande av kvävet och sänker värdet på biogödseln. Det växttillgängliga kvävet, d.v.s. ammoniumkvävet, värderas i biogödsel till samma pris som handelsgödsel men effekten justeras ner till 85% eftersom organiska gödselmedel ger en något ojämnare effekt än handelsgödsel. Det organiska kvävet i biogödseln ger en långsiktigt effekt under många år. Här beräknas värdet av den effekten för 5 år. Bidraget från det organiska kvävet är obetydligt jämfört med värdet av ammoniumkvävet. För kalium räknas fullt värde. På en kaliumrik jord kan värdet av att tillföra mera kalium vara lägre.

Spridningskostnaden antas vara 18 kr/ton för flytande biogödsel. En kostnad för omblandning av den flytande gödseln på 2 kr/ton tas också med i beräkningen. Jordpackningen är beroende på jordart, när spridningen sker och hur blöt marken är vid spridningen. I utgångsberäkningen motsvarar kostnaden för markpackningen 7 kr/ton biogödsel.

Följande växtnäringsvärden använts:

Kväve	8,9	kr/kg N
Fosfor	17,2	kr/kg P
Kalium	8,2	kr/kg K
Kalcium	0,5	kr/kg Ca
Magnesium	0,5	kr/kg Mg
Svavel	3,2	kr/kg S
Kalkverkan	0,5	kr/kg CaO

De valda värdena motsvarar marknadspriset för handelsgödsel under januari 2010.

Om växtnäringsinnehållet och tungmetallhalterna i en biogödsel är relativt låg blir den maximalt tillåtna givan hög. En giva över 30 ton är en orimligt att tillföra. Det motsvarar 3 mm biogödsel på markytan. Det är maximalt vad många jordar klarar att ta emot utan att det blir ytavrinning. I dessa beräkningar har därför givan begränsats till maximalt 30 ton biogödsel per hektar. Det har inte så stor betydelse för värdet per ton men återspeglar bättre hur spridning går till i praktiken. Värdet per hektar påverkas däremot inte helt oväntat av hektargivan.

I denna värdering tas ingen hänsyn till mikronäring och mullbildande ämnen i biogödseln. Det finns en allmänt bördighetshöjande effekt av alla organiska gödselmedel som är omöjlig att värdera men som beroende på odlingssituationen kan uppskattas till 5-10 kr/ton.

Ett negativt värde på biogödseln ska inte uppfattas som att substratet inte är intressant för produktion av biogas. Det värde som beräknas här är värdet för växtodlingen fritt levererat till gården. Ett substrats totala ekonomi beror på hela kedjan från skörd, transporter till rötning, utbyte, frakt till gård och miljövärden. Ekonomin kan också påverkas av samrötningseffekter och av den ts-halt och näringskoncentration som går att uppnå i biogödseln. Det värde som beräknas här ska snarast ses som en av pusselbitarna för att hitta en ekonomisk hållbar hantering.

Biogasen och biogödselns miljöeffekt

Att skörda substrat från havet skulle kunna vara ett sätt att minska övergödningen i Östersjön eftersom kväve och fosfor avlägsnas. Men substrat från havet är förmodligen för dyra att skörda för att produktionen av biogas från dessa ska vara ekonomiskt försvarbar. Men skulle man kunna få betalt för de positiva miljöeffekterna kan det visa sig att helheten är ekonomiskt bärkraftig.

Miljöeffekter av biogasproduktion

- Den producerade gasen ersätter fossila bränslen
- Biogödseln ersätter en viss mängd kväve i mineralgödsel
- Ett substrat som skördas kan motverka övergödningen

Klimatpåverkan

I denna förstudiet antas biogasens klimatpåverkan motsvara den mängd koldioxid som bildas vid förbränning av gasen som produceras. Det är ett enkelt sätt att uppskatta hur mycket utsläppen av fossil koldioxid reduceras. Biogödselns klimateffekt beräknas utifrån den kväveeffekt som biogödseln kan förväntas bidra med. Kväveeffekten anger helt enkelt hur mycket givan av handelsgödselkväve kan sänkas. Varje kilo ersatt handelsgödselkväve motsvarar 7,45 kg CO_2-ekvivalenter. En tredjedel av detta motsvarar energin som går åt för att tillverka handelsgödsel och resten beror på den lustgas som frigörs vid tillverkningen. Idag har vissa gödseltillverkare satt in utrustning som reducerar utsläppen av lustgaser och mer än halverar klimatpåverkan. I denna förstudie räknas ändå på den högre siffran eftersom de flesta gödseltillverkarna ännu inte har denna utrustning.

Effekt på övergödningen

När innehållet i substratet är känt är det enkelt att räkna ut vilken mängd växtnäring som kan föras bort vid skörd av ett visst substrat. Nyttan av att skörda näring på detta sätt beror på vad som skulle ha hänt med näringen om den inte skulle ha skördats. Avgörande är om den blir biotillgänglig eller fastläggs i något sediment. Här antas att varje kilo kväve och fosfor som kan bortföras vid skörd av substrat är ett kilo som inte bidrar till övergödningen.

Beräkningsgång

För att ytterligare förklara hur beräkningen har genomförts följer här en punktvis genomgång av beräkningsgången.

- Olika analyser finns sammanställda i en tabell med referenser. I tabellen görs vissa omräkningar och summeringar. Därefter har en typanalys för varje substrat plockats ut.
- Typanalysen sätts in i modellen för beräkning av biogödselns innehåll. För beräkningen anges också beräknad utrötningsgrad, hur stor del av kvävet som är i ammoniumform, utgående ts-halt (5%) och gasproduktion.
- Värdena för den beräknade biogödseln sätts in i Biototals mervärdesberäkning. Ur denna plockas sedan den effekt som växtnäringen ger i växtodlingen, begränsningar i användningen p.g.a. innehållet av tungmetaller eller näringsämnen i enlighet med regelverket för SPCR 120-certifiering, värdet av biogödseln som gödselmedel, minskad klimatpåverkan och energianvändning av att biogödseln ersätter handelsgödsel.
- Beräkningar från Biototals mervärdesberäkning tillsammans med uppgifter från modellen för beräkning av biogödselns innehåll sammanställs i en resultattabell. I tabellen summeras också de olika miljöeffekterna till CO_2-ekvivalenter, bortförsel av kväve och bortförsel av fosfor. Energibesparingen summeras också.
- Genom att sätta in en potential för de olika substraten kan en summering av totala miljöeffekter genomföras.

Potential och värdet av miljöeffekter

För att kunna göra ett exempel på en summering av de totala miljöeffekterna har en tänkbar potential för de olika substraten satts in. Inom samma projekt som denna förstudie har en uppskattning tagits fram av potentialen för vass och makroalger (Peter Berglund, prel rapport 2010). För musslor och skarpsill har en potential på 20 000 ton av varje satts in.

Värdet av att minska miljöbelastningen kan uppskattas på olika sätt. Alternativkostnaden för att minska belastningen av kväve och fosfor beror på hur stora reduktionsmål som sätts upp. De första kilona kan vara billiga att åtgärda och kostnaden ökar sedan kraftigt. De mål som finns inom Baltic Sea Action Plan (BSAP) kommer att kräva omfattande åtgärder. Det är därför inte orimligt att värdera reduktion av kväve till 100 kr/kg N och för fosfor till 1000 kr/kg P i detta räkneexempel. Den reduktion som uppnås genom skörd av substrat är dessutom en säker effekt. Det går att mäta upp mängden som tas bort. För andra åtgärder kan den förväntade reduktionen bygga på osäkra antaganden.

För klimateffekten kan värderingen utgå från kostnaden för utsläppsrätter. De värderas idag till 192 kr/ton CO_2-ekvivalent.

Resultat av beräkningarna

Beräkningar av detta slag genererar väldigt mycket siffror. Se bilaga 1 som är ett begränsat urval av de viktigaste resultaten. Vissa av siffrorna är relativt säkra och andra kan vara mer eller mindre osäkra.

Några säkra slutsatser

Bortförseln av växtnäring per ton substrat är en helt säker siffra förutsatt att en representativ analys har valts för substratet. Det skulle kunna vara enklare att jämföra innehållet av näring per kg ts men det är inte relevant för att reda ut faktiska förhållanden. Det är varan och inte torrsubstansen som ska skördas och transporteras.

Tabell 1. Innehållet av kväve och fosfor per ton substrat (våtvikt) och per ton torrsubstans

	Mängd växtnäring i kg per ton substrat		Mängd växtnäring i kg per ton ts		Ts-halt		
Substrat	N	P	N	P			
Musslor	12,7	0,9	22,5	1,6	56%		
Skarpsill	25,9	2,30	96,7	8,6	27%		
Vass	3,14	0,31	9,0	0,9	35%		
Makroalger	2,72	0,30	22,3	2,5	12%		

Vegetabiliska råvaror innehåller lägre näringshalter än animaliska. Musslor har lägre halter än skarpsill vilket beror på att skalen utgör en stor del av torrsubstansen (85%). Vass har lägre halter än makroalger räknat per ton ts men ungefär samma om man räknar per ton våtvikt.

Tungmetallinnehållet i biogödsel producerad från de olika substraten visar tydligt att det enbart är kadmium som kan ha någon betydelse för biogödselns användbarhet. Men kadmium har desto större betydelse. För tre av substraten är det kadmium som begränsar givan. Detta är beräknat för en ettårsgiva enligt de regler som gäller för SPCR 120, ett certifieringssystem som de flesta biogasproducenter är anslutna till. Det bästa är naturligtvis om det är kväve som begränsar givan men det är bara för skarpsill som detta uppnås. Analyssiffran för kadmium i bladvass är ganska osäker så vassen kan i bästa fall innehålla bara hälften så mycket kadmium. För att få en bild av vad kadmium-fosforkvoten säger kan en jämförelse göras med vanlig stallgödsel eller svartvatten från hushåll som ofta ligger runt 15 mg Cd/kg P och rötslam som ligger runt 35 mg Cd/kg P.

Tungmetallhalten i makroalger är extremt hög. Det finns en variation mellan olika platser men även på den provplats som ligger lägst är det en mycket hög halt. På de sex provplatserna från Trelleborgs kommun varierar kadmium-fosforkvoten mellan 311 och 637 mg Cd/kg P.

Tabell 2. Begränsande ämne och hektargivan av fosfor för biogödsel från de olika substraten

	Maxgiva av fosfor	Begränsande ämne	Kadmium-fosforkvot
Substrat	kg/ha		mg Cd/kg P
Musslor	10	Cd	79
Skarpsill	18	NH_4	6
Vass	5	Cd	145
Makroalger	2	Cd	444

Några mindre säkra slutsatser

Effektiv växtnäring i biogödseln påverkas av ett antal olika antaganden. Utrötningsgraden påverkar i hög grad koncentrationen av växtnäring i biogödseln. Dessutom måste ett antagande göras om andelen ammoniumkväve av totalkvävet. Beräkningen ger ändå en fingervisning om vilket värde som skulle kunna produceras i form av biogödsel från de olika substraten. Skarpsillen sticker ut med hög både kväve och fosforhalt. Halten är så hög att det praktiskt är nödvändigt att samröta skarpsillen med andra substrat som ger en lägre kvävekoncentration. Musselkött skulle ge ungefär samma resultat men eftersom skalen ingår i denna beräkning blir näringsinnehållet lägre.

För makroalger och framförallt vass blir halten av växtnäring låg. Vassen har ett lågt näringsinnehåll och en relativt låg utrötningsgrad. Men det kan också vara möjligt att öka utrötningsgraden på olika sätt och kanske också få in ett näringsrikare substrat genom omsorgsfullt val av skördetidpunkt. För makroalgerna är det förmodligen en ganska hög sandinblandning som påverkar utfallet av beräkningen. Jämförelsevärdena för ”normal” biogödsel motsvarar ungefär vad man får ut vid rötning av utsorterat hushållsavfall.

Tabell 3. Beräknat växtnäringsinnehåll i biogödsel från olika substrat vid 5% ts-halt

	Effektiv växtnäring Kg per ton biogödsel		Värde på biogödseln
Substrat	N	P	Kr/ton
Musslor	0,8	0,088	-9
Skarpsill	10,2	1,42	93
Vass	0,31	0,07	-20
Makroalger	0,64	0,170	-28
”Normal” biogödsel	2,5	0,5	15

Värdet på biogödseln återspeglar naturligtvis näringsinnehållet. Det viktiga är inte det absoluta beloppet på värdet utan snarare relationen mellan de olika substraten.

Miljöeffekter av skörd och rötning av nya substrat från havet

Utdraget med resultat i tabell 4 sammanfattar de miljöeffekter som skörd av de olika substraten kan bidra med. Klimateffekten är värderad till 192 kr/ton CO_2-ekvivalenter, bortförsel av kväve till 100 kr/kg N och bortförsel av fosfor till 1000 kr/kg P. Med denna värdering på bortförseln av kväve och fosfor kommer klimateffekten att utgöra en mycket liten andel av miljövärdet. Om det finns möjlighet att stötta skörden och hanteringen av dessa substrat med en summa motsvarande miljövärdet skulle detta innebära en god hjälp för att få en ekonomiskt försvarbar hantering av dessa substrat.

Utöver effekten på klimat och övergödning kan användningen av substraten värderas med avseende på hushållningen av resurser. Detta kan kvantifieras som inbesparad fossil energi och minskat behov av kväve och fosfor i handelsgödsel.

Tabell 4. Miljöeffekter, minskning av fossil energianvändning och ersatt handelsgödsel per ton substrat och ett exempel på värdering i kr per ton.

		Musslor	Skarpsill	Vass	Makro-alger
Klimateffekt gas, CO_2-ekv	(kg CO_2/ton substrat)	60	242	133	30
Klimateffekt biogödsel, CO_2-ekv	(kg CO_2/ton substrat)	224	144	7	8
Total klimateffekt	(kg CO_2/ton substrat)	284	386	140	38
Bortförsel N	(kg/ton substrat)	12,7	25,9	3,14	2,72
Bortförsel P	(kg/ton substrat)	0,90	2,30	0,31	0,30
Värdet av klimateffekten	(kr/ton substrat)	54	74	27	7
Värdet av bortförsel kväve	(kr/ton substrat)	1270	2590	314	272
Värdet av bortförsel fosfor	(kr/ton substrat)	900	2300	310	300
Total värde av miljöeffekter	(kr/ton substrat)	2224	4964	651	579
Av gasen ersatt fossil energi	(MJ/ton substrat)	1090	4393	2405	541
Energibesparing biogödsel	(MJ/ton substrat)	265	838	19	43
Total minskning fossil energi	(MJ/ton substrat)	1355	5231	2425	585
Effektiv växtnäring N	(kg/ton substrat)	8,1	16,5	1,3	1,2
Effektiv växtnäring P	(kg/ton substrat)	0,90	2,30	0,31	0,30

Kväveeffekt efter spridning av en kväverik biogödsel

Referenser

Carlsson, M. & Uldal, M. 2009. *Substrathandbok för biogasproduktion*. Svenskt Gastekniskt Centrum Rapp. 200

Fredriksson, H. 2002. *Storskalig sommarskörd av vass- energiåtgång, kostnader och flöden av växtnäring för system med skörd och efterföljande behandling.* Examensarbete. Institutionen för lantbruksteknik. Institutionsmeddelande 2002:01

Granéli, W. 1990. *Standing Crop and Mineral Content of Reed, Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steudel, inSweden: Management of Reed Stands to Maximize Harvestable Biomass*. Folia Geobotanica & Phytotaxonomica, Vol. 25, No. 3

Lindahl

Livsmedelsdatabasen. 2010. Livsmedelsverket, www.slv.se

Melin, Y. 2001. *Alternativ användning av marina fintrådiga alger.* Rapportnummer 2001:41, Länsstyrelsen i Västra Götaland

Naturvårdsverkets hemsida 2010, miljöövervakning, http://www.naturvardsverket.se/upload/02_tillstandet_i_miljon/officiell_statistik/miljotillstand/kust_och_hav/kvicksilver_fisk/Hg_dataunderlag_0910.txt

Nilsson, J. 2009. *Grundämnen och organiska miljögifter i blåmusslor från odlingar i Kalmarsund*. Högskolan i Kalmar. Rapport 2009:1

Nordell, E. 2010. *Utredning: Blåmusslor som biogassubstrat*. Tekniska Verken i Linköping

Olrog, L. & Christensson, E. 2008. *Användning av musslor och musselrester som gödselmedel i jordbruket.* Hushållningssällskapet Väst Rapport nr. 1 2008

SLU. 2001. Fakta Jordbruk nr. 7

Tahvonen, R., Aro, Tarja; Nurmi, Johanna; Kallio, Heikki. 2000. *Mineral content in Baltic herring and Baltic herring products*. Journal of Food Composition and Analysis , Volume 13 (6)

Trelleborgs kommun. 2007. *Tång och alger som en naturresurs och förnyelsebar energikälla*. Uppdragsnummer 1269

Unosson, L. 1980. *Tungmetaller i bladvass*. Arbete vid Limn. Inst. Lunds Universitet

Bilaga 1

Resultat av beräkningarna

		Substrat			
		Musslor	Skarpsill	Vass	Makro-alger
Bortförsel N	(kg/ton substrat)	12,7	25,9	3,14	2,72
Bortförsel P	(kg/ton substrat)	0,90	2,30	0,31	0,30
Bortförsel K	(kg/ton substrat)	1,20	3,45	2,29	1,64
Bortförsel Mg	(kg/ton substrat)	0,56	0,30	0,57	0,87
Effektiv växtnäring N	(kg/ton biogödsel 5% ts)	0,79	10,21	0,31	0,64
Effektiv växtnäring P	(kg/ton biogödsel 5% ts)	0,088	1,420	0,070	0,170
Effektiv växtnäring K	(kg/ton biogödsel 5% ts)	0,12	2,13	0,54	0,90
Effektiv växtnäring N	(kg/ton substrat)	8,1	16,5	1,3	1,2
Bly, Pb	(Andel av max. tillåten giva)	4%		20%	10%
Kadmium, Cd	(Andel av max. tillåten giva)	100%	15%	100%	100%
Koppar, Cu	(Andel av max. tillåten giva)	6%	2%	8%	2%
Krom, Cr	(Andel av max. tillåten giva)	1%		7%	3%
Kvicksilver, Hg	(Andel av max. tillåten giva)	6%	18%		1%
Nickel, Ni	(Andel av max. tillåten giva)	16%			17%
Zink, Zn	(Andel av max. tillåten giva)	18%	27%	22%	8%
Ts-halt i substrat		56%	27%	35%	12%
Teoretisk ts-halt biogödsel		54%	10%	25%	9%
Max hektargiva vid 5% ts-halt	(ton/ha)	108	10,21	70	10,1
Maxgiva ammoniumkväve	(kg/ha (1-årsgiva, max 150 kg))	101	150	26	8
Maxgiva fosfor	(kg/ha (1-årsgiva, max 22 kg))	10	18	5	2
Begränsande ämne		Cd	NH4-N	Cd	Cd
Kadmium-fosforkvot	(mg Cd/kg P)	79	6	145	444
I beräkningen använd hektargiva	(ton/ha vid 5% ts)	30	10,2	30	10,1
Beräknat värde biogödsel	(kr/ton biogödsel, 5% ts)	-9	93	-20	-28
Mängd biogödsel	(ton/ton substrat)	10,2	1,6	4,3	1,8
Beräknat värde biogödsel	(kr/ton substrat)	-92	150	-85	-50,90

		Musslor	Skarpsill	Vass	Makro-alger
Teoretisk metanproduktion	(Nm^3/ton substrat)	38	153	84	19
Praktisk metanproduktion	(Nm^3/ton substrat)	30	122	67	15
Klimateffekt gas, CO_2-ekv	(kg CO_2/ton substrat)	60	242	133	30
Klimateffekt biogödsel, CO_2-ekv	(kg CO_2/ton biogödsel, 5% ts)	22	89	1,69	4,6
Klimateffekt biogödsel, CO_2-ekv	(kg CO_2/ton substrat)	224	144	7	8
Total klimateffekt	(kg CO_2/ton substrat)	284	386	140	38
Av gasen ersatt fossil energi	(MJ/ton substrat)	1090	4393	2405	541
Energibesparing biogödsel	(MJ/ton biogödsel (5% ts))	26	518	5	23,8
Energibesparing biogödsel	(MJ/ton substrat)	265	838	19	43
Total minskning fossil energi	(MJ/ton substrat)	1355	5231	2425	585
Av gasen ersatt fossil energi	(liter olja/ton substrat)	25	102	55	12
Energibesparing biogödsel	(liter olja/ton substrat)	6	19	0	1
Total minskning fossil energi	(liter olja/ton substrat)	32	122	56	14
Potential	(ton substrat)	20 000	20 000	15 000	200 000
Total bortförsel N	(kg)	254 000	518 312	47 119	543 444
Total bortförsel P	(kg)	18 000	46 000	4 699	60 525
Total bortförsel K	(kg)	24 000	69 000	34 361	327 648
Total effektiv växtnäring N	(kg)	161 925	330 327	19 834	232 678
Total mängd biogödsel 5% ts	(ton)	203 905	32 353	63 981	363 559
Beräknat värde biogödsel	(kkr)	-1 835	3 009	-1 280	-10 180
Teoretisk metanproduktion	(Nm^3)	759 121	3 060 000	1 256 719	3 771 667
Praktisk metanproduktion	(Nm^3)	607 297	2 448 000	1 005 375	3 017 333
Klimateffekt gas, CO_2-ekv	(ton CO_2)	1 202	4 847	1 991	5 974
Klimateffekt biogödsel, CO_2-ekv	(ton CO_2)	4 486	2 879	108	1 672
Total klimateffekt	(ton CO_2)	5 688	7 726	2 099	7 647
Av gasen ersatt fossil energi	(GJ)	21 795	87 855	36 082	108 288
Energibesparing biogödsel	(GJ)	5 302	16 759	292	8 653
Total minskning fossil energi	(MJ)	27 097	104 614	36 374	116 941
Av gasen ersatt fossil energi	(liter olja)	506 862	2 043 150	839 106	2 518 327
Energibesparing biogödsel	(liter olja)	123 292	389 744	6 800	201 226
Total minskning fossil energi	(liter olja)	630 154	2 432 894	845 906	2 719 553

Bilaga 2

Beräkning av miljöeffekter och näringsflöden för olika substrat

Substrat: Musslor

Ingående substrat				**Utfall biogödsel**		
Utrötningsgrad:	(% av VS):	60%	Beräknad	Mängd	(% av ing substr):	95%
Andel NH_4-N		75%	Antagen	Teoretisk torrsubstanshalt	(%):	54%
Antagen ts-halt i biogödsel		5,0%				
Torrsubstans	(%):	56%		Antagen ts-halt biogödsel		5,0%
pH				pH		
Kalkverkan (CaO)	(% av TS):	34,0%		Kalkverkan (CaO)	(% av TS):	37,7%
Organiskt innehåll	(g/kg TS):	161		Organiskt innehåll	(g/kg TS):	72
VS	(% av TS):	16%		Mullstabilitet	(klass A-C):	
Totalkväve, N-tot	(g/kg TS):	22,5		Totalkväve, N-tot	(g/kg TS):	24,9
Amm kväve, NH4-N	(g/kg TS):	3,72		Amm kväve, NH4-N	(g/kg TS):	18,7
Fosfor, P	(g/kg TS):	1,60		Fosfor, P	(g/kg TS):	1,77
Kalium, K	(g/kg TS):	2,13		Kalium, K	(g/kg TS):	2,35
Svavel, S	(g/kg TS):			Svavel, S	(g/kg TS):	
Kalcium, Ca	(g/kg TS):			Kalcium, Ca	(g/kg TS):	
Magnesium, Mg	(g/kg TS):	0,99		Magnesium, Mg	(g/kg TS):	1,10
Kisel, Si	(g/kg TS):			Kisel, Si	(g/kg TS):	0,0
Natrium, Na	(g/kg TS):	5,50		Natrium, Na	(g/kg TS):	6,08
Klor, Cl	(g/kg TS):	6,38		Klor, Cl	(g/kg TS):	7,06
Aluminium, Al	(g/kg TS):			Aluminium, Al	(g/kg TS):	
Järn, Fe	(g/kg TS):			Järn, Fe	(g/kg TS):	
Titan, Ti	(g/kg TS):			Titan, Ti	(g/kg TS):	
Bly, Pb	(mg/kg TS):	0,18		Bly, Pb	(mg/kg TS):	0,20
Kadmium, Cd	(mg/kg TS):	0,12		Kadmium, Cd	(mg/kg TS):	0,14
Koppar, Cu	(mg/kg TS):	2,93		Koppar, Cu	(mg/kg TS):	3,25
Krom, Cr	(mg/kg TS):	0,077		Krom, Cr	(mg/kg TS):	0,086
Kvicksilver, Hg	(mg/kg TS):	0,014		Kvicksilver, Hg	(mg/kg TS):	0,016
Nickel, Ni	(mg/kg TS):	0,69		Nickel, Ni	(mg/kg TS):	0,761
Zink, Zn	(mg/kg TS):	17,9		Zink, Zn	(mg/kg TS):	19,8
Tenn, Sn	(mg/kg TS):	0,031		Tenn, Sn	(mg/kg TS):	0,035
Silver, Ag	(mg/kg TS):	0,040		Silver, Ag	(mg/kg TS):	0,044
Guld, Au	(mg/kg TS):			Guld, Au	(mg/kg TS):	
Mangan, Mn	(mg/kg TS):	62		Mangan, Mn	(mg/kg TS):	68,8
Kobolt, Co	(mg/kg TS):	0,066		Kobolt, Co	(mg/kg TS):	0,1
Molybden, Mo	(mg/kg TS):			Molybden, Mo	(mg/kg TS):	
Bor, B	(mg/kg TS):			Bor, B	(mg/kg TS):	
Arsenik, As	(mg/kg TS):	0,81		Arsenik, As	(mg/kg TS):	0,9
Barium, Ba	(mg/kg TS):			Barium, Ba	(mg/kg TS):	
Vanadin, V	(mg/kg TS):			Vanadin, V	(mg/kg TS):	

Bilaga 3

Beräkning av miljöeffekter och näringsflöden för olika substrat

Substrat: Skarpsill

Ingående substrat				**Utfall biogödsel**		
Utrötningsgrad:	(% av VS):	73%	Beräknad	Mängd	(% av ing substr):	81%
Andel NH_4-N		75%	Antagen	Teoretisk torrsubstanshalt	(%):	10%
Antagen ts-halt i biogödsel		5,0%				
Torrsubstans	(%):	27%		Antagen ts-halt biogödsel		5,0%
pH				pH		
Kalkverkan (CaO)	(% av TS):			Kalkverkan (CaO)	(% av TS):	
Organiskt innehåll	(g/kg TS):	951		Organiskt innehåll	(g/kg TS):	839
VS	(% av TS):	95%		Mullstabilitet	(klass A-C):	
Totalkväve, N-tot	(g/kg TS):	96,7		Totalkväve, N-tot	(g/kg TS):	320
Amm kväve, NH4-N	(g/kg TS):			Amm kväve, NH4-N	(g/kg TS):	240
Fosfor, P	(g/kg TS):	8,58		Fosfor, P	(g/kg TS):	28,4
Kalium, K	(g/kg TS):	12,9		Kalium, K	(g/kg TS):	42,6
Svavel, S	(g/kg TS):			Svavel, S	(g/kg TS):	
Kalcium, Ca	(g/kg TS):	1,9		Kalcium, Ca	(g/kg TS):	6,2
Magnesium, Mg	(g/kg TS):	1,12		Magnesium, Mg	(g/kg TS):	3,71
Kisel, Si	(g/kg TS):			Kisel, Si	(g/kg TS):	
Natrium, Na	(g/kg TS):	1,49		Natrium, Na	(g/kg TS):	4,95
Klor, Cl	(g/kg TS):			Klor, Cl	(g/kg TS):	
Aluminium, Al	(g/kg TS):			Aluminium, Al	(g/kg TS):	
Järn, Fe	(g/kg TS):	0,26		Järn, Fe	(g/kg TS):	0,9
Titan, Ti	(g/kg TS):			Titan, Ti	(g/kg TS):	
Bly, Pb	(mg/kg TS):			Bly, Pb	(mg/kg TS):	
Kadmium, Cd	(mg/kg TS):	0,051		Kadmium, Cd	(mg/kg TS):	0,17
Koppar, Cu	(mg/kg TS):	2,87		Koppar, Cu	(mg/kg TS):	9,52
Krom, Cr	(mg/kg TS):			Krom, Cr	(mg/kg TS):	
Kvicksilver, Hg	(mg/kg TS):	0,13		Kvicksilver, Hg	(mg/kg TS):	0,43
Nickel, Ni	(mg/kg TS):			Nickel, Ni	(mg/kg TS):	
Zink, Zn	(mg/kg TS):	78,4		Zink, Zn	(mg/kg TS):	260
Tenn, Sn	(mg/kg TS):			Tenn, Sn	(mg/kg TS):	
Silver, Ag	(mg/kg TS):			Silver, Ag	(mg/kg TS):	
Guld, Au	(mg/kg TS):			Guld, Au	(mg/kg TS):	0,0
Mangan, Mn	(mg/kg TS):	5		Mangan, Mn	(mg/kg TS):	16,1
Kobolt, Co	(mg/kg TS):			Kobolt, Co	(mg/kg TS):	
Molybden, Mo	(mg/kg TS):			Molybden, Mo	(mg/kg TS):	
Bor, B	(mg/kg TS):			Bor, B	(mg/kg TS):	
Arsenik, As	(mg/kg TS):	0,97		Arsenik, As	(mg/kg TS):	3,2
Barium, Ba	(mg/kg TS):			Barium, Ba	(mg/kg TS):	
Vanadin, V	(mg/kg TS):			Vanadin, V	(mg/kg TS):	

Bilaga 4

Beräkning av miljöeffekter och näringsflöden för olika substrat

Substrat: Bladvass

Ingående substrat				**Utfall biogödsel**		
Utrötningsgrad:	(% av VS):	41%	Beräknad	Mängd	(% av ing substr):	86%
Andel NH_4-N		50%	Antagen	Teoretisk torrsubstanshalt	(%):	25%
Antagen ts-halt i biogödsel		5,0%				
Torrsubstans	(%):	35%		Antagen ts-halt biogödsel		5,0%
pH				pH		
Kalkverkan (CaO)	(% av TS):			Kalkverkan (CaO)	(% av TS):	
Organiskt innehåll	(g/kg TS):	957		Organiskt innehåll	(g/kg TS):	930
VS	(% av TS):	96%		Mullstabilitet	(klass A-C):	
Totalkväve, N-tot	(g/kg TS):	9,0		Totalkväve, N-tot	(g/kg TS):	14,7
Amm kväve, NH4-N	(g/kg TS):			Amm kväve, NH4-N	(g/kg TS):	7,4
Fosfor, P	(g/kg TS):	0,90		Fosfor, P	(g/kg TS):	1,47
Kalium, K	(g/kg TS):	6,55		Kalium, K	(g/kg TS):	10,7
Svavel, S	(g/kg TS):			Svavel, S	(g/kg TS):	
Kalcium, Ca	(g/kg TS):	1,4		Kalcium, Ca	(g/kg TS):	2,3
Magnesium, Mg	(g/kg TS):	1,62		Magnesium, Mg	(g/kg TS):	2,66
Kisel, Si	(g/kg TS):			Kisel, Si	(g/kg TS):	
Natrium, Na	(g/kg TS):	0,82		Natrium, Na	(g/kg TS):	1,34
Klor, Cl	(g/kg TS):			Klor, Cl	(g/kg TS):	
Aluminium, Al	(g/kg TS):			Aluminium, Al	(g/kg TS):	
Järn, Fe	(g/kg TS):	50,4		Järn, Fe	(g/kg TS):	82,7
Titan, Ti	(g/kg TS):			Titan, Ti	(g/kg TS):	
Bly, Pb	(mg/kg TS):	0,86		Bly, Pb	(mg/kg TS):	1,4
Kadmium, Cd	(mg/kg TS):	0,13		Kadmium, Cd	(mg/kg TS):	0,21
Koppar, Cu	(mg/kg TS):	4,04		Koppar, Cu	(mg/kg TS):	6,6
Krom, Cr	(mg/kg TS):	0,45		Krom, Cr	(mg/kg TS):	0,74
Kvicksilver, Hg	(mg/kg TS):			Kvicksilver, Hg	(mg/kg TS):	
Nickel, Ni	(mg/kg TS):			Nickel, Ni	(mg/kg TS):	
Zink, Zn	(mg/kg TS):	22,7		Zink, Zn	(mg/kg TS):	37,2
Tenn, Sn	(mg/kg TS):			Tenn, Sn	(mg/kg TS):	
Silver, Ag	(mg/kg TS):			Silver, Ag	(mg/kg TS):	
Guld, Au	(mg/kg TS):			Guld, Au	(mg/kg TS):	
Mangan, Mn	(mg/kg TS):	107		Mangan, Mn	(mg/kg TS):	175
Kobolt, Co	(mg/kg TS):			Kobolt, Co	(mg/kg TS):	
Molybden, Mo	(mg/kg TS):			Molybden, Mo	(mg/kg TS):	
Bor, B	(mg/kg TS):			Bor, B	(mg/kg TS):	
Arsenik, As	(mg/kg TS):			Arsenik, As	(mg/kg TS):	
Barium, Ba	(mg/kg TS):			Barium, Ba	(mg/kg TS):	
Vanadin, V	(mg/kg TS):			Vanadin, V	(mg/kg TS):	

Bilaga 5

Beräkning av miljöeffekter och näringsflöden för olika substrat

Substrat: Makroalger

Ingående substrat				**Utfall biogödsel**		
Utrötningsgrad:	(% av VS):	41%	Beräknad	Mängd	(% av ing substr):	97%
Andel NH_4-N		50%	Antagen	Teoretisk torrsubstanshalt	(%):	9%
Antagen ts-halt i biogödsel		5,0%				
Torrsubstans	(%):	12%		Antagen ts-halt biogödsel		5,0%
pH				pH		
Kalkverkan (CaO)	(% av TS):			Kalkverkan (CaO)	(% av TS):	
Organiskt innehåll	(g/kg TS):	620		Organiskt innehåll	(g/kg TS):	491
VS	(% av TS):	62%		Mullstabilitet	(klass A-C):	
Totalkväve, N-tot	(g/kg TS):	22,3		Totalkväve, N-tot	(g/kg TS):	29,9
Amm kväve, NH4-N	(g/kg TS):			Amm kväve, NH4-N	(g/kg TS):	15,0
Fosfor, P	(g/kg TS):	2,49		Fosfor, P	(g/kg TS):	3,33
Kalium, K	(g/kg TS):	13,5		Kalium, K	(g/kg TS):	18,0
Svavel, S	(g/kg TS):			Svavel, S	(g/kg TS):	
Kalcium, Ca	(g/kg TS):	18,0		Kalcium, Ca	(g/kg TS):	24,1
Magnesium, Mg	(g/kg TS):	7,19		Magnesium, Mg	(g/kg TS):	9,62
Kisel, Si	(g/kg TS):	0,25		Kisel, Si	(g/kg TS):	0,3
Natrium, Na	(g/kg TS):	21,3		Natrium, Na	(g/kg TS):	28,6
Klor, Cl	(g/kg TS):	19,7		Klor, Cl	(g/kg TS):	26,4
Aluminium, Al	(g/kg TS):	0,95		Aluminium, Al	(g/kg TS):	1,3
Järn, Fe	(g/kg TS):	2,17		Järn, Fe	(g/kg TS):	2,9
Titan, Ti	(g/kg TS):	0,026		Titan, Ti	(g/kg TS):	0,0
Bly, Pb	(mg/kg TS):	3,77		Bly, Pb	(mg/kg TS):	5,05
Kadmium, Cd	(mg/kg TS):	1,10		Kadmium, Cd	(mg/kg TS):	1,48
Koppar, Cu	(mg/kg TS):	7,98		Koppar, Cu	(mg/kg TS):	10,7
Krom, Cr	(mg/kg TS):	2,01		Krom, Cr	(mg/kg TS):	2,69
Kvicksilver, Hg	(mg/kg TS):	0,036		Kvicksilver, Hg	(mg/kg TS):	0,048
Nickel, Ni	(mg/kg TS):	6,40		Nickel, Ni	(mg/kg TS):	8,57
Zink, Zn	(mg/kg TS):	74,1		Zink, Zn	(mg/kg TS):	99,2
Tenn, Sn	(mg/kg TS):			Tenn, Sn	(mg/kg TS):	
Silver, Ag	(mg/kg TS):			Silver, Ag	(mg/kg TS):	
Guld, Au	(mg/kg TS):			Guld, Au	(mg/kg TS):	
Mangan, Mn	(mg/kg TS):	47		Mangan, Mn	(mg/kg TS):	63,0
Kobolt, Co	(mg/kg TS):	0,81		Kobolt, Co	(mg/kg TS):	1,1
Molybden, Mo	(mg/kg TS):	0,65		Molybden, Mo	(mg/kg TS):	0,9
Bor, B	(mg/kg TS):	217		Bor, B	(mg/kg TS):	290
Arsenik, As	(mg/kg TS):	3,85		Arsenik, As	(mg/kg TS):	5,2
Barium, Ba	(mg/kg TS):	23,0		Barium, Ba	(mg/kg TS):	30,8
Vanadin, V	(mg/kg TS):	2,73		Vanadin, V	(mg/kg TS):	3,7