

Energi- och kostnadseffektiv biogasproduktion från avfall

- kartläggning och jämförande av nyckeltal

Johan Yngvesson, Emelie Persson, Martin Fransson,
Marcus Olsson, Gunilla Henriksson, Johanna Björkmalm

Energi- och kostnadseffektiv biogasproduktion från avfall

- kartläggning och jämförande av nyckeltal

Benchmarking energy and cost for biogas production from organic waste materials

Johan Yngvesson, Emelie Persson, Martin Fransson,
Marcus Olsson, Gunilla Henriksson, Johanna Björkmalm

Projektnummer WR-54

År: 2013

WASTE REFINERY
SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
Box 857, 501 15 Borås
www.wasterefinery.se
wasterefinery@sp.se
ISSN 1654-4706

Sammanfattning

Samrötning och förbehandling av matavfall är i Sverige en relativt ny verksamhet där den första anläggningen för att utföra detta byggdes under tidigt 90-tal och de senaste anläggningarna är idag under uppbyggnad. Eftersom det inte funnits någon nyckelfärdig och välbeprövad teknik att tillgå avseende förbehandling av matavfall är nästan ingen anläggning lik någon annan. Att på ett systematiskt sätt kartlägga individuella energi- och resursbehov hos dessa anläggningar underlättar och stimulerar respektive anläggnings förbättringsarbete samtidigt som det ger branschen värdefull kunskap. I detta projekt har medverkande anläggningar, fyra samröttnings- och fyra förbehandlingsanläggningar, fått verktyg för att kartlägga sin process, ta fram nyckeltal samt medverkat i erfarenhetsutbyte mellan varandra. Projektets mål har varit att ta fram jämförbara nyckeltal som kan utgöra ett underlag för förbättringsarbetet vid samröttnings- och förbehandlingsanläggningar. Målgrupp för rapporten är ägare och driftansvariga vid motsvarande anläggningar men även projekterare, teknik konsulter och utrustningsleverantörer samt kommuner och bolag som arbetar med eller planerar att arbeta med insamling av matavfall för biogasproduktion.

Arbetet genomfördes i flera delmoment; 1) bestämning av zonindelning samt relevanta nyckeltal 2) datainsamling genom enkäter, besök och samtal och 3) analys av data/benchmarking för visualisering av nyckeltal. Vid tre workshops diskuterade projektgruppen goda exempel på teknik och processer och problemorsaker samt förbättringsmöjligheter.

Projektet har inneburit en identifiering av de kostnader på anläggningarna som är höga. Förbehandlingen, som är den mest kostnadskrävande funktionen, uppvisar en medelkostnad på 210 kr/ton avfall. Spridningen är dock stor och uppgår till en faktor fyra mellan anläggningar med den lägsta respektive högsta kostnaden. Slitage på utrustning omnämns som främsta orsak. Några åtgärdsförslag som framkommit är bättre styrning av processerna, tydligare funktionsbeskrivningar och teknikutveckling. På energisidan uppvisar integrerad hygienisering med termofil rötning 50 % lägre energianvändning mot konventionell hygienisering och rötning. Även förbehandling och ventilation uppvisar mycket stora skillnader i elanvändning per ton mottagen mängd avfall.

Den modell för jämförelser av olika funktioner hos anläggningarna som tagits fram erbjuder möjlighet för framtida benchmarking av fler nyckeltal. Det är angeläget att fortsätta jämföra nyckeltal för fler år och fler anläggningar för att erhålla bättre underlag för förbättringsarbete. Ett sådant underlag kan tillsammans med goda exempel på sikt erbjuda möjligheter att utforma en BAT, Best Available Technology, för produktion av biogas från matavfall. En fortsatt användning av benchmarkingmodellen och den databas som byggs upp i detta projekt kan erbjuda stöd till ett effektivt och relevant förbättringsarbete för den enskilda anläggningen och för branschen i stort. Det kan även underlätta för den enskilda anläggningen att uppfylla framtida hållbarhetskriterier.

Projektet har bidragit till en samsyn kring delprocesser på anläggningarna och vilka nyckeltal som är intressanta att studera och mäta. Det har även lett till ökade kunskaper om kostnader och energianvändning för produktion av biogas från avfall. I och med detta har flera viktiga åtgärder planerats på anläggningarna för att minska drift- och underhållskostnaderna och öka tillgängligheten.

Nyckelord: benchmarking, biogasanläggning, förbehandlingsanläggning, drift- och underhållskostnader, energianvändning, nyckeltal, samrötning

Summary

Pretreatment and co-digestion of food waste in order to produce biogas are quite new approaches in order to treat organic waste in Sweden. The first plant to co-digest waste was built in the early nineties and the newest plants are not yet ready-built. Since there is lack of a turnkey and well-proven technology regarding pretreatment of food waste the plants differ a lot between each other considering equipment and process. Identifying and benchmarking energy use and operational and maintenance costs at individual plants stimulates improvement work. Furthermore the benchmarking also contributes to a knowledge increase within the industry. Four biogas plants and four pretreatment plants have participated in this project. These eight plants have been given tools to map energy use and costs within their processes, definitions to identify indicators for benchmarking and opportunity to participate in workshops for experience exchange between each other. The goal of the project has been to retrieve comparable indicators which could make a basis of a continuous improvement work at biogas and pretreatment plants. The targeted reader of this report are owners and operation managers at pretreatment plants and biogas plants, as well as suppliers of technical equipment, consultants and municipalities planning to implement collection of food waste to use in biogas production.

The project has been carried out in three main parts; 1) establishing a plant breakdown into functional zones and identifying relevant indicators, 2) collecting data through surveys, visits and dialogues and 3) analyzing data and benchmarking results to visualize differences and potential. Throughout the project workshops have been arranged to enable discussions about identified problems, technical deficiencies and potential improvements.

The project have resulted in an identification of high cost functions on a biogas plant. It defines the biggest costs and energy uses and is followed by a possible explanation to why the costs are high and what type of improvements that can be made. The pretreatment, which is the most cost intensive function of a plant, shows a mean cost of 210 SEK/tonnes of incoming waste. However, the spread between the plants are substantial, the plant with the lowest cost and the plant with the highest cost differ by a factor of four. Wear and tear as well as poor constructions are two reasons for the large variations in cost. Several suggestions of improvements have appeared, including improved process control, a clearer description of the functional zones and the need for technical development. When it comes to the energy usage, integrated hygienization with thermophilic digestion uses 50 % less energy compared to conventional hygienization and digestion. Two other functional zones that show large variation in energy use per tonnes of incoming waste are the pretreatment and the ventilation and deodorization.

The benchmarking model that has been developed in this project offers possibilities for future benchmarking involving additional indicators. It is of great importance to continue comparing indicators for several years and include additional plants to acquire a more reliable material to use in improvement work. This type of material can together with good examples of processes and techniques lead to a compilation of BAT, Best Available Technology, for production of biogas from food waste. A continuous usage of the benchmarking model and the database that has been constructed in this project can offer support to an efficient and relevant work of improvement for individual plants as well as for the whole industry. It can also facilitate for biogas plants to meet more stringent criteria for sustainability regarding biogas for fuel in Sweden, HBK.

The project has contributed to a consensus around the definition of processes and functions at biogas plants and what type of indicators to study and measure. The project has also resulted in increased knowledge about costs and disparities in energy use when producing biogas from food waste. As a result of this, several important activities have been planned at participating plants in order to reduce operation and maintenance costs, decrease energy use and increase availability.

Keywords: benchmarking, biogas plant, pretreatment plant, operation and maintenance costs, indicator, co-digestion

Förord

Projektet har utförts tillsammans med flertalet biogas- och förbehandlingsanläggningar. Till projektet har också en referensgrupp varit involverad. Rapporten är sammanställd av projektgruppen utifrån synpunkter som inhämtats från alla medverkande parter via workshops, telefonmöten, anläggningsbesök, personliga intervjuer och mailkonversationer.

Projektgruppen har bestått av följande personer/organisationer:

Emelie Persson/BioMil AB
Gunilla Henriksson/SP Energiteknik
Marcus Olsson/SP Energiteknik
Martin Fransson/BioMil AB
Jessica Benson/SP Energiteknik
Johan Yngvesson/SP Energiteknik
Johanna Björkmalm/SP Energiteknik

Medverkande biogas- och förbehandlingsanläggningar, personer/organisationer:

Anna Hörberg/Jönköping Energi Biogas
Anna-Karin Schön/Borås Energi och Miljö AB
Catarina Jönsson/SYSAV
David Börjesson/Bio Pre Plant
Peter Edlund och Khalid Aljubori/Skellefteå kommun
Peter Skruf/Renova
Stig Säll/Falköping Biogas
Åsa Rensvik/SRV Återvinning

Projektet har finansierats av Waste Refinery, Västra Götalandsregionen samt de medverkande anläggningarna.

Stort TACK till alla deltagande anläggningar som bidragit med både tid och kunskap och ett mycket bra samarbete!

Borås november 2013

Johan Yngvesson

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
1.1	PROBLEMBESKRIVNING	1
1.2	SYFTE OCH MÅL	1
1.3	AVGRÄNSNINGAR	2
1.4	ORDLISTA	3
2	BAKGRUND	4
2.1	SAMRÖTNINGSANLÄGGNINGARS BESTÅNDSDELAR OCH DELPROCESSER	4
2.2	DRIFT- OCH UNDERHÅLLSKOSTNADER VID BIOGAS- OCH BIOGÖDSELPRODUKTION FRÅN AVFALL	6
2.3	NYCKELTAL SOM VERKTYG FÖR FÖRBÄTTRINGSARBETE	6
3	MATERIAL OCH METODER	9
3.1	VAL AV PARAMETRAR OCH NYCKELTAL	9
3.2	INDELNING I ZONER OCH UNDERZONER	10
3.3	DELTAGANDE ANLÄGGNINGAR	12
3.4	INSAMLING AV DATA	12
3.5	FRAMTAGNING AV NYCKELTALSJÄMFÖRELSE	13
3.6	AVIDENTIFIERING AV ANLÄGGNINGAR	13
3.7	WORKSHOPS MED DELTAGANDE ANLÄGGNINGAR	14
3.8	GENOMFÖRANDE AV RESULTATANALYS	14
3.9	KOMMUNIKATION	14
3.10	EXAMENSARBETE	14
4	RESULTAT AV DATAINVENTERING	15
4.1	AVFALLSMÄNGDER	15
4.2	BIOGASPRODUKTION	16
4.3	ELANVÄNDNING	16
4.4	VÄRMEANVÄNDNING	18
4.5	DRIVMEDEL	20
4.6	PROCESSHJÄLPMEDEL	21
4.7	RESERVDELAR OCH FÖRBRUKNINGSMATERIAL	23
4.8	PERSONALKOSTNAD	25
4.9	EXTERNA TJÄNSTER	27
4.10	SUMMERING AV KOSTNADER FÖR VARJE ZON	29
4.11	OPLANERADE OCH PLANERADE STOPP	29
5	RESULTAT AV BENCHMARKING	30
5.1	BENCHMARKING TOTALKOSTNADER	30
5.2	BENCHMARKING ZON 1 FÖRBEHANDLING	32
5.3	BENCHMARKING ZON 2 HYGIENISERING OCH ZON 3 RÖTNING & LAGER	38
5.4	BENCHMARKING ZON 4 AVVATTNING	41
5.5	BENCHMARKING ZON 5 VENTILATION OCH LUKTREDUKTION	42
5.6	BENCHMARKING ZON 6 STÖDPROCESSER	43
5.7	MEDELKOSTNAD FÖR ANLÄGGNINGEN OCH RESPEKTIVE ZON	45
5.8	ENERGIEFFEKTIVITET	46
6	RESULTATANALYS OCH DISKUSSION	49
6.1	MÅLUPPFYLLELSE	50
6.2	TEKNIK- OCH PROCESSVAL	51
6.3	FÖRBÄTTRINGSÅTGÄRDER OCH GODA EXEMPEL PÅ ANLÄGGNINGARNA	52
6.4	FÖRSLAG PÅ FÖRBÄTTRINGSÅTGÄRDER FÖR METODEN MED NYCKELTALSJÄMFÖRELSE	53
7	SLUTSATSER	56
8	REKOMMENDATIONER OCH ANVÄNDNING	58

9	REFERENSER	59
---	------------	----

Bilagor

A	BESKRIVNING AV ZONINDELNING I EKEBIP	68
---	--------------------------------------	----

1 Inledning

1.1 Problembeskrivning

Samrötning och förbehandling av matavfall är i Sverige en relativt ny verksamhet där den första anläggningen för att utföra detta byggdes under tidigt 90-tal och de senaste anläggningarna är idag under uppbyggnad. Eftersom det inte funnits någon nyckelfärdig och välbeprövad teknik att tillgå avseende förbehandling av matavfall är nästan ingen anläggning lik någon annan. Efter en tid av drift med dessa tekniker finns det därför ett behov av att på ett systematiskt sätt försöka jämföra de olika anläggningarna med varandra, samt att kartlägga deras individuella energi- och resursbehov och underlätta och stimulera pågående förbättringsarbete som idag sker på anläggningarna. Arbetet med att jämföra nyckeltal avser framförallt att ge anläggningarna ökade kunskaper om sin potential och sina möjligheter att ytterligare optimera sina processer och i förläggningen minska sina kostnader.

Ett strukturerat förbättringsarbete avseende energianvändning och produktionskostnader hos svenska förbehandlings- och biogasanläggningar är också viktigt ur ett samhällsekonomiskt perspektiv samt för att minimera avfallshanteringens miljöpåverkan och gynna produktionen av förnyelsebar energi. Utöver detta är det också ett viktigt område för att öka kunskapen om tekniken generellt och därmed öka trovärdigheten för rötningsprocessen som en teknik för biologisk återvinning av organiskt material i samhället.

I februari 2012 trädde en ny lagstiftning igenom, de så kallade hållbarhetskriterierna, HBK. Den nya lagen innebär att om en biogasanläggning ska kunna sälja producerad biogas som fordonbränsle och samtidigt erhålla skattesatsen noll procent måste biogasen från och med den 1 februari 2012 uppfylla kraven enligt HBK [1], [2]. För att uppfylla hållbarhetskriterierna måste biogasproducenten varje år visa att biogasen är producerad på ett hållbart sätt och att den totala utsläppsminskningen av växthusgaser från hela produktionskedjan är minst 35 % jämfört med referensvärdet för fossila bränslen. Nivån på utsläppsminskning som ska uppnås kommer att skärpas successivt kommande år. I processen att bestämma de totala utsläppen från produktionskedjan ingår det bl.a. att mäta el och värme från de olika delprocesserna i biogasproduktionen. Den insats som planeras i detta projekt bidrar till att anläggningarna får ökad kontroll på sina energiflöden, vilket gör det lättare för dem att klara nuvarande och kommande krav för redovisning av hållbarhetskriterier.

1.2 Syfte och mål

Syftet med projektet är att kartlägga energianvändning samt drift- och underhållskostnader vid anläggningar som behandlar matavfall för biogasproduktion.

Projektets mål är att ta fram jämförbara nyckeltal som kan utgöra ett underlag för förbättringsarbetet vid samröttnings- och förbehandlingsanläggningar. I förläggningen ska projektet bidra till ökad driftsäkerhet, minskad resursanvändning och kostnadseffektivare biogasproduktion vid befintliga och nya anläggningar. Vidare ska projektresultaten kunna fungera som vägledning vid nyetableringar samt erbjuda större kunskap om el- och värmeanvändning på deltagande anläggningar, för att sedan kunna användas vid

redovisande enligt hållbarhetskriterierna. Målsättningen i studien har delats in i följande delmål:

- Definiera jämförbara delprocesser, så kallade zoner, på en samrötningsanläggning
- Ta fram nyckeltal för de olika delprocesserna
- Öka kunskapen om el- och värmeflöden på den enskilda anläggningen för redovisande av hållbarhetskriterier
- Skapa en benchmarkingmodell för jämförelser av processers effektivitet
- Identifiera goda exempel på teknikval eller process för energi- och kostnadseffektiv produktion av biogas och biogödsel
- Genomföra tre workshops för kunskapsöverföring och erfarenhetsutbyte mellan deltagande anläggningar.

Medverkande anläggningar förväntas erhålla en effektivare process efter deltagande i projektet och genom detta reducera sina kostnader och få en ökad tillgänglighet. Detta tydliggörs i följande mätbara mål som projektet avsett uppnå och som relaterar till Waste Refinerys verksamhetsmål:

- 1) minska drift- och underhållskostnaderna för deltagande anläggningar med minst 5 %.
- 2) minska oplanerade driftstopp med 10 % hos de deltagande anläggningarna.
- 3) öka deltagande anläggningars sammanlagda metanproduktion med 2 %.

1.2.1 Målgrupp

Målgrupper är främst ägare och driftsansvariga på befintliga biogas- eller förbehandlingsanläggningar, beredningsansvariga för nyetableringar, teknikkonsulter och producenter av utrustning. Vidare riktar sig rapporten till kommuner, energibolag och avfallsbolag som arbetar eller planerar att arbeta med insamling av matavfall för biogasproduktion.

1.3 Avgränsningar

Projektet omfattar förbehandlingsanläggningar för matavfall samt samrötningsanläggningar, d.v.s. anläggningar som behandlar organiskt avfall såsom matavfall, slakteriavfall och rester från livsmedelsindustri eller lantbruk, totalt ingår åtta stycken anläggningar. Gårdsanläggningar, d.v.s. anläggningar vars huvudsakliga substrat är gödsel, eller anläggningar vars huvudsakliga substrat är grödor, har inte inkluderats i studien. Studien avser att inkludera alla väsentliga delar av anläggningen som kan tillskrivas biogasproduktionen. Systemgränserna innefattar processer från mottagning av avfall till mät punkt för producerad mängd slurry eller rågas (inkl. metaninnehåll) respektive utlastningspunkt för biogödsel. Uppgradering till fordonsgas ingår ej i studien då en studie som specifikt behandlar olika uppgraderingsanläggningar parallellt har genomförts av SGC [3].

1.4 Ordlista

BAT	Best Available Technology. Bästa tillgängliga teknik.
Benchmarking	Mätning och jämförelse av nyckeltal.
Biogödsel	Benämning på rötresten som kommer av anaerob rötning av organiskt material med ursprung från livsmedel eller gödsel.
Förbehandlingsanläggning	Anläggning som tar emot och behandlar bl.a. matavfall från hushåll innan vidare behandling i en anaerob röttningsprocess för produktion av biogas och biogödsel.
Nyckeltal	Tal som ofta används för att värdera ett företag och dess verksamhet, där resultatet sätts i relation till något.
Rejekt	Del av material som under behandlings-processen har separerats ut för att uppnå högre kvalitet på materialet in till rötkammare.
Samröttningsanläggning	Anläggning som behandlar bl.a. matavfall från hushåll m.fl. typer av substrat genom anaerob rötning för produktion av biogas och biogödsel.
Slurry	Flytande produkt av förbehandlat matavfall eller gödsel med syfte att rötas.
SWOT-analys	Bygger på de engelska orden strengths, weaknesses, opportunities och threats. Det är en planeringsmetod för att utvärdera styrkor, svagheter, möjligheter och hot i ett projekt eller företag.
TS-halt	Torrsubstanshalt. TS-halt anger ett materials innehåll av kvarvarande föreningar då vatteninnehållet indunstats vid 105 °C. Anges som procent av våtvikt.

2 Bakgrund

Vid det årliga besiktningsarbetet inom certifieringssystemet för SPCR 120 Biogödsel har det framkommit att flera anläggningar har svårt att finna tillfredställande lönsamhet med verksamheten.

Vid en intern sammanställning på SP, av ett tiotal miljörapporter, framgår det bl.a. att energianvändningen per inkommande mängd substrat hos dagens biogasanläggningar är mycket varierande och energiutbytet likaså. Underlaget i en sådan sammanställning lämnar dock mycket att önska avseende detaljeringsgrad och information och därmed jämförbarhet.

Ett sätt att arbeta med processeffektiviseringar är att ta fram gemensamma nyckeltal som kan ligga till grund för förbättringsarbete. En del nyckeltal används till viss del redan internt på anläggningarna. Ingående parametrar och avgränsningar kan dock variera avsevärt mellan olika anläggningar vilket gör att det är svårt att veta hur den egna anläggningen förhåller sig till övriga inom branschen. För att möjliggöra jämförelse mellan anläggningarna behövs nyckeltal för olika delar/funktioner i processen. En systematisk genomgång och sammanställning av olika delprocessers energiåtgång samt drift- och underhållskostnader öppnar upp för en kunskapsöverföring inom och mellan anläggningarna. Detta skapar i sin tur nya möjligheter till förbättringsarbete som i förlängningen leder till lägre driftkostnader, stabilare drift och ökad produktion på enskilda anläggningar och för branschen som helhet.

2.1 Samrötningsanläggningars beståndsdelar och delprocesser

Samrötningsanläggningar består av ett flertal olika delprocesser. Nedan följer en översiktlig beskrivning av en samrötningsanläggning. Dess huvudsakliga funktioner beskrivs utförligare under respektive rubrik.

- Mottagning och förbehandling
- Hygienisering
- Rötning
- Biogödselhantering
- Gassystem och uppgradering
- Ventilation och luktreduktion
- Stödprocesser

2.1.1 Mottagning och förbehandling

Alla anläggningar måste vara utrustade med ett system för att kunna ta emot substratet som ska behandlas. Detta inkluderar både fast och flytande substrat. Flytande substrat tas vanligen emot i en mottagningstank medan fast material tas emot i en tippficka eller tippas på en hårdgjord golvyta.

Fasta material behöver någon form av förbehandling innan substratet kan rötas. Förbehandling av matavfall syftar till att avskilja oönskade föremål och producera en mer lätthanterlig produkt (pumpbar), så kallad slurry, för att säkra kvaliteten av biogödseln samt underlätta behandling i efterföljande biogasanläggning. För förpackat matavfall eller

källsorterat matavfall i påse måste emballaget avskiljas för att kunna nyttiggöra matavfallet för biogasproduktion, samtidigt som förpackningen eller eventuella felsorteringar behöver separeras ut för att inte förorena slurryn. Önskvärt är att förbehandlingen avskiljer förpackningar och felsorteringar på ett energieffektivt sätt och samtidigt minimerar förlusten av rötbart organiskt material. Den bör även tillföra minimalt med vatten till slurryn för att på så sätt producera ett så energirikt och koncentrerat substrat som möjligt. Det minskar bl.a. behovet av transporter av slurry och biogödsel. Av praktiska skäl, för att slurryn ska vara hanterbar i pumpar och tankbilar, så kan en viss spädning ändå behövas.

2.1.2 Hygienisering

Grundkraven för en samrötningsanläggning som tar emot animaliska biprodukter av kategori 3, samt naturgödsel och från mag-tarmsystemet avskilt mag- och tarminnehåll, kategori 2, är att materialet i anslutning till rötningen passerar ett hygieniseringssteg som inte kan förbikopplas. Kravet för godkänd hygienisering innebär att materialet har en maximal storlek på 12 mm, upphettas till minst 70 °C och därefter behåller lägst denna temperatur i minst en timme oavbrutet. Alternativa metoder för hygienisering kan godkännas av Jordbruksverket, t.ex 55 °C med 10 timmars uppehållstid.

Hygieniseringssystemet består vanligtvis av en eller flera mindre tankar. Fördelen med att ha flera tankar som växelvis fylls, hygieniserar och töms är att en jämn matning till rötkammarna kan ske. För en effektiv värmeåtervinning och värmning av substratet till rätt processtemperatur används vanligtvis värmeväxlare. Det finns dock även system som använder direktånga för att reglera temperaturen.

2.1.3 Rötning

Anaerob nedbrytning vanligtvis kallad rötning sker genom att mikroorganismer bryter ner organiskt material till metan, koldioxid och vatten. Rötning sker i en syrefri miljö och generellt vid två temperaturområden, mesofil cirka 35 °C och termofil cirka 55 °C.

Rötningen sker vanligtvis i en eller flera rötkammare samt ibland även i en eller flera efterrötkammare. Dessa tankar är lufttäta, isolerade och utrustade med ett system för omrörning och temperaturreglering. Det är i dessa tankar som gasproduktionen sker varför de är kopplade till ett gassystem för att omhänderta den producerade biogasen.

2.1.4 Biogödselhantering

Röresten som blir kvar efter flera dagars uppehållstid i rötkammaren benämns biogödsel och används i stor utsträckning som gödningsmedel på åkermark. Biogödseln från våra rötningsprocesser håller en låg TS-halt på bara några procent. Biogödseln lagras i stora gödsellager, antingen på anläggningen eller ute hos lantbruk. En del anläggningar behandlar den producerade biogödseln innan den lämnar anläggningen. Det rör sig vanligtvis om avvattning vilket görs för att minska volymen biogödsel.

2.1.5 Gassystem och uppgradering

Biogas från rötningen samlas upp i ett gemensamt gassystem, vanligtvis med ett gaslager anslutet för att buffra och jämna ut flödet vidare nedströms i gassystemet. Gassystemet är även anslutet till en fackla för att biogasen, då behov uppstår, ska kunna förbrännas och inte släppas direkt till atmosfären. Biogas som produceras leds vanligtvis via gassystemet

vidare till uppgradering. En del av biogasen används på vissa anläggningar till att producera värme för eget behov och en del facklas bort.

Vid uppgradering av biogas ska gasens innehåll av koldioxid, vatten och svavelväte avskiljas och efter uppgradering kan en gas med en metanhalt på mellan 96 och 99,9 vol-% och som i övrigt uppfyller specifikationerna i den svenska standarden för fordonsgas, SS155438 erhållas. Den uppgraderade biogasen kan sedan antingen distribueras via lokala gasledningar och gasflak till tankstationer etc. eller matas in på naturgasnätet.

Det finns olika metoder för uppgradering av biogas och de tre vanligast förekommande teknikerna i Sverige är vattenskrubber, PSA (Pressure Swing Adsorption) och aminskrubber.

2.1.6 Ventilation och luktreduktion

Alla illaluktande luftströmmar från anläggningen tas om hand för reduktion av illaluktande ämnen. Mottagningshallen ventileras vanligtvis så att ett mindre undertryck förhindrar att illaluktande ämnen släpps ut då portar eller dörrar öppnas. Även luft från mottagningsfickor/tankar, hygieniseringstankar och maskinutrustning kan tas om hand för luktreduktion.

Det finns många olika system för luktreduktion men några förekommande på svenska anläggningar är biofilter, kolfilter, joniserad luft, UV- och ozonfilter.

2.1.7 Stödprocesser

Förutom de delprocesser som nämns ovan så behövs vanligtvis ytterligare en del resurskrävande funktioner som t.ex. uppvärmning av lokaler, arbetsmaskiner, tryckluft mm. Även funktioner som är förknippade med rötningsprocessen bör nämnas såsom provtagning och analyser för processuppföljning. Andra former av stödprocesser/-funktioner som förekommer på anläggningarna är kvalitetskontroll, inköpsfunktioner och projektledning mm.

2.2 Drift- och underhållskostnader vid biogas- och biogödselproduktion från avfall

Drift- och underhållskostnader vid biogas- och biogödselproduktion omfattar de direkta kostnader som förekommer för anläggningens verksamhet från lossning av inkommande material på anläggningen till dess produkterna lämnar densamma i form av slurry, okomprimerad rågas och biogödsel. Det omfattar kostnader för personal, reservdelar, inhyrda resurser, energi, processhjälpmedel, vatten, tryckluft, ventilation, mm. Kostnader för tillstånd, exempelvis miljötillstånd, inköpskostnader för substrat, transportkostnader samt lagerhållning av biogödsel utanför anläggningen omfattas inte av begreppet i denna studie.

2.3 Nyckeltal som verktyg för förbättringsarbete

Konceptet, med att systematiskt samla in drift- och underhållsdata och därefter utvärdera dessa och skapa jämförbara nyckeltal, har tidigare använts inom förbränningsbranschen i en studie som genomfördes inom Waste Refinery [4]. Studien identifierade intressanta och

användbara resultat om processernas olika delsteg och möjliga effektiviseringar kopplade till dessa.

I ett projekt inom sågverksbranschen har energidata samlats in för att underlätta benchmarking av olika sågverks energianvändning [5]. Energianvändningen har fördelats över sågverkens olika zoner och på det sättet konkretiserat rimliga energinyckeltal för zonerna. Arbetssättet har varit uppskattat bland de deltagande sågverken och projektet är nu inne i fas II där energieffektiviseringsåtgärder ska demonstreras på sågverken [6].

Inom VA-branschen pågår projekt som bl.a. syftar till att reducera energiåtgången. IVL håller för närvarande på att ta fram ett analysverktyg för energi- och resursanvändning [7] som ska vara anpassat för svenska VA-verk. Branschorganisationen Svenskt Vatten har sedan 2005 drivit det så kallade "Energiprojektet" som bl.a. inneburit insamlande av energidata och beräkning av nyckeltal för att kunna jämföra energianvändningar hos VA-verk [8].

Enskilda energianalyser och energikartläggningar har också genomförts på biogasanläggningar. På Kungsängens Gård i Uppsala genomfördes en studie över energianvändningen där man använde installerad effekt för beräkning av elanvändning på utrustningar. Några nyckeltal för elanvändningen togs även fram som är jämförbara mellan anläggningar [9]. I en energianalys av Svensk Växtkrafts biogasanläggning i Västerås samlades uppgifter om olika komponenters energianvändning in och sammanställdes. En efterföljande detaljstudie gav även möjlighet till en jämförelsemodell för olika hygieniseringsmetoder [10]. I en studie utförd av Lunds Tekniska Högskola har Söderåsens biogasanläggning granskats avseende att få till en systemoptimerad produktion av fordonsgas [11]. Studien innefattade energianvändning och emissioner från produktion av biogas, uppgradering, transporter samt lagring och spridning av biogödsel. Ett resultat från denna studie blev att Söderåsens biogasanläggning täckte sina biogödsellager och därmed erhöll en efterrötning i lagren. Att täcka lagren ledde därmed till en ökad biogasproduktion samtidigt som emissionerna från anläggningen minskade.

I ett genomfört Waste Refinery projekt (WR 30a) kartlades aktörer och dess kompetens inom biologisk behandling av avfall. Rapporten lyfter bl.a. fram behovet av mer tekniskt inriktad forskning inom biogasproduktion från avfall. I rapporten konstaterar man att en hel del forskning sker och har skett inom den mikrobiologiska processen, men att den behöver kompletteras med teknisk forskning kring förbehandling och processer [12]. Några exempel på projekt av detta slag som nyligen har genomförts är två studier på effektiviteten hos skruvpressar för förbehandling av matavfall på NSR [13] och Sysav [14]. I dessa examensarbeten utvärderades utrustningen med energi- och massflödesanalyser. Resultaten pekade på förbättringspotential trots väl fungerande system. De totala drift- och underhållskostnaderna för utrustningen inkluderades dock inte i dessa rapporter.

2.3.1 Benchmarking

Det finns lite olika definitioner av begreppet benchmarking. En sökning i rikstermbanken (www.rikstermbanken.se) ger följande resultat:

- *"metod för förbättringar av processer och rutiner, genom att den egna verksamheten jämförs med andra"*
- *"kvalitativ eller kvantitativ jämförelse mellan verksamheter, exempelvis effektivitet"*

- ”systematisk mätning av ett företags prestationer och jämförelse med de bästa konkurrenternas eller andra framgångsrika företags motsvarande prestationer”
- ”Benchmarking innebär att lära av varandra – företag eller butiker emellan – genom att jämföra och hämta idéer kring hur verksamheten eller specifika områden kan utvecklas”

Nationalencyklopedins definition lyder: ”riktmärkning; innebär att man mäter hur väl t.ex. ett företag eller en bransch presterar jämfört med andra företag eller branscher” [15]. Begreppet omfattar således mätning och jämförelse.

Benchmarking är en av de mest använda teknikerna för att öka prestationen. Kvalitet, tid och kostnader är typiska mätetal inom denna teknik. En generell uppdelning av benchmarking omfattar fyra typer [16], [17]. *Konkurrerande benchmarking* utgörs av jämförelser mellan konkurrenter för skapa medvetenhet om hur väl man bedriver sin verksamhet. I *Funktionell benchmarking* jämför man en specifik funktion i organisationen mot andra företags motsvarande funktion. *Intern benchmarking* innebär att man jämför olika delar inom den egna organisationen och slutligen *allmän benchmarking* som är mer öppen för nya betraktelsesätt och kan omfatta jämförelser mellan företag eller processer från olika branscher, med olika verksamheter, processer eller marknader. Denna studie omfattar i huvudsak funktionell benchmarking med syftet att kartlägga hur väl specifika funktioner på anläggningarna fungerar.

3 Material och metoder

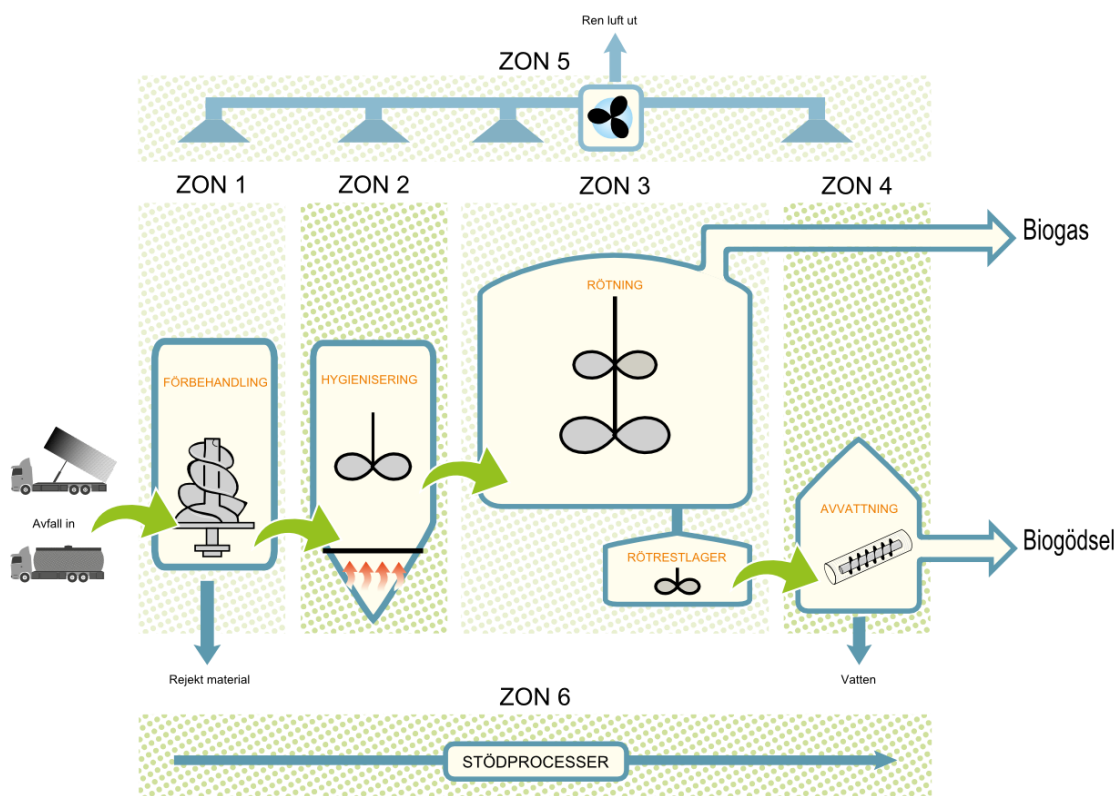
Arbetet genomfördes i flera delmoment. Först identifierades vad som skulle jämföras samt möjligheterna att samla in data inom ramen för projektet. Sedan inhämtades data och relevant information från deltagande anläggningar med enkäter, besök och samtal. Därefter skapades en databas och ett beräkningsverktyg för framtagande och visualisering av aktuella nyckeltal. Kompletterande information samlades in från anläggningarna utifrån resultaten och de frågeställningar dessa orsakade. Goda exempel från tiden man arbetat i projektet lyftes fram och problemorsaker samt förbättringar diskuterades inom projektgruppen vid tre workshops, där också erfarenheter utbyttes. Slutligen sammanfattades allt i denna rapport.

3.1 Val av parametrar och nyckeltal

Vid en inledande workshop diskuterades gemensamt i projektgruppen vilka nyckeltal och andra parametrar som var intressanta att jämföra. Stor vikt lades på vad anläggningarnas representanter ansåg vara relevant. Sedan följde en variant av SWOT-analys av identifierade parametrar och en prioritering av datainsamlingen. Lättillgänglig och relevant data prioriterades högt medan svårtillgänglig eller trivial data prioriterades ner eller valdes bort. Nyckeltal som ansågs att endast i låg grad, eller inte alls bidra till projektets syfte och mål valdes också bort.

3.2 Indelning i zoner och underzoner

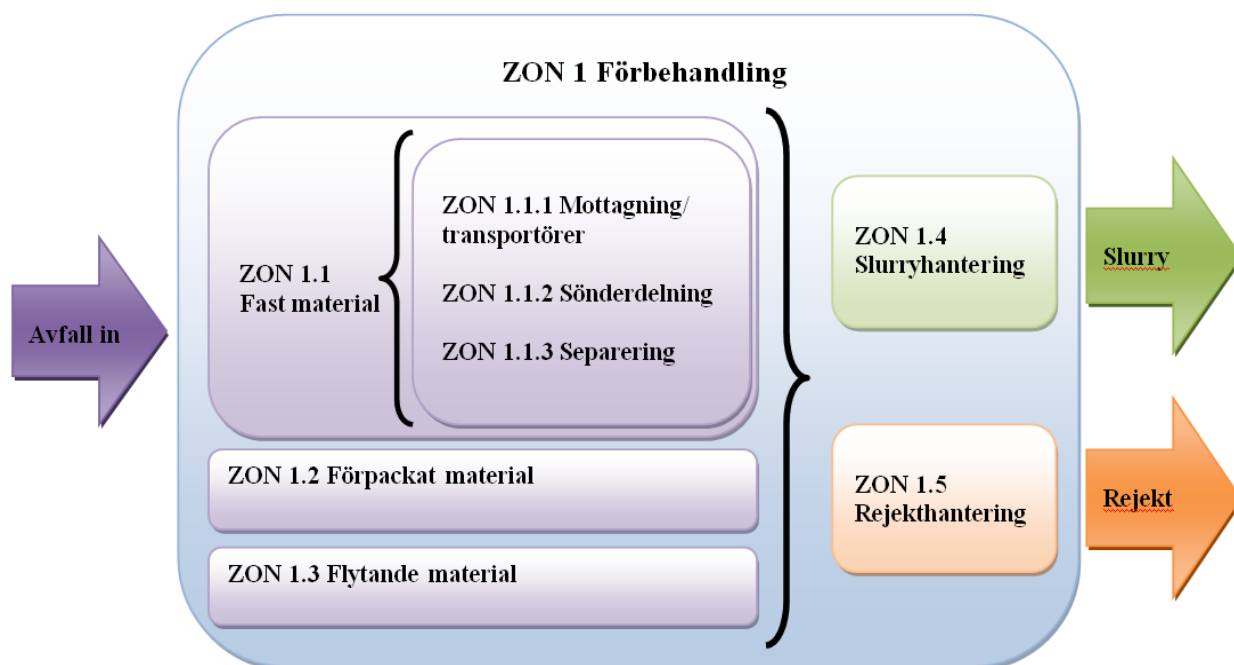
En gemensam och generell modell av en biogasanläggning skapades som utgick ifrån olika funktioner i anläggningarnas produktionsprocess. Zonerna visualiserades och beskrevs på ett översiktligt vis så att man enkelt kunde ta den till sig och applicera den på den egna anläggningen, trots stora skillnader i uppbyggnad av anläggningar. Zonindelningen fastslogs av gruppen vid den första workshopen och utgjorde basstrukturen vid insamling av data och senare i benchmarkingmodellen och resultatanalysen. Den erbjuder möjlighet att jämföra enskilda funktioner på till synes väldigt olika anläggningar med varandra. Figur 1 visar zonindelningen på en biogasanläggning.



Figur 1. Zonindelningen på en biogasanläggning. Zon 1 motsvarar förbehandling, Zon 2 motsvarar hygienisering, Zon 3 motsvarar rötning och lagring, Zon 4 motsvarar avvattning, Zon 5 motsvarar ventilation och luktreducering och Zon 6 motsvarar stödprocesser.

Figure 1. The different zones of a biogas plant. Zone 1 represents the pretreatment, Zone 2 represents the hygienisation, Zone 3 represents the anaerobic digestion and digestate storage, Zone 4 represents dewatering, Zone 5 represents ventilation and deodorization and Zone 6 represents supportive processes.

För att erhålla en högre detaljeringsgrad på förbehandlingen delades den funktionen in i underzoner, se Figur 2. Zonerna beskrivs närmare i Bilaga A. Modellen för zonindelning var applicerbar på samtliga förbehandlings- och biogasanläggningar trots att merparten av anläggningarna inte omfattade alla zonerna.



Figur 2. Zon 1, förbehandling, är indelad i fem underzoner: fast material, flytande material, förpackat material, slurryhantering samt rejekthantering. Zon 1.1, fast material, är i sin tur indelad i ytterligare tre underzoner.

Figure 2. Zone 1 is divided into five additional sub-zones: solid material, liquid material, packaged material, slurry and reject. Zone 1.1, solid material, is subsequently divided further into three additional sub-zones.

3.3 Deltagande anläggningar

Totalt deltog 8 stycken anläggningar i projektet varav fyra anläggningar var rena förbehandlingsanläggningar (A, B, E och H) och fyra var biogasanläggningar som innefattade både förbehandling och rötning (C, D, F och G), se Tabell 1. Hygienisering sker vid tre biogasanläggningar (D, F och G). Av biogasanläggningarna var det två som avvattnade biogödsel (C och D).

Tabell 1. Zoner som ingår i respektive anläggning. "X" innebär att funktionen finns på anläggningen.

Table 1. The zones that are included in each plant. "X" means that the function is present at the plant.

Zoner som ingår i respektive anläggning								
Zon	Företag A	Företag B	Företag C	Företag D	Företag E	Företag F	Företag G	Företag H
1. Förbehandling	X	X	X	X	X	X	X	X
1.1 Fast material	X	X	X	X	X	X	X	X
1.2 Flytande material	X		X	X	X	X	X	
1.3 Förpackat material					X	X	X	
1.4 Slurryhantering	X	X	X	X	X	X	X	X
1.5 Rejekthantering	X	X	X	X	X	X	X	X
2. Hygienisering				X		X	X	
3. Rötning & lager			X	X		X	X	
4. Avvattning biogödsel			X	X				
5. Ventilation & lukttred.	X	X	X	X	X	X	X	X
6. Stödprocesser	X	X	X	X	X	X	X	X

3.4 Insamling av data

För att erhålla underlag till jämförelser mellan anläggningar behövdes data. Denna samlades in utav respektive anläggnings representant i projektet och sammanställdes av arbetsgruppen. Till sin hjälp användes en mall som påminde om en enkät. Insamlad data omfattar år 2012, med undantag från en anläggning där data för en månad under 2013 användes och omvandlades till årsbasis. Orsaken var att anläggningen var så nystartad att äldre data inte fanns tillgängligt.

3.4.1 Mall för datainsamling

En mall för datainsamling, i form av en Excelfil, utformades utifrån förväntade resurser och indata i samråd med anläggningarnas representanter. Syftet med mallen var att strukturera och förenkla insamlingen av data som skulle utgöra grunden för benchmarkingen.

3.4.2 Mätmetoder; mätning eller uppskattning

Anläggningarna har i detta projekt själva ansvarat för insamlandet av data som utgör underlaget till den databas som är grunden för benchmarkingen. Metod för insamlandet av data har därför varit upp till varje enskild anläggning, dock med visst stöd från projektets arbetsgrupp.

De flesta av anläggningarna har i stor utsträckning kunnat använda sig av sina befintliga uppföljningsverktyg och metoder för att samla in data då man på anläggningarna idag redan mäter en mängd olika parametrar. Mycket av det som mäts på anläggningarna loggas i ett övervakningsprogram från vilket rapporter kan tas ut. Från vågar och flödesmätare på anläggningarna tas information om inkommande mängder avfall fram. El och värme mäts ofta för hela eller delar av anläggningen men ibland finns även separata energimätare installerade på vissa utrustningar. Inga enskilda energimätningar utöver anläggningarnas befintliga mätningar utfördes under projektiden. När elmätare saknats har man beräknat elenergin utifrån installerade effekter och drifttider. Kostnader för bl.a. personal och reservdelar har tagits fram från fakturaunderlag och anläggningarnas egna ekonomiska uppföljningar. Antalet driftstopp eller stopptimmar noteras på vissa anläggningar i loggböcker eller underhållssystem, i annat fall har man uppskattat detta i samråd med driftpersonal.

3.4.3 Anläggningsbesök

Inom ramen för projektet genomfördes minst ett besök på varje anläggning. Dels för att stödja arbetet med att samla in data och att dela in anläggningen i zoner, dels för att samla in information om tekniker på anläggningarna. Anläggningsbesöken genomfördes av tre personer i projektgruppen.

3.5 Framtagning av nyckeltalsjämförelse

I projektet har ett kalkylverktyg tagits fram för att jämföra energi-, drift- och underhållskostnader mellan de åtta deltagande anläggningarna. Drift- och underhållskostnader är relaterade till *inkommande mängd avfall* (i ton våtvikt) som är den invägda mängden avfall per år på anläggningen, samt *producerad mängd metan* (i kWh). I vissa fall relateras kostnaden till *behandlad mängd material*, som då utgörs av en specifik fraktion (fast, flytande eller förpackat material) av den inkommande mängden avfall. Detta har gjorts när inkommande mängd inte ansetts ge en rättvisande jämförelse av zonen. I förekommande fall framgår detta i texten. Energianvändning har på motsvarande sätt relaterats till ovanstående parametrar. Energianvändningen har delats upp i *el*, *värme* och *drivmedel* och kan även jämföras som kostnader genom omräkning med schablonkostnader för de olika energislagen. Drift- och underhållskostnaderna som inkluderats i verktyget är *processhjälpmedel*, *reservdelar*, *personal*, och *externa tjänster*.

Under projektet har en gemensam uppdelning i funktioner, zoner och underzoner, tagits fram för att konkretisera på vilken nivå kostnaderna skiljer sig åt mellan olika anläggningar samt kartlägga hur exempelvis teknikval för specifika funktioner påverkar kostnadsbilden. Dessa zoner återfinns i kalkylverktyget. Allokeringen av resurser och kostnader till de olika zonerna har utförts av personal på anläggningarna i samråd med projektgruppen.

Genom att använda kalkylverktyget för benchmarking fås en uppfattning om hur resursanvändningen mellan olika zoner skiljer sig åt samt vilka anläggningar som avviker och potentialen för dessa.

3.6 Aidentifiering av anläggningar

Viss data som framkommit i projektet kan vara av känslig natur och för att inte riskera att exponera viktig information för sina konkurrenter önskar anläggningarna att få vara

avidentifierade i rapporteringen. För att dra korrekta slutsatser om enskilda företag krävs i de flesta fall en fördjupad förståelse och kunskap om dess förutsättningar och teknikval. Anläggningarna var dock beredda att redovisa sina data öppet på en intern workshop som hölls i slutet av projektet. Detta för att lättare kunna diskutera skillnaderna i resultaten och lära sig mer om sin anläggnings problemorsaker, möjliga lösningar och potential. Resultaten från denna workshop har införlivats i olika delar av rapporten men främst i resultatanalysen i Kapitel 6.

3.7 Workshops med deltagande anläggningar

För att engagera deltagarna i projektet och ge förutsättningar till erfarenhetsutbyte anordnades tre workshops inom projektet. Träffarna arrangerades på några av de anläggningar som deltog i projektet. Guidade turer på dessa anläggningar gav även god inblick i skillnaderna i teknik samtidigt som olika problem och lösningar kunde exemplifieras och konkretiseras.

3.8 Genomförande av resultatanalys

Resultaten från benchmarkingen av nyckeltal för flera anläggningar och zoner har analyserats av projektets arbetsgrupp och även diskuterats inom hela projektgruppen på två workshops.

3.9 Kommunikation

Projektet och dess resultat har presenterats vid två internationella konferenser, flertalet branschriktade seminarier samt via tidskrifter och nyhetsbrev.

3.10 Examensarbete

Inom ramen för projektet genomfördes ett examensarbete med anläggningarnas tekniska problem och möjliga åtgärder som fokus [18]. Examensarbetet genomfördes av Johanna Björkmalm och omfattade flera av anläggningarna i denna studie. Arbetet resulterade i en kartläggning av de problem som finns på anläggningarna, var på anläggningarna de äger rum, vilka orsakerna till problemen är och potentiella lösningar.

4 Resultat av datainventering

I resultatpresentationen som följer har utebliven data angivits som ”i.u.” (ingen uppgift) medan ”-” visar att zonen helt saknas på anläggningen, eller ej ingått i studien. Zon 1 inkluderar fem stycken underzoner, Zon 1.1 till Zon 1.5, vilka redovisas som enskilda zoner. Anläggningarna har haft möjlighet att lämna uppgifter om dessa fem underzoner. I de fall de ej lyckats med detta har resursen allokerats till Zon 1.1 fast material, i samråd med anläggningen. Detta eftersom den zonen dominerar förbehandlingen utrustningsmässigt. Funktionerna som utgör dessa underzoner behandlar tre olika fraktioner av den totala mängden organiskt avfall, fast material, flytande material och förpackat material. Kostnaderna har i Zon 1.1, Zon 1.2 och Zon 1.3 därför relaterats till behandlad mängd av respektive material medan kostnaderna för Zon 1.4 och Zon 1.5 liksom hela Zon 1 relateras till den totala mottagna mängden avfall. Det innebär att det inte är möjligt att summera nyckeltalen för underzonerna, 1.1 – 1.5, för att få nyckeltalet för hela Zon 1.

Vid beräkning av medelvärden har de företag som angett noll, utelämnats från beräkningen. Allokering av data till underzoner har visat sig vara svårt och pålitligheten i att användningen/kostnaden faktiskt är noll i en zon har bedömts som osäker.

4.1 Avfallsmängder

Den totala mängden matavfall som år 2012 återvanns för biogasproduktion uppgick till 185 540 ton [19]. Inom detta projektet behandlas drygt hälften av denna mängd, på de deltagande anläggningarna. Varje anläggning har uppgett de årliga mängderna inkommande avfall och det är dessa data som har använts för att beräkna nyckeltalen som presenteras i följande kapitel. I Tabell 2 visas de totala årliga mängderna inkommande avfall till respektive anläggning samt fördelningen av fast, flytande och förpackat material. I de fall där anläggningarna behandlar både fast och förpackat material i samma linje, d.v.s. med samma utrustning, har hela mängden fast och förpackat material angetts som fast material. Samma sak gäller när flytande material behandlats i samma linje som fast material, då har mängden flytande material inkluderats i siffran för fast material. Avfallsmängderna varierar mellan företagen från cirka 5 000 ton/år till drygt 40 000 ton/år.

Tabell 2. Totala årliga mängder inkommande avfall på företagen samt mängder fördelade på fast material, flytande material och förpackat material.

Table 2. Yearly amounts of incoming waste at the companies distributed at solid material, liquid material and packaged material.

Inkommande mängder avfall (ton)								
	Företag A	Företag B	Företag C	Företag D	Företag E	Företag F	Företag G	Företag H
Fast material	10932	20140	1015	5987	22829	24000	10927	27000
Flytande material	800	0	4175	1591	3926	13621	1231	0
Förpackat material	0	0	0	0	1377	2900	3232	0
Totalt	11732	20140	5190	7578	28132	40521	15390	27000

4.2 Biogasproduktion

För de fyra biogasanläggningarna som ingick i studien har uppgifter om biogasproduktionen samlats in och redovisas i Tabell 3 nedan. Biogasproduktion sträcker sig från runt 350 000 Nm³ rågas/år upp till cirka 3 600 000 Nm³ rågas/år. Metanhalt i den producerade rågasen är drygt 60 % för samtliga anläggningar. Metanproduktionen från matavfallet som behandlats i de fyra förbehandlingsanläggningarna har inte beaktats.

Tabell 3. Biogasanläggningarnas gasproduktion, biogasens metanhalt samt producerad energi.

Table 3. Yearly production of biogas, the gas' content of methane and the energy produced.

Biogasproduktion				
	Företag C	Företag D	Företag F	Företag G
Volym rågas, Nm³/år	354 339	825 265	3 580 000	2 376 517
Metanhalt rågas, %	65	64	65	61
Energi, GWh/år	2,3	5,3	23	15

4.3 Elanvändning

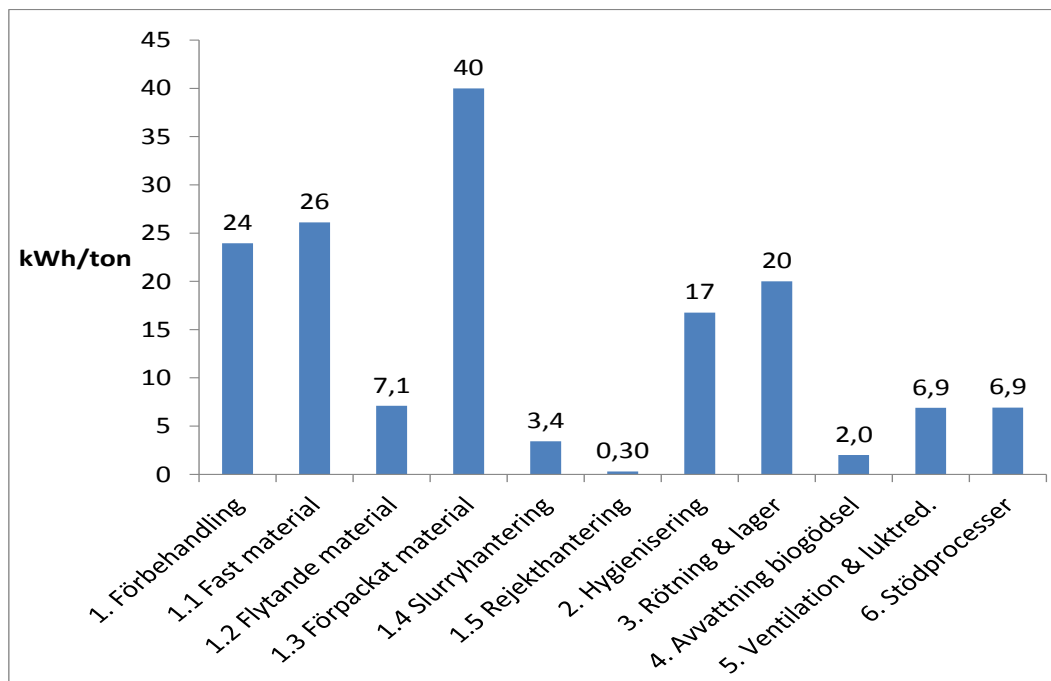
Tabell 4 visar elanvändningen för deltagande anläggningar som kWh el per ton inkommande mängd avfall. Företag H kunde inte uppge några siffror över elanvändningen. Behandling av fast material, rötning & lager, hygienisering samt ventilation & luktreduktion är funktioner som använder mycket el. Skillnaderna i elanvändning i respektive zon är stora mellan företagen. Exempelvis varierar elanvändningen för förbehandling med mellan 6,9 - 47 kWh per ton avfall.

Tabell 4. Företagens elanvändning per inkommande mängd avfall, fördelad över zonerna. *Summering av de fem underzonerna, 1.1 - 1.5, ger inte resultatet av Zon 1. Detta eftersom underzonerna 1.1 - 1.3 är baserade på olika inkommande mängder för respektive zon medan Zon 1 är baserad på den totala mängden inkommande material.

Table 4. Used electricity per tonnes of incoming waste for each zone of every company. *Summation of the five zones, 1.1 - 1.5, does not give the result of Zone 1 since the zones 1.1 - 1.3 are based on different quantities. Zone 1 is based on the total incoming quantity.

Elanvändning per inkommande mängd avfall (kWh/ton)								
Zon	Företag A	Företag B	Företag C	Företag D	Företag E	Företag F	Företag G	Företag H
1. Förbehandling	14	44	11	28	6,9	16	47	i.u.
1.1 Fast material*	9,8	44	14	36	6,3	8,8	64	i.u.
1.2 Flytande material*	14	-	2,4	0	1,4	11	0	-
1.3 Förpackat material*	-	-	-	-	9,6	100	7,1	-
1.4 Slurryhantering*	3,1	0	6,0	0	1,1	0	0	i.u.
1.5 Rejekthantering*	0,49	0	0	0	0,10	0	0	i.u.
2. Hygienisering	-	-	-	29	-	0	4,7	-
3. Rötning & lager	-	-	17	16	-	17	32	-
4. Avvattning biogödsel	-	-	2,1	2,0	-	-	-	-
5. Ventilation & luktröd.	3,8	0	7,8	11	4,7	8,6	5,5	i.u.
6. Stödprocesser	0	0	2,8	0	0	11	0	i.u.
Summa Zon 1-6	18	44	41	86	12	53	89	i.u.

Störst relativ elanvändning återfinns i förbehandlingen, mer specifikt i Zon 1.1 och 1.3, fast och förpackat material, se Figur 3. De höga nyckeltalen över elanvändning i dessa underzoner beror på omfattande utrustning för att behandla det inkommande materialet. På biogasanläggningarna nyttjas relativt mycket el även i Zon 2 och 3, hygienisering och rötning & lager, där el används för att driva omrörare och pumpar.



Figur 3. De ingående företagens elanvändning i medeltal för respektive zon. De anläggningar som har angett noll i en zon har exkluderats från beräkningen av medelvärde för just den zonen.

Figure 3. The participating companies mean usage of electricity for each zone. The plants that have reported zero in a zone, have been excluded when calculating the mean value for that specific zone.

4.4 Värmeanvändning

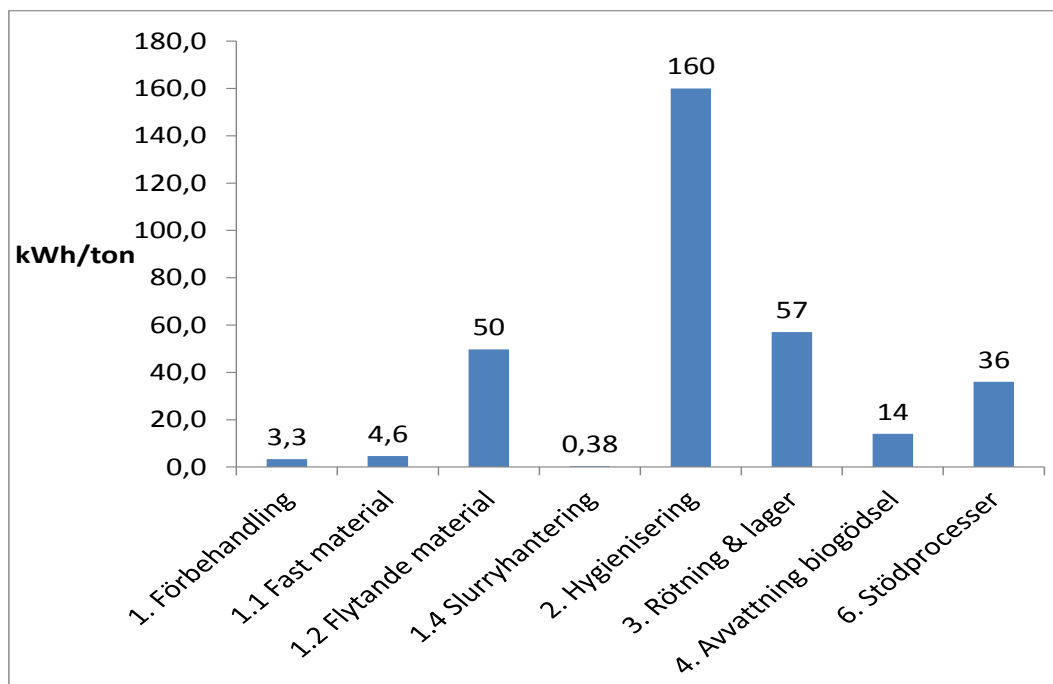
Värmeanvändningen domineras av funktioner som hygienisering, rötning och uppvärmning av lokaler. Tabell 5 visar värmeanvändningen på anläggningarna. Företag E och H har inte kunnat ge några siffror för sin värmeanvändning. Några anläggningar har uppgett siffror för värmeanvändning i stödprocesser som rör uppvärmning av lokaler. Mätning av värmeanvändningen förekommer endast på vissa anläggningar och i vissa zoner. När mätning saknas är det ofta mycket svårt att uppskatta värmebehovet för en lokal. Värmekällorna består av fjärrvärme, kraftvärmeånga, värmepump, biogaspanna och pelletspanna. Funktioner som använder mycket värme är hygienisering, rötning, avvattning och stödprocesser (lokaler). Skillnaderna i värmeanvändning mellan företagen är i de flesta zoner mycket stor, men för hygieniseringen uppvisar företag D och G snarlika värden.

*Tabell 5. Företagens värmeanvändning per inkommande mängd avfall, fördelad över zonerna. *Summering av de fem underzonerna, 1.1 - 1.5, ger inte resultatet av Zon 1. Detta eftersom underzonerna 1.1 - 1.3 är baserade på olika behandlade mängder för respektive zon medan Zon 1 är baserad på den totala mängden inkommande material.*

*Table 5. Used heat per tonnes of incoming waste for each zone of every company. *Summation of the five zones, 1.1 - 1.5, does not give the result of Zone 1 since the zones 1.1 - 1.3 are based on different quantities. Zone 1 is based on the total incoming quantity.*

Värmeanvändning per inkommande mängd avfall (kWh/ton)								
Zon	Företag A	Företag B	Företag C	Företag D	Företag E	Företag F	Företag G	Företag H
1. Förbehandling	7,2	0	0,0023	0	i.u.	2,7	0	i.u.
1.1 Fast material*	0	0	0	0	i.u.	4,6	0	i.u.
1.2 Flytande material*	99	-	0,0029	0	i.u.	0	0	-
1.3 Förpackat material*	-	-	-	-	i.u.	0	0	-
1.4 Slurryhantering*	0,38	0	0	0	i.u.	0	0	i.u.
1.5 Rejekthantering*	0	0	0	0	i.u.	0	0	i.u.
2. Hygienisering	-	-	-	150	-	0	170	-
3. Rötning & lager	-	-	68	0	-	93	8,5	-
4. Avvattning biogödsel	-	-	3,9	24	-	-	-	-
5. Ventilation & luktred.	0	0	0	0	i.u.	0	0	0
6. Stödprocesser	5,5	43	7,7	97	i.u.	0	27	i.u.
Summa Zon 1-6	13	43	80	270	i.u.	96	210	i.u.

Merparten av värmen används i Zon 2 och Zon 3, hygienisering respektive rötning & lager. I medeltal 160 respektive 57 kWh/ton inkommande mängd avfall, se Figur 4. Allokeringen mellan dessa zoner beror till stor del på hur den tekniska lösningen ser ut men en del av värmen från hygieniseringen utnyttjas även i rötningen. För anläggningar utan rötningsssteg används värmen för uppvärmning av lokaler och har då allokerats till Zon 6. Den värmen bidrar även till att tina fruset material som annars kan orsaka problem i anläggningens utrustningar under årets kalla månader. Företag A använder en del direktvärme i förbehandlingen, där Zon 1.2 och Zon 1.4 är utrustade med värmeslingor. Det påverkar medeltalet särskilt kraftigt för Zon 1.2.



Figur 4. Medelanvändningen av värme uppdelat på respektive zon. Merparten av företagets värmeanvändning används i Zon 2: hygienisering. De anläggningar som har angett noll i en zon har exkluderats från beräkningen av medelvärde för just den zonen.

Figure 4. The mean usage of heat for each zone. The main part of the heat used at the plants can be allocated to Zone 2 and Zone 3: hygienisation and digestion/storage. The plants that have reported zero in a zone, have been excluded when calculating the mean value for that specific zone.

4.5 Drivmedel

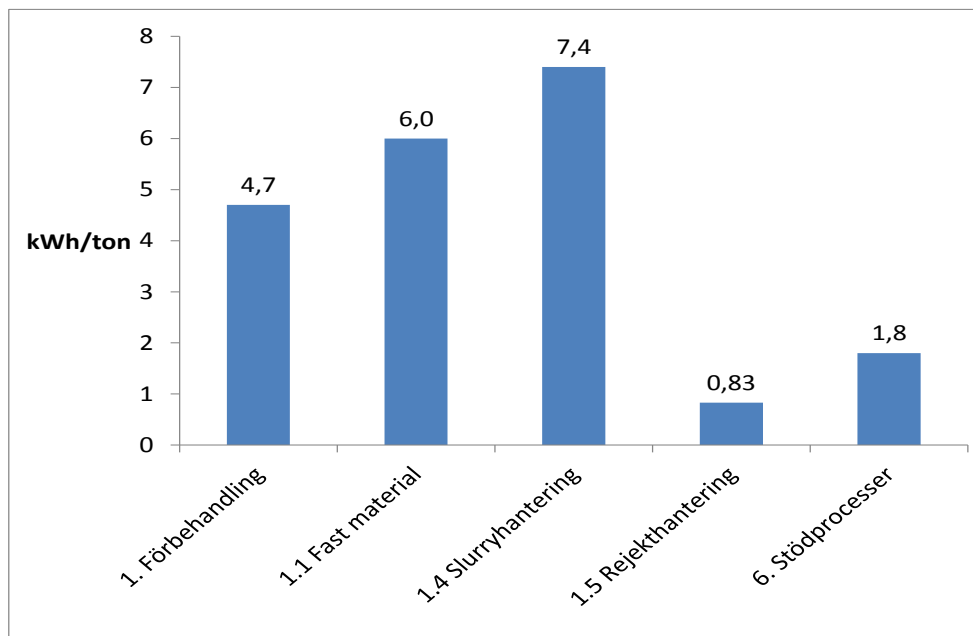
Drivmedel utgörs främst av diesel till fordon för transport och hantering av material på anläggningarna. Tabell 6 redovisar data för företagens drivmedelsanvändning. De stora posterna återfinns i förbehandlingsens underzoner medan några anläggningar har bedömt drivmedelsanvändningen som en stödresurs. Flera företag har allokerat en stor del av drivmedelsanvändning till Zon 1.1. Detta har att göra med att inkommande material till Zon 1.1 ibland kräver omflyttning och nivåhöjning med hjälp av fordon på anläggningen. Företag H har inte kunnat uppge några siffror för sin drivmedelsanvändning. På Företag G transporteras hygieniserad slurry med bil från förbehandlingsanläggningen till rötningsanläggningen, vilket ger en drivmedelsanvändning allokerat till Zon 1.4. Variationen av drivmedelsanvändningen mellan företagen är stor, mellan 0 - 9,8 kWh/ton.

*Tabell 6. Företagens användning av drivmedel per inkommande mängd avfall, fördelad över zonerna. *Summering av de fem underzonerna, 1.1 - 1.5, ger inte resultatet av Zon 1. Detta eftersom underzonerna 1.1 - 1.3 är baserade på olika inkommande mängder för respektive zon medan Zon 1 är baserad på den totala mängden inkommande material.*

*Table 6. Usage of fuel per tonnes of incoming waste, of each zone for every company. *Summation of the five zones, 1.1 - 1.5, does not give the result of Zone 1 since the zones 1.1 - 1.3 are based on different quantities. Zone 1 is based on the total incoming quantity.*

Drivmedelsanvändning per inkommande mängd avfall (kWh/ton)								
Zon	Företag A	Företag B	Företag C	Företag D	Företag E	Företag F	Företag G	Företag H
1. Förbehandling	4,2	9,7	1,6	0	0	0,059	8,0	i.u.
1.1 Fast material*	0	9,7	8,3	0	0	0,10	0	i.u.
1.2 Flytande material*	0	-	0	0	0	0	0	-
1.3 Förpackat material*	-	-	-	-	0	0	0	-
1.4 Slurryhantering*	0	0	0	0	0	0	7,4	i.u.
1.5 Rejekthantering*	1,0	0	0	0	0	0	0,65	i.u.
2. Hygienisering	-	-	-	0	-	0	0	-
3. Rötning & lager	-	-	0	0	-	0	0	-
4. Avvattning biogödsel	-	-	0	0	-	-	-	-
5. Ventilation & luktred.	0	0	0	0	0	0	0	i.u.
6. Stödprocesser	0	0	0	0	0	0	1,8	i.u.
Summa Zon 1-6	4,2	9,7	1,6	0	0	0,059	9,8	i.u.

Zon 1.4 uppvisar störst förbrukning av drivmedel i och med Företag G, 7,4 kWh/ton inkommande mängd avfall, se Figur 5. Denna höga förbrukning beror på att Företag G har förbehandlingsanläggningen och rötningsanläggningen placerat på separata ställen. Producerad slurry måste alltså transporteras en sträcka vilket ger en hög drivmedelsanvändning i Zon 1.4, slurryhantering. Även Zon 1.1, fast material, kräver drivmedel. Detta kan till exempel vara drivmedel till de fordon som flyttar det fasta materialet inom zonen.



Figur 5. Medelvärde av ingående företags drivmedelsanvändning i respektive zon. Största delen drivmedel nyttjas i förbehandlingen och specifikt i Zon 1.4, slurryhantering. De anläggningar som har angett noll i en zon har exkluderats från beräkningen av medelvärdet för just den zonen.

Figure 5. Mean value of the companies total usage of fuel in each zone. The main part of the fuel can be assigned to the pretreatment and in Zone 1.4, slurry. The plants that have reported zero in a zone, have been excluded when calculating the mean value for that specific zone.

4.6 Processhjälpmedel

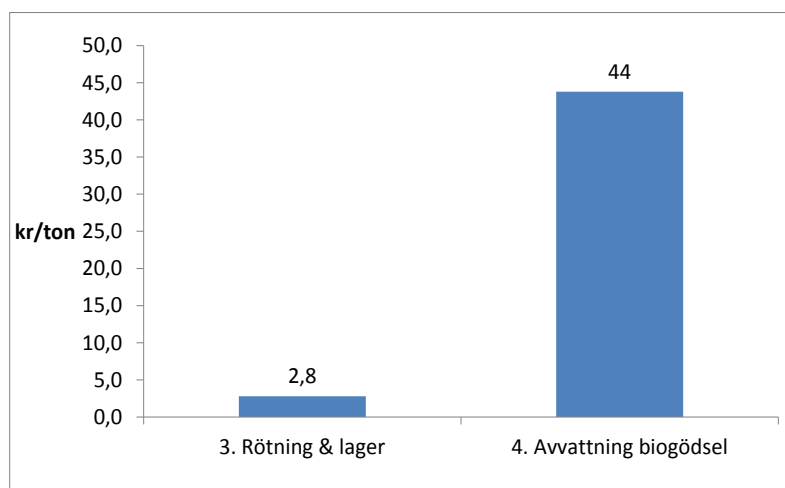
Kostnaderna för processhjälpmedel är endast aktuellt för biogasanläggningarna, se Tabell 7. De stora posterna i Zon 4 är kostnader för polymerer som används vid avvattnings av biogödsel, 30-57 kr/ton. Övriga poster utgörs av järnsalt för kontroll av svavelvätebildning och/eller processtabilitet.

Tabell 7. Företagens kostnader för processhjälpmedel per inkommande mängd avfall, fördelad över zonerna.

Table 7. The total cost of additives per tonnes of incoming waste, of each zone for every company.

Processhjälpmedelskostnader per inkommande mängd avfall (kr/ton)								
Zon	Företag A	Företag B	Företag C	Företag D	Företag E	Företag F	Företag G	Företag H
1. Förbehandling	0	0	0	0	0	0	0	0
1.1 Fast material	0	0	0	0	0	0	0	0
1.2 Flytande material	0	-	0	0	0	0	0	-
1.3 Förpackat material	-	-	-	-	0	0	0	-
1.4 Slurryhantering	0	0	0	0	0	0	0	0
1.5 Rejekthantering	0	0	0	0	0	0	0	0
2. Hygienisering	-	-	-	0	-	0	0	-
3. Rötning & lager	-	-	1,1	0	0	-	4,4	0
4. Avvattning biogödsel	-	-	57	30	-	-	-	-
5. Ventilation & luktred.	0	0	0	0	0	0	0	0
6. Stödprocesser	0	0	0	0	0	0	0	0
Summa Zon 1-6	0	0	58	30	0	0	4,4	0

Medelkostnaden för processhjälpmedel i Zon 4 avvattning uppgår till 44 kr/ton, se Figur 6, vilket till största del utgörs av kostnad för polymerer. För processhjälpmedel i rötningen är medelkostnaden 2,8 kr/ton.



Figur 6. Medelkostnaden för de ingående företagens användning av processhjälpmedel för respektive zon. De högsta kostnaderna för processhjälpmedel återfinns i Zon 4, 44 kr/ton. De anläggningar som har angett noll i en zon har exkluderats från beräkningen av medelvärdet för just den zonen.

Figure 6. The mean cost of the companies total usage of additives in each zone. The largest cost of additives can be allocated to Zone 4, 44 SEK/tonnes. The plants that have reported zero in a zone, have been excluded when calculating the mean value for that specific zone.

4.7 Reservdelar och förbrukningsmaterial

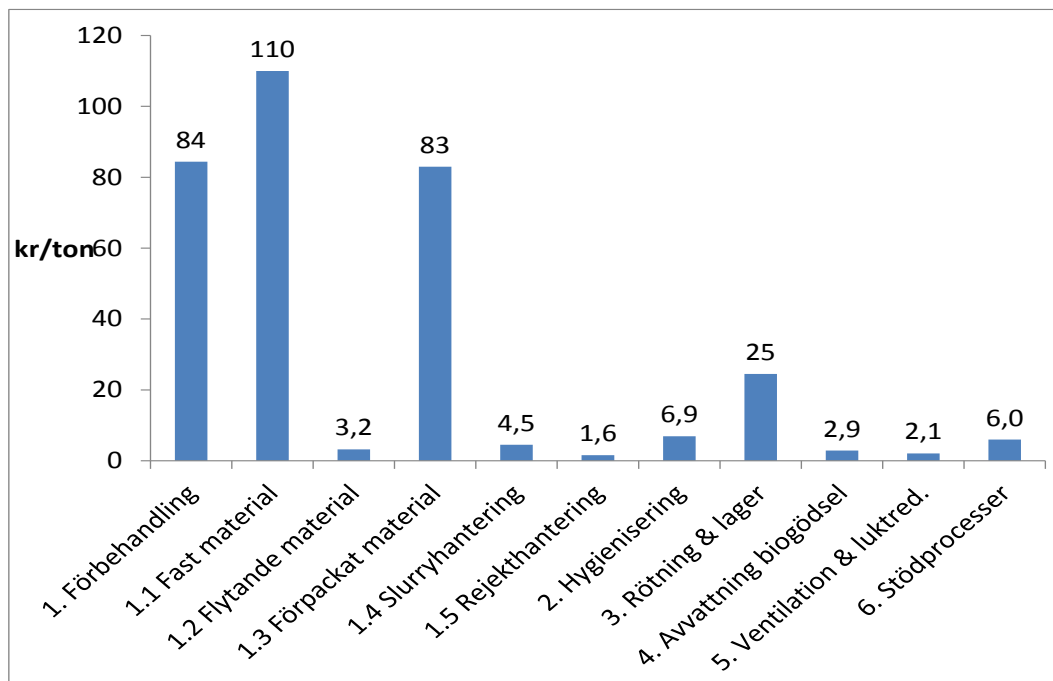
Tabell 8 visar fördelningen av kostnader för reservdelar och förbrukningsmaterial för de olika zonerna på företagen. Underzonerna i förbehandlingen, och då främst behandlingen av fast material, uppvisar här de högsta kostnaderna. Totala reservdelskostnader på förbehandlingsanläggningarna varierar mellan 26 - 190 kr/ton och på biogasanläggningarna varierar kostnaderna mellan 40 - 260 kr/ton. Företag H har dock även inkluderat externa kostnader, såsom extern personal, service och reparationer.

*Tabell 8. Företagens kostnader för reservdelar och förbrukningsmaterial per inkommande mängd avfall, fördelat på respektive zon. *Summering av de fem underzonerna, 1.1 - 1.5, ger inte resultatet av Zon 1. Detta eftersom underzonerna 1.1 - 1.3 är baserade på olika inkommande mängder för respektive zon medan Zon 1 är baserad på den totala inkommande mängden.*

*Table 8. The cost of spare parts and consumer goods per tonnes of incoming waste for each zone at every company. *Summation of the five zones, 1.1 - 1.5, does not give the result of Zone 1 since the zones 1.1 - 1.3 are based on different quantities. Zone 1 is based on the total incoming quantity.*

Reservdelskostnader per inkommande mängd avfall (kr/ton)								
Zon	Företag A	Företag B	Företag C	Företag D	Företag E	Företag F	Företag G	Företag H
1. Förbehandling	70	20	34	53	52	55	190	190
1.1 Fast material*	73	20	150	68	44	83	270	190
1.2 Flytande material*	0	-	1,2	0	1,9	6,6	0	-
1.3 Förpackat material*	-	-	-	-	190	52	4,4	-
1.4 Slurryhantering*	0	0	2,9	0	6,0	0	0	0
1.5 Rejekthantering*	2,1	0	0	0	1,1	0	0	0
2. Hygienisering	-	-	-	13	-	0	0,65	-
3. Rötning & lager	-	-	1,9	6,6	-	0	65	-
4. Avvattning biogödsel	-	-	1,9	4,0	-	-	-	-
5. Ventilation & luktred.	4,0	0	2,3	0	1,1	0	1,2	0
6. Stödprocesser	0	6,2	0	0	0	0	5,7	0
Summa Zon 1-6	74	26	40	77	53	55	260	190

Reservdelskostnaderna i Zon 1, förbehandling, är i medeltal ca 84 kr/ton inkommande mängd avfall, se Figur 7. De höga kostnaderna i Zon 1.1, 110 kr/ton, beror främst på zonens omfattande mekaniska utrustning som krävs för att kunna hantera det fasta materialet. Även behandlingen av förpackat material, Zon 1.3, är behäftad med hög medelkostnad, 83 kr/ton. I Zon 3, rötning & lager, är medelkostnaden ungefär 25 kr/ton för reservdelar. Övriga zoner ligger betydligt lägre, mellan 1,6 – 6,9 kr/ton.



Figur 7. Medelkostnaden för de ingående företagens användning av reservdelar och förbrukningsmaterial för respektive zon. De högsta reservdelskostnaderna återfinns i förbehandlingen och dess underzoner. De anläggningar som har angett noll i en zon har exkluderats från beräkningen av medelvärde för just den zonen.

Figure 7. The mean cost of the companies total usage of spare parts and consumer goods in each zone. The largest cost can be found in the pretreatment and its additional zones. The plants that have reported zero in a zone, have been excluded when calculating the mean value for that specific zone.

4.8 Personalkostnad

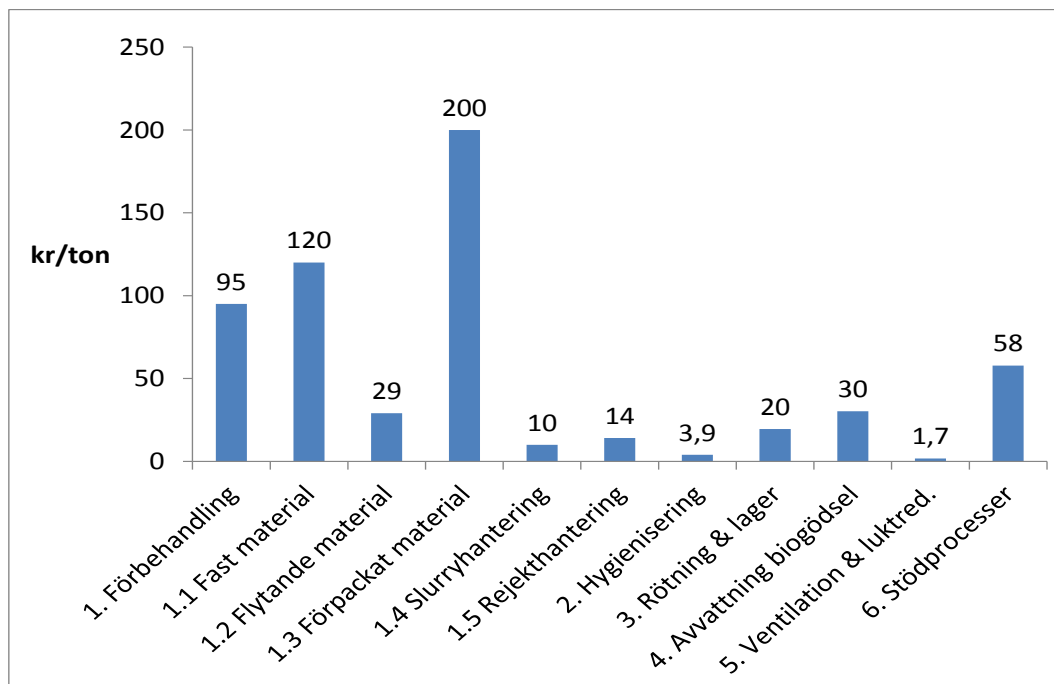
Personaltimmar har omräknats till personalkostnad, med en schablon på 300 kr/h, se Tabell 9. Bland biogasanläggningarna varierar den totala kostnaden (hela anläggningen) mellan 49 - 250 kr/ton. Förbehandlingen, som bär den största andelen av personalkostnaderna, varierar mellan 11 - 220 kr/ton. Personalinsatserna för avvattning av biogödsel skiljer sig åt mellan de två anläggningarna med en faktor två. Företag C har ensamt allokerat en hel del personalkostnader i Zon 6.

*Tabell 9. Företagens personalkostnader per inkommande mängd avfall, fördelat på respektive zon. *Summering av de fem underzonerna, 1.1 - 1.5, ger inte resultatet av Zon 1. Detta eftersom underzonerna 1.1 - 1.3 är baserade på olika inkommande mängder för respektive zon medan Zon 1 är baserad på den totala inkommande mängden.*

*Table 9. Staff costs per tonnes of incoming waste in each zone for every company. *Summation of the five zones, 1.1 - 1.5, does not give the result of Zone 1 since the zones 1.1 - 1.3 are based on different quantities. Zone 1 is based on the total incoming quantity.*

Personalkostnader per inkommande mängd avfall (kr/ton)								
Zon	Företag A	Företag B	Företag C	Företag D	Företag E	Företag F	Företag G	Företag H
1. Förbehandling	51	180	54	160	44	42	220	11
1.1 Fast material*	52	180	240	100	25	39	310	11
1.2 Flytande material*	0	-	1,4	94	7,6	12	0	-
1.3 Förpackat material*	-	-	-	-	170	220	0	-
1.4 Slurryhantering*	0	0	5,8	20	4,0	0	0	0
1.5 Rejekthantering*	3,1	0	0	40	11	0	1,8	0
2. Hygienisering	-	-	-	0	-	3,8	0	-
3. Rötning & lager	-	-	21	0	-	7,8	30	-
4. Avvattning biogödsel	-	-	21	40	-	-	-	-
5. Ventilation & luktred.	2,8	0	0,58	0	0	0	0	0
6. Stödprocesser	0	0	58	0	0	0	0	0
Summa Zon 1-6	54	180	150	200	44	54	250	11

Det är främst förbehandlingen som kräver personalresurser, i medeltal 95 kr/ton, se Figur 8. Inom zonen utmärker sig både behandlingen av fast material och förpackat material, 120 respektive 200 kr/ton, vilket kan bero på att dessa delar av anläggningen har omfattande utrustning som kräver driftpersonal i större utsträckning än övriga delar av anläggningen. Stödprocesser uppvisar personalkostnader om 58 kr/ton medan rötning & lager samt avvattning har medelkostnader på 20 respektive 30 kr/ton.



Figur 8. Personalkostnaden i medeltal för de ingående företagen indelat i respektive zon. De största personalresurserna läggs på förbehandlingen och dess underzoner. De anläggningar som har angett noll i en zon har exkluderats från beräkningen av medelvärde för just den zonen.

Figure 8. The mean personnel cost for each zone at the companies. The main part of the personnel cost are allocated to the pretreatment and its additional zones. The plants that have reported zero in a zone, have been excluded when calculating the mean value for that specific zone.

4.9 Externa tjänster

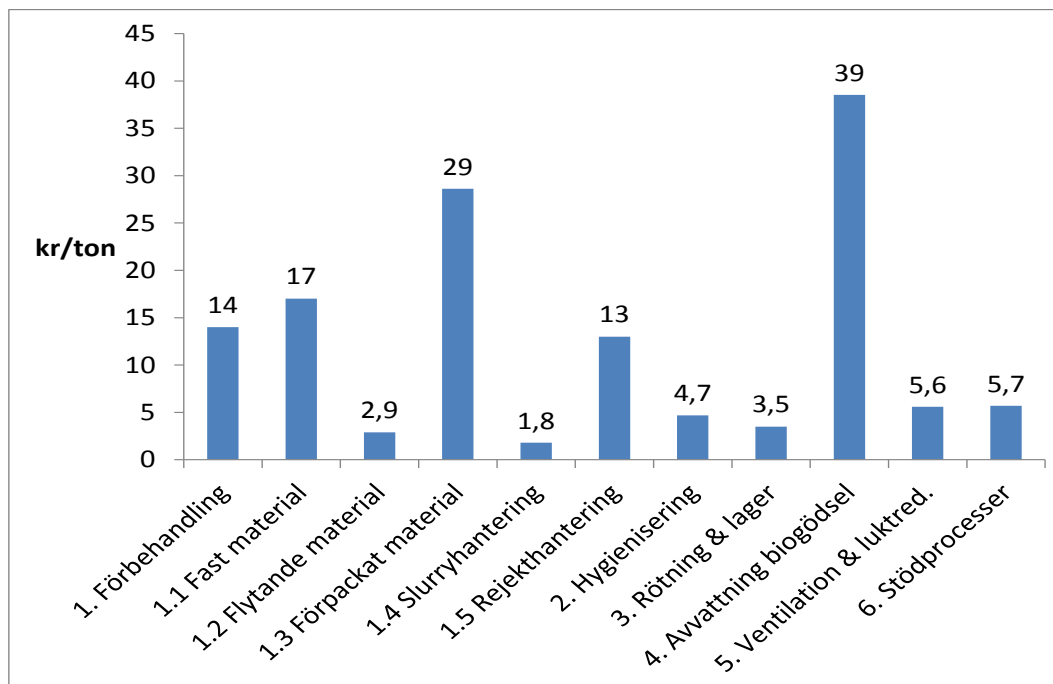
Externa tjänster utgörs av exempelvis inhyrd personal såsom konsulter, serviceavtal eller inhyrd utrustning. Företag D har inte uppgivit några kostnader för externa tjänster. Kostnaderna för externa tjänster varierar bland biogasanläggningarna mellan 12 - 58 kr/ton, se Tabell 10. Bland förbehandlingsanläggningarna är variationen 3 - 43 kr/ton. Företag H har inte lämnat uppgifter om externa kostnader specifikt utan inkluderat dessa kostnader i resursen reservdelar/förbrukningsmateriel. Posterna i Zon 3 hos Företag C och G omfattar även en fullständig tömning av rötkammare, där kostnaden fördelats på nio respektive sex år vilket är de uppskattade intervallen mellan tömningar på respektive anläggning. Endast Företag E har angivit externa kostnader för hantering av rejekt, vilka omfattar i huvudsak tillfälliga transportkostnader till förbränning.

*Tabell 10. Företagens kostnader för externa tjänster per inkommande mängd avfall, fördelat på respektive zon. *Summering av de fem underzonerna, 1.1 - 1.5, ger inte resultatet av Zon 1. Detta eftersom underzonerna 1.1 - 1.3 är baserade på olika inkommande mängder för respektive zon medan Zon 1 är baserad på den totala inkommande mängden.*

*Table 10. The cost for external services per tonnes of incoming waste for each zone at every company. *Summation of the five zones, 1.1 - 1.5, does not give the result of Zone 1 since the zones 1.1 - 1.3 are based on different quantities. Zone 1 is based on the total incoming quantity.*

Kostnader för externa tjänster per inkommande mängd avfall (kr/ton)								
Zon	Företag A	Företag B	Företag C	Företag D	Företag E	Företag F	Företag G	Företag H
1. Förbehandling	0	0	4,8	i.u	38	12	3,0	0
1.1 Fast material*	0	0	20	i.u	24	21	3,5	0
1.2 Flytande material*	0	-	1,2	i.u	4,5	0	0	-
1.3 Förpackat material*	-	-	-	-	55	0	2,6	-
1.4 Slurryhantering*	0	0	0	i.u	1,8	0	0	0
1.5 Rejekthantering*	0	0	0	i.u	13	0	0	0
2. Hygienisering	-	-	-	i.u	-	0	4,7	-
3. Rötning & lager	-	-	5,8	i.u	-	0	1,3	-
4. Avvattning biogödsel	-	-	39	i.u	-	0	0	-
5. Ventilation & luktred.	7,5	0	0	i.u	0,84	0	8,4	0
6. Stödprocesser	0	3,0	8,5	i.u	0	0	0	0
Summa Zon 1-6	7,5	3,0	58	i.u	39	12	17	0

Medelvärden för externa tjänster visas i Figur 9. Högst medelkostnad återfinns i Zon 4, på 39 kr/ton inkommande mängd avfall, följt utav Zon 1 och dess underzoner där framförallt Zon 1.3 utmärker sig med hög medelkostnad. Den höga medelkostnaden i Zon 4 utgörs främst av kostnader för kväverening av den vätskefraktion som bildas vid avvattningen. Vätskefraktionen tar det lokala avloppsreningsverket hand om.



Figur 9. Medelkostnader för externa tjänster fördelat på respektive zon. Kostnaderna för externa tjänster är högst i Zon 4, avvattning av biogödsel. De anläggningar som har angett noll i en zon har exkluderats från beräkningen av medelvärdet för just den zonen.

Figure 9. The mean cost for external services for each zone. The cost for external services in Zone 4, dewatering of digestate, are somewhat larger than the rest. The plants that have reported zero in a zone, have been excluded when calculating the mean value for that specific zone.

4.10 Summering av kostnader för varje zon

I Tabell 11 nedan har kostnaderna för varje zon summerats och ställts upp för respektive företag. Zon 1 är den zon som kräver mest resurser, mellan 100 - 460 kr/ton inkommande material. Detta gäller för alla företag förutom för Företag C där Zon 4, avvattnings av biogödsel, kräver mer resurser än förbehandlingen.

Tabell 11. Totala kostnader per inkommande mängd avfall för varje zon för respektive företag.

Table 11. Total costs per tonnes of incoming material for each zone at every company.

Totala kostnader för respektive zon (kr/ton)								
Zon	Företag A	Företag B	Företag C	Företag D	Företag E	Företag F	Företag G	Företag H
1. Förbehandling	140	250	100	235	140	120	460	200
2. Hygienisering	-	-	-	65	-	4	43	-
3. Rötning & lager	-	-	57	19	-	40	130	-
4. Avvattnings biogödsel	-	-	120	80	-	-	-	-
5. Ventilation & luktred.	17	0	9	9	6	7	14	0
6. Stödprocesser	1	18	70	19	0	9	14	0
Totalt	160	270	360	430	150	180	660	200

4.11 Oplanerade och planerade stopp

Företagen ombads lämna uppgifter över antal stopp, planerade och oplanerade, som inträffade på anläggningen under drifttid. Tabell 12 visar antalet inrapporterade stopp på respektive företag samt hur mycket tid som lades på stoppen. Företag G uppvisar störst andel oplanerade stopp men kortare genomsnittlig stopptid jämfört med övriga anläggningar. Flest planerade stopp redovisar Företag A men dessa omfattar även driftstopp som beror på inbyggda säkerhetsåtgärder i samband med tömning av bil i tippficka. Definitionen av ett driftstopp skiljer sig åt, anläggningarna emellan, och det kan vara en orsak till att variationen av antal stopp är så stor mellan anläggningarna. Oklarheten i hur driftstopp definieras och mäts medför svårigheter i att beräkna nyckeltal för respektive anläggning vilket är orsaken till att detta utelämnas från nästföljande kapitel.

Tabell 12. Oplanerade och planerade stopp för respektive företag.* Företag F angav endast stopp för förbehandlingsdelen av anläggningen.

Table 12. Unscheduled and scheduled hold-ups at each company. * Company F only specified the hold-ups at the pretreatment part of the plant.

Oplanerade och planerade stopp									
		Företag A	Företag B	Företag C	Företag D	Företag E	Företag F	Företag G	Företag H
Oplanerade stopp	antal/år	72	36	17	18	19	12*	1566	i.u.
	h/år	118	i.u.	28	144	115	130*	854	i.u.
Planerade stopp	antal/år	4651	i.u.	34	50	260	4*	12	12
	h/år	729	i.u.	293	960	299	48*	116	144

5 Resultat av benchmarking

För att kunna summera samtliga resurser inom varje zon krävs en omräkning av energi till kostnader. Detta har gjorts med hjälp av schabloner för el, värme och drivmedel vilka listas i Tabell 13. På så vis är det möjligt att beräkna totalkostnader för zonerna eller företagen. Totalkostnaden per inkommande mängd avfall beror förstås på omfattningen av verksamheten. Exempelvis kräver en biogasanläggning med både förbehandling och rötning större resurser än en anläggning med enbart förbehandling. Avvattning av biogödsel är en funktion som även tillkommer för två av biogasanläggningarna. Medelkostnader för zonerna har beräknats med utgångspunkt från redovisade resultat i kapitel 4. För att visa vilka resurser som kan vara viktiga att fokusera på används illustrationer i form av cirkeldiagram som visar kostnadsfördelning för de olika resursslagen och zonerna.

Tabell 13. Schablonkostnader för el, värme och drivmedel.

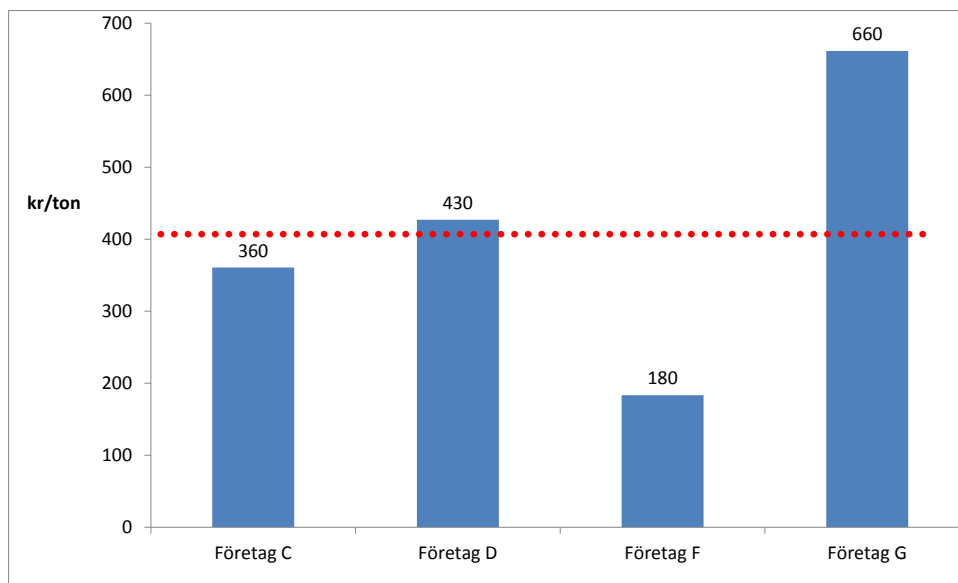
Table 13. Template cost for electricity, heat and fuel.

Schablonkostnader	
	kr/kWh
El	0,80
Värme	0,20
Drivmedel	1,5

5.1 Benchmarking totalkostnader

Totalkostnaden är naturligtvis väldigt beroende av omfattningen på verksamheten och av detta skäl jämförs förbehandlingsanläggningarna och biogasanläggningarna var för sig. Det spelar också stor roll om stora delar av anläggningen drifas på garantitid och företaget därmed inte bär samtliga kostnader för underhåll. Kostnaderna påverkas även av hur omfattande och noggrant datainsamlingen har genomförts på respektive företag. En del företag har av olika skäl inte kunnat lämna uppgifter för vissa kostnader vilket påverkar nyckeltalen som blir lägre än de skulle blivit om samtliga kostnader inkluderats.

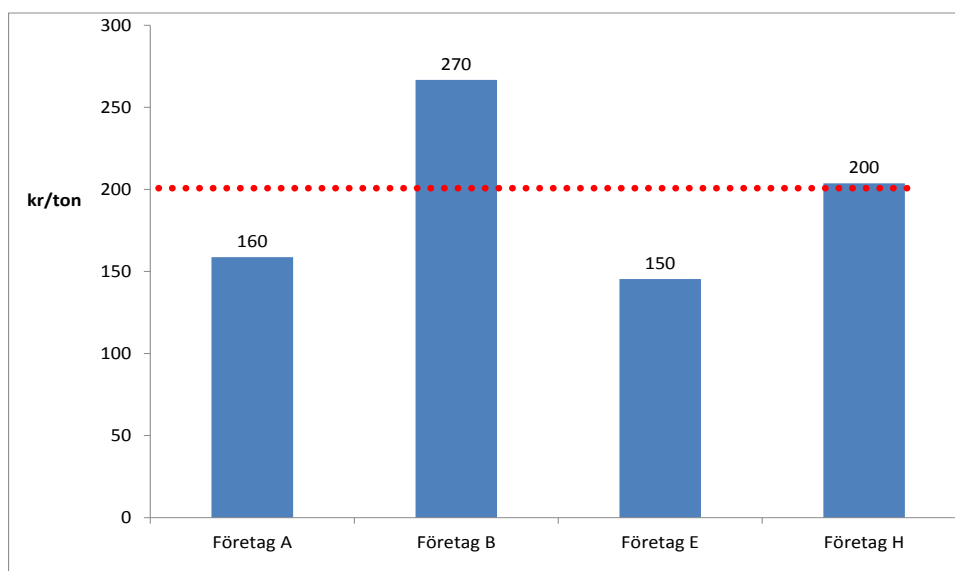
Figur 10 visar totalkostnaden för respektive biogasanläggning. Den varierar mellan 180 - 660 kr/ton inkommande mängd avfall och medelkostnaden för de fyra anläggningarna är 410 kr/ton.



Figur 10. Totalkostnader för alla zoner på biogasanläggningarna varierar mellan 180 - 660 kr/ton. Den prickade linjen visar medelkostnaden på 410 kr/ton.

Figure 10. Total costs for all the zones at the biogas plants varies between 180 - 660 SEK/tonnes. The crosshatched line represent the mean cost, 410 SEK/tonnes.

Totalkostnaderna för respektive förbehandlingsanläggning redovisas i Figur 11. Totalkostnaderna varierar mellan 150 - 270 kr/ton och medelkostnaden beräknas till 200 kr/ton.



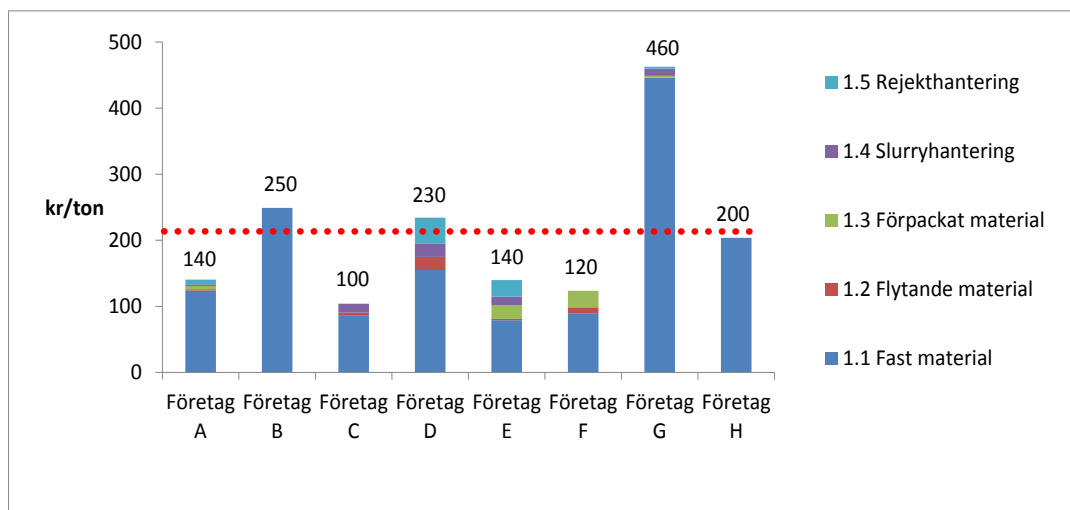
Figur 11. Totalkostnaden för alla zoner på förbehandlingsanläggningarna varierar mellan 150 - 270 kr/ton. Den prickade linjen visar medelkostnaden på 200 kr/ton.

Figure 11. The total cost for all the zones at the pretreatment plants varies between 150 - 270 SEK/tonnes. The crosshatched line represent the mean cost at 200 SEK/tonnes.

5.2 Benchmarking Zon 1 Förbehandling

Förbehandlingen är den funktion som, inom avgränsningen för studien, kräver mest resurser, se Tabell 11. Funktionen utgörs av Zon 1.1 till Zon 1.5. I Figur 12 presenteras kostnaderna för respektive zon per ton mottagen mängd avfall. Totalkostnaden varierar mellan 100 - 460 kr/ton. Medelkostnaden, som är summan av anläggningarnas kostnader delat på antalet anläggningar, beräknas till 210 kr/ton. Staplarnas färger visar tydligt att merparten av kostnaderna allokeras till behandlingen av fast material, Zon 1.1.

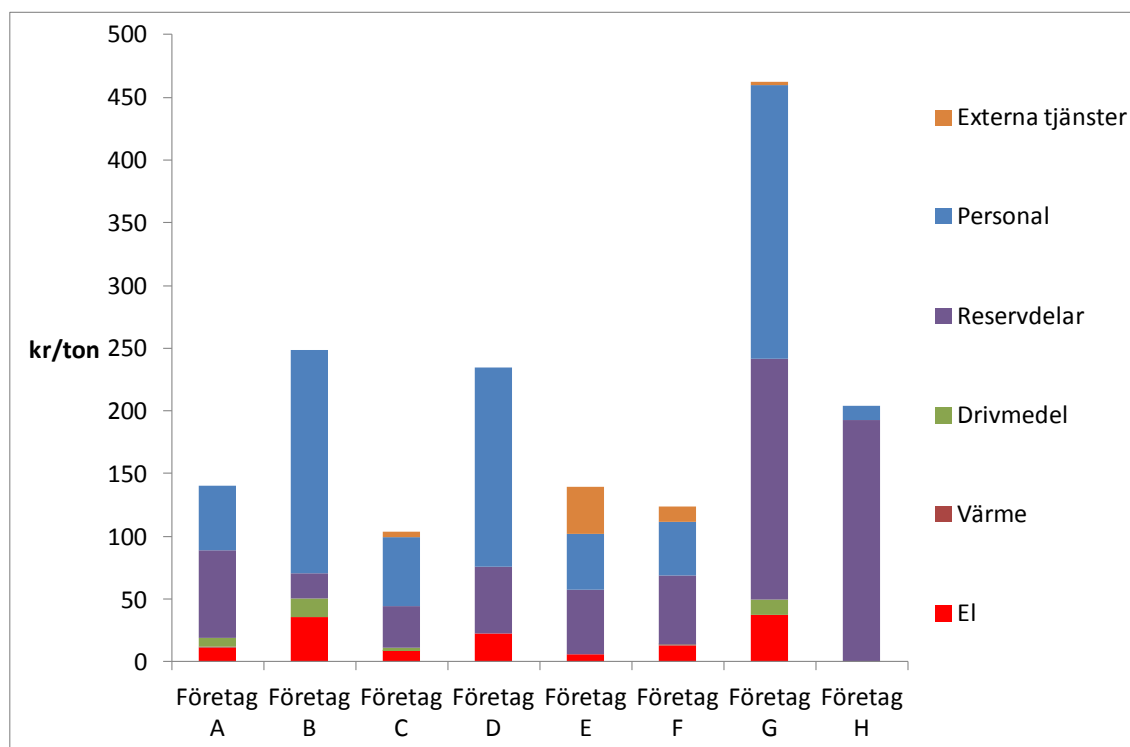
Kostnaderna i Figur 12 kan bland annat påverkas av att anläggningarna varit i drift olika länge. De nystartade anläggningarna driftas på garantitid vilket drar ner kostnaderna men samtidigt har de ännu inte haft tid att optimera sin drift vilket kan öka kostnaderna. Äldre anläggningar har hunnit slitas mer, vilket kan öka behovet av underhåll och reservdelar. Äldre teknik kan även innebära lägre automatiseringsgrad och därför större personalbehov. En annan faktor som kan påverka framförallt personalkostnaderna är att anläggningarna inte nyttjar sin fulla kapacitet. Orsaker till detta är bland annat att insamlingen av matavfall inte hunnit bli fullt implementerad i alla kommuner/bostadsområden. En ytterligare faktor som kan påverka kostnaderna är hur stor andel fast material som anläggningen tar emot, se Tabell 2. En hög andel av flytande material kan bidra till lägre relativa kostnader för hela förbehandlingen. För att undvika detta analyseras underzonerna separat i nästa kapitel.



Figur 12. Totalkostnader för Zon 1 för respektive företag. Kostnaderna har fördelats på underzoner 1.1 till 1.5 inom förbehandlingen. Den prickade linjen visar medelkostnaden på 210 kr/ton.

Figure 12. Total costs for Zone 1 for each company. The costs have been distributed to the five additional zones in the pretreatment: Zone 1.1 to 1.5. The cross-hatched line represent the mean cost at 210 SEK/tonnes.

Figur 13 visar hur samma totalkostnad är fördelad mellan olika resurser. Den visar att merparten utgörs av kostnader för reservdelar samt personal.



Figur 13. Totalkostnader för Zon 1 fördelat på olika resurser för respektive företag. Merparten utgörs av kostnader för reservdelar, lila stapel, och personal, blå stapel. Kostnaden för värme var för låg för att synas i denna figur.

Figure 13. The total costs for Zone 1, distributed over the different resources for each company. The main part of the cost constitutes of cost for spare parts, purple, and cost for personnel, blue. The cost for heat was too low to be seen in this graph.

5.2.1 Benchmarking av underzoner

Eftersom underzonerna behandlar olika fraktioner av det inkommande avfallet, fast material, flytande material och förpackat material, så är det även intressant att relatera funktionernas kostnader till den behandlade mängden material istället för den totala mottagna mängden avfall på anläggningen. Dessa är angivna i Tabell 2. I Tabell 14 jämförs resursernas relativa medelkostnader mellan de fem förbehandlingsfunktionerna. I tabellen visat Zon 1.1 medelkostnader per ton behandlad mängd fast avfall. Zon 1.2 redovisar medelkostnader per ton behandlad mängd flytande avfall och Zon 1.3 redovisar medelkostnader per ton behandlad mängd förpackat material. Zonerna 1.4 och 1.5 är baserade på den totala mängden avfall och visar därför medelkostnader per ton mottagen mängd avfall.

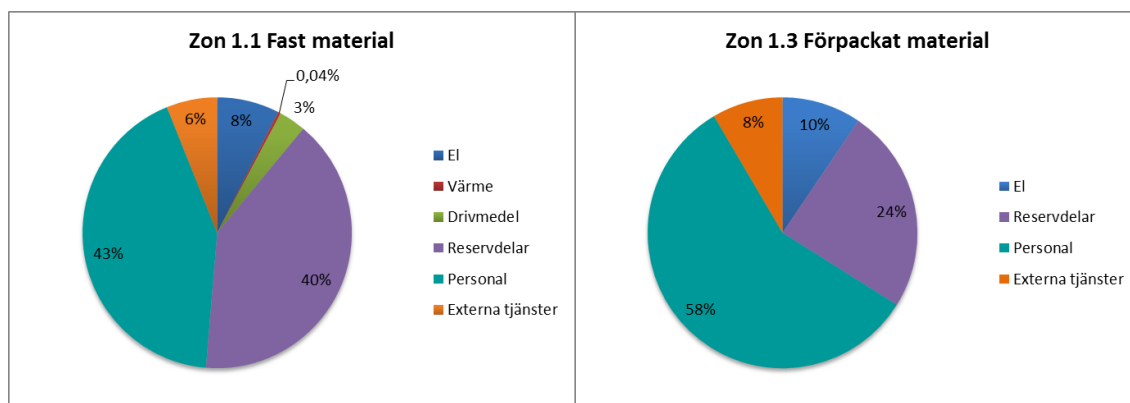
Tabell 14 visar att Zon 1.1 samt Zon 1.3 har betydligt högre medelkostnad per ton behandlad avfallsfraktion, 280 kr/ton respektive 340 kr/ton, än övriga underzoner. Det gör dessa funktioner intressanta att titta närmare på. Värmekostnaden i Zon 1.2 utgörs i huvudsak av kostnaderna på en anläggning som värmer inkommande slurry. Kostnadsposten externa tjänster i Zon 1.5 är främst relaterad till en anläggnings sommarhantering av rejektmaterial.

Tabell 14. Medelkostnader för företagens användning av el, värme, drivmedel, processhjälpmedel, reservdelar, personal samt externa tjänster uppdelat på respektive underzon i förbehandlingen.

Table 14. The mean cost for the participating companies usage of electricity, heat, fuel, process improvers, spare parts, personnel and external services for each zone in the pretreatment.

Medelkostnader per behandlad mängd avfall (kr/ton)								
Zon	El	Värme	Drivmedel	Processhjälpmedel	Reservdelar	Personal	Externa tjänster	Summa
1.1 Fast material	21	0,93	9,0	i.u	110	120	17	280
1.2 Flytande material	5,7	9,9	i.u	i.u	3,2	29	2,9	51
1.3 Förpackat material	32	i.u	i.u	i.u	83	200	29	340
1.4 Slurryhantering	2,7	0,077	11	i.u	4,5	10	1,8	30
1.5 Rejekthantering	0,24	i.u	1,2	i.u	1,6	14	13	30

En fördelning av kostnaderna i Zon 1.1 och 1.3 visar att de till 80 - 90 % utgörs av reservdelar och personal, se Figur 14 nedan. Funktionen för fast material uppvisar ett relativt stort resursbehov av reservdelar. Det är även den mest omfattande zonen när det gäller utrustningar med rörliga delar. Funktionen för förpackat material har ett relativt stort personalbehov. Utrustning som används på anläggningarna i denna zon är konstruerad för manuell inmatning av enstaka pallar.



Figur 14. Reservdelar och personal står för de största kostnaderna både i Zon 1.1, fast material, och i Zon 1.3, förpackat material. Reservdelar utgör 40 % respektive 24 % och personal utgör 43 % respektive 58 % av den totala kostnaden för zonen.

Figure 14. The cost for spare parts and personnel represent the highest costs both in Zone 1.1, solid material, and Zone 1.3, packaged material. Spare parts stands for 40 % and 24 % respectively and personnel stands for 43 % and 58 % respectively, of the total cost.

I Figur 15 nedan ställs den relativa totalkostnaden för Zon 1.1 mot det årliga inflödet av fast material för respektive företag. Den visar att kostnaderna per ton mottagen mängd fast material inte ser ut att påverkas av anläggningens storlek, som representeras av det årliga inflödet.

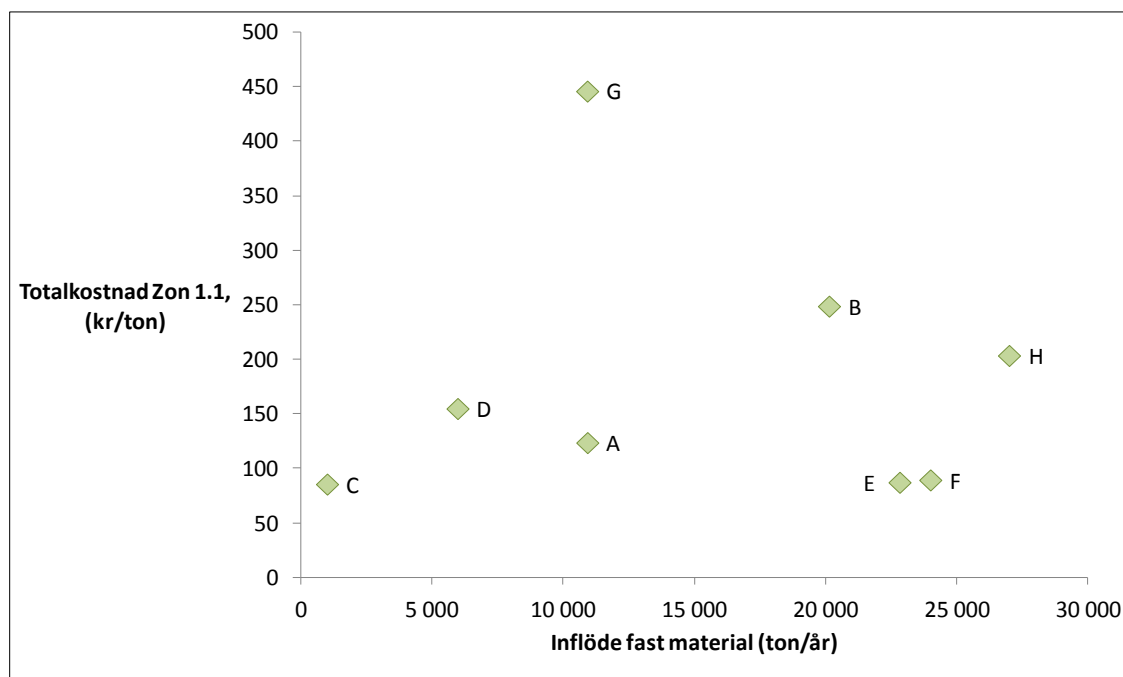
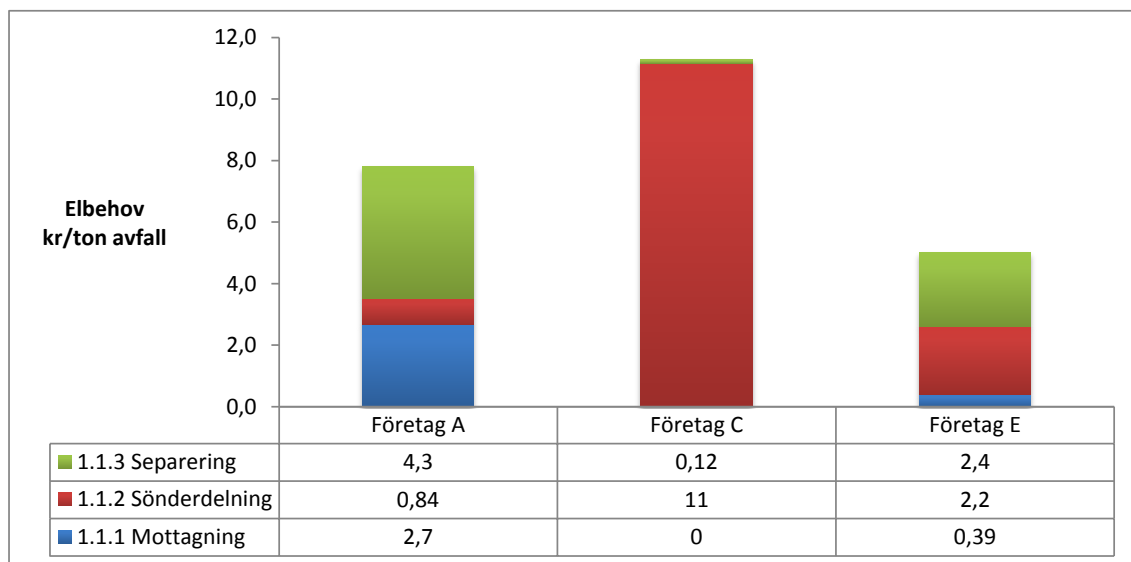


Figure 15. Totalkostnaden för Zon 1.1 ställd mot inflödet av fast material per år.

Figur 15. The total cost of Zon 1.1 plotted against the yearly inflow of solid material.

Förbehandling av fast material, Zon 1.1, inkluderar omfattande utrustning för mottagning (och materialtransport), sönderdelning samt separering av materialet. Därför har försök gjorts att dela upp denna zon i ytterligare tre underzoner, Zon 1.1.1 - Zon 1.1.3. En beskrivning av underzonerna av dessa finns i Bilaga 1. Det har varit svårt att allokera data över dessa underzoner men för elbehov, reservdelar och personal så har tre respektive fyra företag kunnat lämna underlag.

Kostnaderna för elanvändningen i Zon 1.1.1 - Zon 1.1.3 illustreras i Figur 16, där Företag C uppvisar det största elbehovet i dessa zoner. Företag C använder sig av en lite äldre teknik, en så kallad pulperkvarn med rejektseparator för funktionerna separering och sönderdelning, medan Företag A och E båda använder sig av mer moderna tekniker för dessa funktioner. Insamlade data indikerar att pulperkvarn med rejektseparator uppvisar högre elanvändning än vad som är fallet för grovkvarn i kombination med separatorkvarn respektive valskross i kombination med skruvpress.

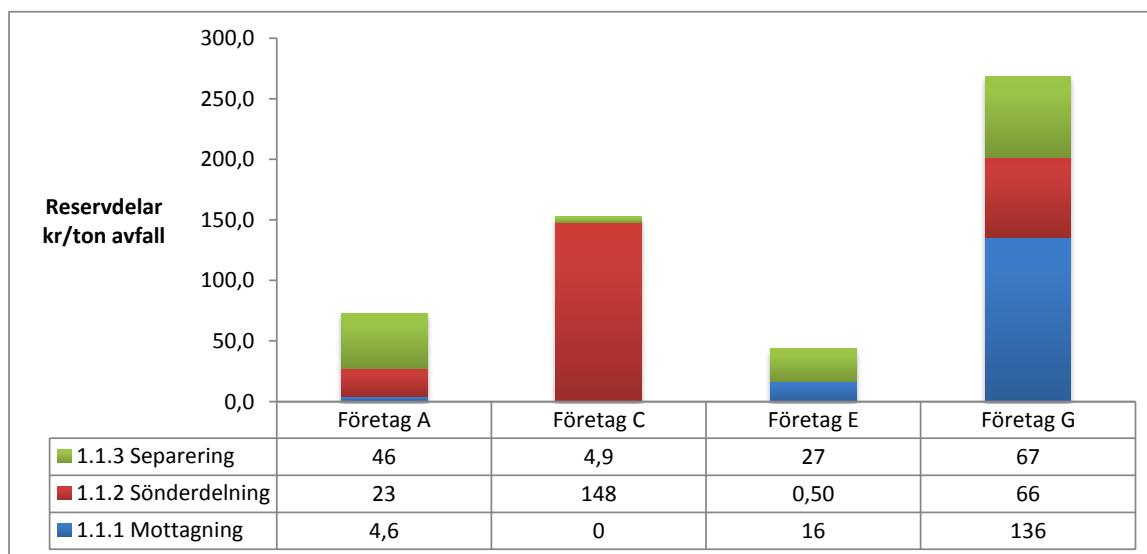


Figur 16. Elkostnader för separering, sönderdelning samt mottagning av avfall för företag A, C och E.

Figure 16. The cost for electricity used in separation, resolution and receiving of waste at the companies A, C and E.

Kostnader för reservdelsanvändning i Zon 1.1.1 - Zon 1.1.3 illustreras i Figur 17. Skillnaden mellan lägst och högst kostnad uppgår till en faktor fem. Företag G uppvisar den högsta totala reservdelskostnaden i dessa zoner. Det framkom under den avslutande workshop som hölls att Företag G upplever problem med att kunna avskilja oönskat material tidigt i sin behandlingskedja, varför detta följer med genom en stor del av anläggningen och orsakar slitage. Detta är en möjlig delförklaring till de högre reservdelskostnader som företaget redovisar jämfört med andra deltagande anläggningar. Företag G uppvisar samtidigt höga kostnader för materialtransporter (allokerade till Mottagning) inom anläggningen, jämfört med övriga anläggningar. Det förklaras med att anläggningen har relativt många skruvtransportörer som kräver en hög grad av regelbunden service och underhåll. Företag C upplever nackdelar med sin lite äldre teknik, som uppvisar högre elanvändning enligt figuren ovan, och även med relativt höga reservdelskostnader vid jämförelsen i Figur 17.

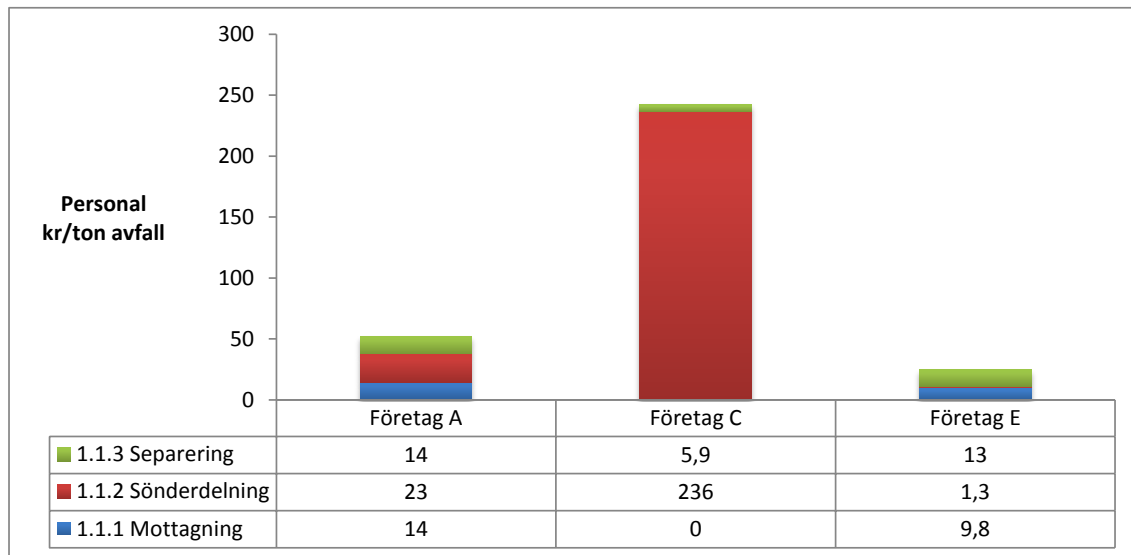
Det har framkommit på workshops att bristfälliga funktionsbeskrivningar kan leda till dåliga styrsekvenser och bristande kunskap om de påfrestningar utrustningen utsätts för leder till klena konstruktioner eller felaktiga materialval. I vissa fall har man inte fullt ut undersökt alternativa leverantörer av reservdelar. Vidare vill man se en utveckling av tillgänglig förbehandlingsteknik och större kunskaper hos leverantörer kring vad som krävs för behandling av matavfall.



Figur 17. Kostnader för reservdelsanvändning i underzonerna separering, sönderdelning samt mottagning av avfall för företag A, C, E och G.

Figure 17. The cost for spare parts used in separation, resolution and receiving of waste at the companies A, C, E and G.

Kostnader för personal i underzonerna 1.1.1 - 1.1.3, tydliggörs i Figur 18. Skillnaden mellan lägsta och högsta uppgår till en faktor tio. En förklaring till den stora skillnaden är dock att det är mycket svårt att allokera personalens tid i så detaljerad grad. Företag C uppvisar den högsta totala personalkostnaden i dessa zoner, vilket kan vara en återspeglning av den lite äldre teknik som företaget använder för dessa funktioner. Exempelvis kan bestick orsaka stopp i utrustningen för Företag C och kräva personalinsats, medan så ej är fallet på de två andra anläggningarna.



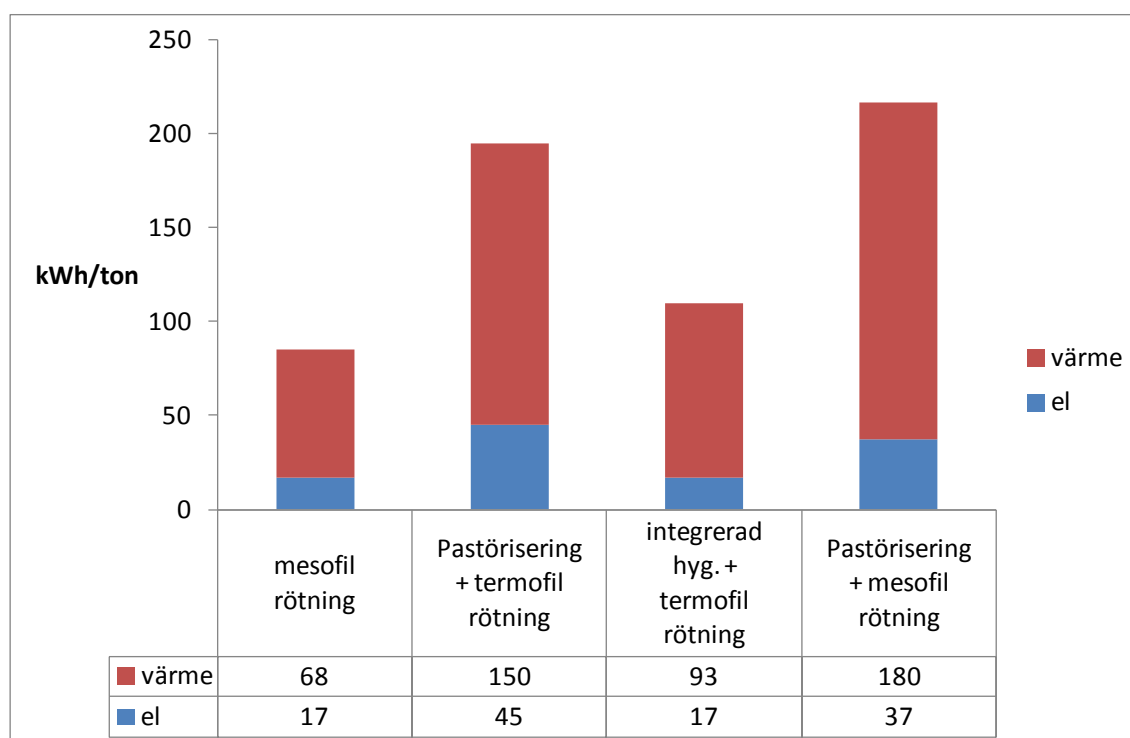
Figur 18. Personalkostnader i underzonerna separering, sönderdelning och mottagning av avfall för företag A, C och E.

Figure 18. The cost for personnel at the zones separation, resolution and receiving of waste at the companies A, C and E.

5.3 Benchmarking Zon 2 Hygienisering och Zon 3 Rötning & lager

Hygienisering av avfall till biogasproduktion sker oftast genom pastörisering, d.v.s. behandling i 70 °C i en timma. Därefter kyls slurryn till ca 37 °C innan den pumpas in i rötammaren. Kvarvarande värmeenergi från hygieniseringen utnyttjas i efterföljande steg där tillförd värme endast motsvarar förluster från rötammare. En gemensam resultatanalys av dessa båda zoner har därför tillämpats. Tre av anläggningarna har funktionen hygienisering, men hos en av dem är den integrerad i rötammaren och energianvändningen är därför helt allokerad till Zon 3. Ett företag hygieniserar inte materialet utan energianvändningen omfattar bara funktionen rötning/lagring.

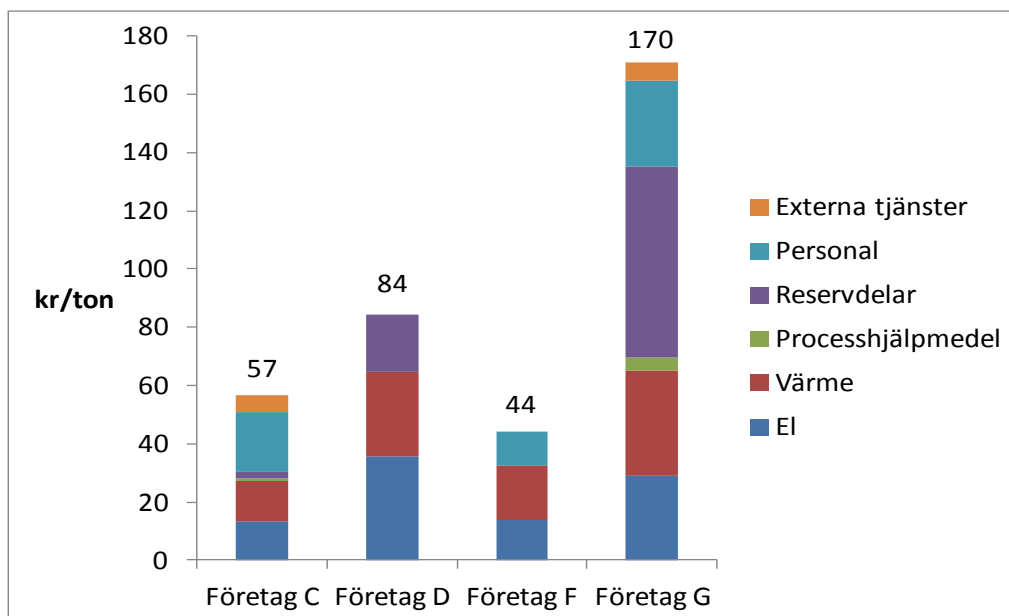
Av Figur 19 framgår skillnaderna för dessa företag. Integrerad hygienisering med termofil rötning uppvisar ungefär 50 % lägre energianvändning jämfört med pastörisering och termofil eller mesofil rötning enligt de data som samlats in från deltagande anläggningar. Nyckeltalen är beräknade på total mottagen mängd avfall in till anläggningen. Orsaken till den stora skillnaden mellan anläggningarna beror främst på de olika förutsättningarna att tillgodogöra sig värmen från hygieniseringen i rötkammaren där pastöriseringen innebär värmeförluster p.g.a. behov att kyla slurryn innan rötning. Andra faktorer som påverkar energibehovet är isolering av utrustning och regionala klimatskillnader. Tillförda mängder spädvatten ökar också energibehovet varför det är önskvärt att späda så lite som möjligt och helst med ett rötbart substrat.



Figur 19. Energianvändning för hygienisering och/eller rötning. Integrerad hygienisering med termofil rötning uppvisar lägre energianvändning jämfört med separat hygienisering genom pastörisering med efterföljande rötningssteg.

Figure 19. The energy usage for hygienization and/or digestion. Integrated hygienization in combination with digestion imply less usage of energy compared to separated hygienization through pasteurization followed by digestion.

Med hjälp av schabloner för energikostnaderna, se Tabell 13, kan den totala kostnaden jämföras. Figur 20 visar hur kostnaderna varierar mellan anläggningarna. Totalkostnaderna för hygienisering och rötning varierar mellan 44 - 170 kr/ton inkommande mängd avfall. El och värme utgör en stor del på två av dem men för Företag C och G är energikostnaden mindre än hälften av de totala kostnaderna.



Figur 20. Kostnader för hygienisering och rötning/lagring per inkommande mängd avfall. Kostnaden varierar mellan 44 - 170 kr/ton.

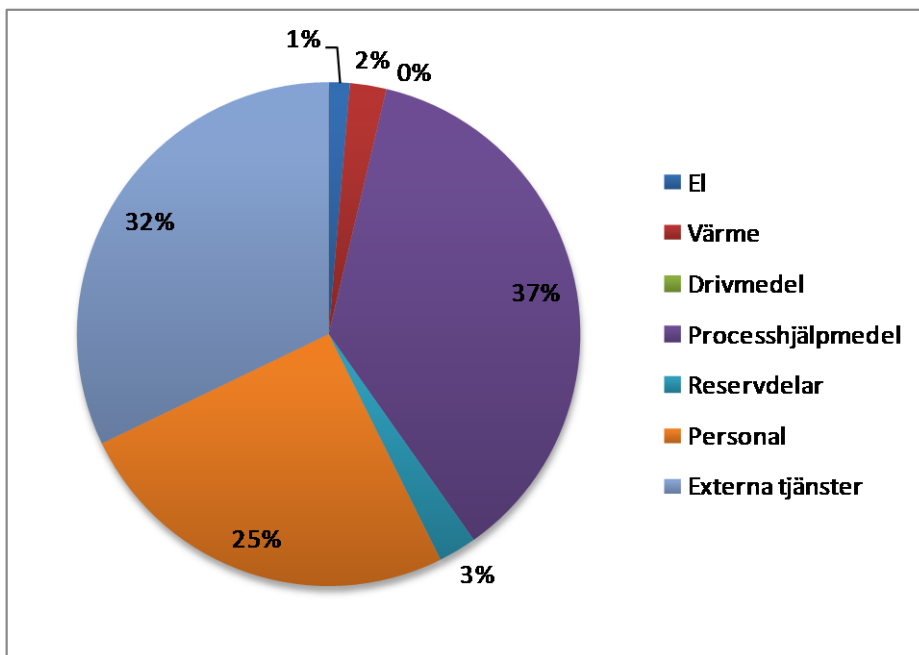
Figure 20. Total cost for hygienization and digestion per tonnes of incoming waste at companies C, D, F and G. The cost varies between 44-170 SEK/tonnes.

Skillnaderna i kostnader för de olika kostnadsslagen kan delvis bero på hur kostnaderna hanteras av företagen. Några har använt sig av egen personal och köpt in reservdelar på egen hand medan andra har använt sig av extern personal. Reservdelskostnader som hanteras inom den egna organisationen har kunnat identifieras i studien medan sådana som köpts in av externa entreprenörer i vissa fall kan ha hamnat under externa tjänster. Det är därför intressant att titta på dessa resurser gemensamt.

En enskild åtgärd som har stor påvekan på kostnaderna är tömning av rötkammare. Företag C och G, har under år 2012 genomfört en sådan åtgärd och fördelat dessa kostnader över tiden från senaste tömningen eller uppstart: nio respektive fem år. Orsakerna till tömningarna uppges vara ackumulering av plast och inert material som ansamlas i toppen respektive botten av rötkammaren och på så vis minskar den tillgängliga volymen och därmed kapaciteten på anläggningen. Det ackumulerade materialet kan påverka slitaget på omrörare i rötkammaren och på sikt också orsaka haverier. Företag G har även uppgett sig ha höga reservdelskostnader p.g.a. slitage på de två pumpsteg som tillämpas före anläggningens rötkammare.

5.4 Benchmarking Zon 4 Avvattning

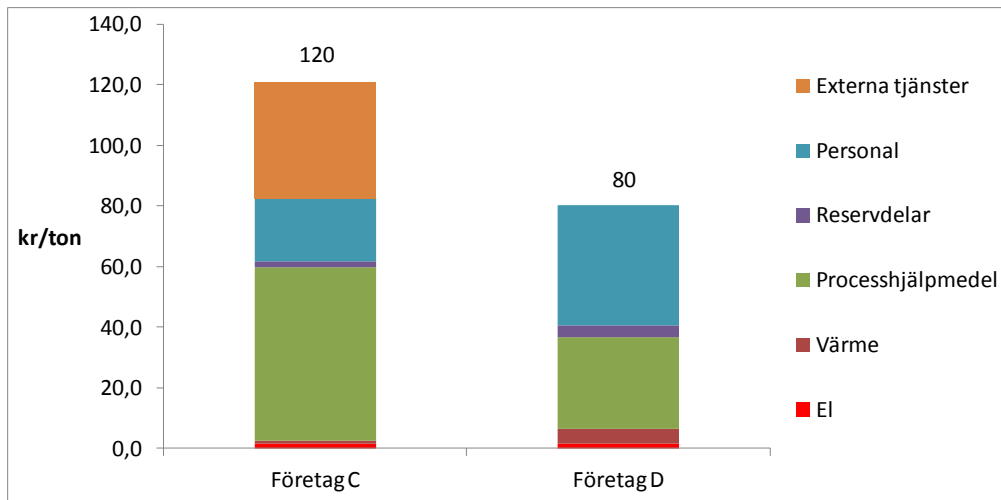
Endast två anläggningar avvattnar sin rötrest, Företag C och Företag D. Medelkostnaderna för olika resurser i Zon 4 fördelar sig enligt Figur 21 och merparten utgörs av processhjälpmedel, externa tjänster och personal. Processhjälpmedel är de polymerer som används för att förbättra avvattningsegenskaperna.



Figur 21. Kostnadsfördelning över medelkostnader för olika resurser i zon 4, avvattning. Merparten av kostnaden står processhjälpmedel för som utgör 37 % av den totala kostnaden för avvattning.

Figure 21. Distribution of mean costs for different resources in zone 4, dewatering of digestate. The majority of the cost consists of usage of additives, 37% of the total cost for dewatering.

Den totala kostnaden för avvattning för de båda anläggningarna varierar mellan 80 - 120 kr/ton inkommande mängd avfall, vilket är en hög kostnad sett till de två företagens totala kostnader för respektive anläggning, se Tabell 11. Avvattningen hos Företag C kostar 120 kr/ton vilket kan jämföras med den totala kostnaden för hela anläggningen som är 360 kr/ton. En tredjedel av anläggningens kostnader går alltså åt för avvattning av biogödsel. För Företag D är motsvarande, 80 kr/ton, cirka en femtedel av de totala kostnaderna på 430 kr/ton. De största skillnaderna mellan företagen finns hos kostnaderna för polymerer, personal och externa tjänster, se Figur 22. De externa tjänsterna hos Företag C omfattar omhändertagandet av processvattnet genom rening på avloppsreningsverk, medan Företag D inte uppger några kostnader för liknande tjänst.

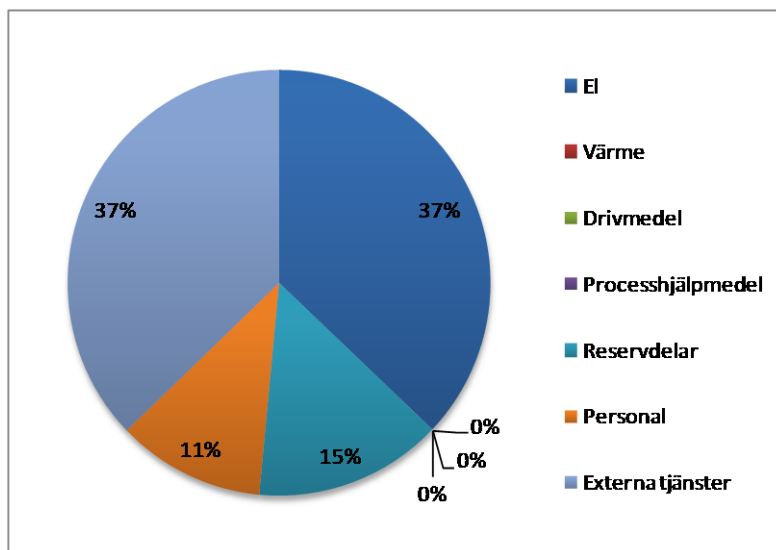


Figur 22. Totala kostnaden för avvattning per inkommande mängd avfall. Kostnaden varierar mellan 80 - 120 kr/ton inkommande mängd avfall.

Figure 22. The total cost of dewatering per tonnes of incoming waste. The cost range from 80-120 SEK/tonnes of incoming waste.

5.5 Benchmarking Zon 5 Ventilation och luktreduktion

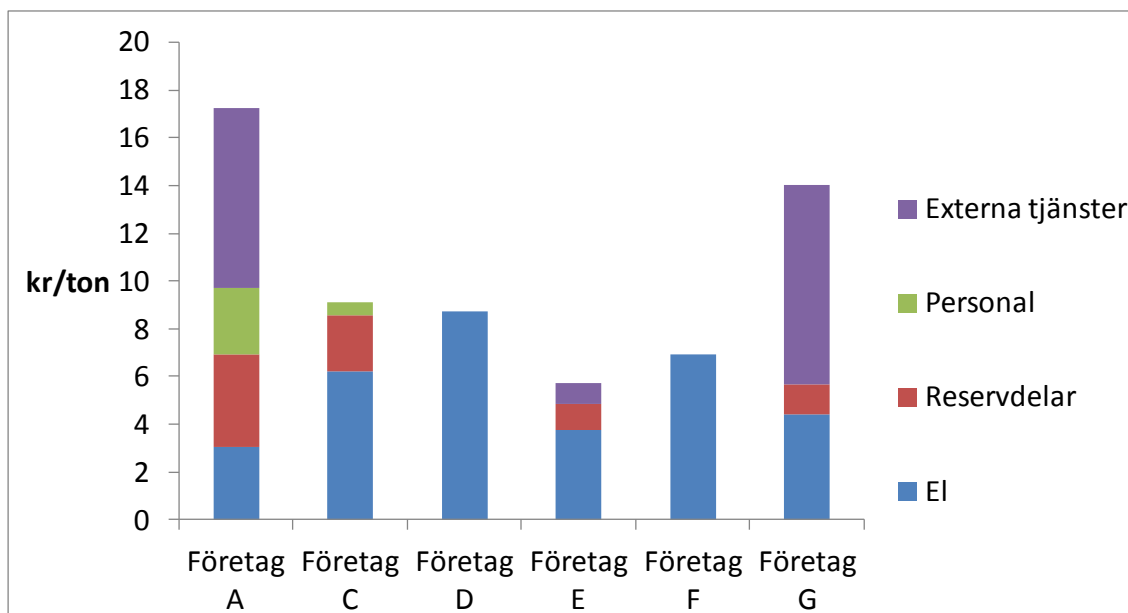
Ventilation och luktreduktion står för en relativt liten del av anläggningarnas totala kostnader. Figur 23 visar fördelningen av medelkostnader för respektive resurs i Zon 5. Merparten av kostnaderna utgörs av el och externa tjänster, 37 % vardera av totala kostnaden.



Figur 23. Kostnadsfördelning över medelkostnader för olika resurser i Zon 5, ventilation och luktreducering. El och externa tjänster utgör merparten av kostnaderna, 37 % respektive 37 %.

Figure 23. The distribution of mean costs for different resources in Zone 5, ventilation and deodorization. Electricity and external services give rise to the largest costs, 37% and 37% of the total cost.

Företagen har uppgivit kostnader för el, reservdelar, personal och externa tjänster. Dessa beräknas till totalt mellan 6 - 17 kr/ton inkommande mängd avfall, se Figur 24. Medelkostnaden har beräknats till 10 kr/ton. Sådant som påverkar dessa kostnader kan vara storlek och utformning av lokaler, val av teknik för luktreduktion, geografiskt läge, mängd avfall som behandlas mm. Något som inte framgår i studien men som är viktigt att påpeka är att ventilationen normalt sett även påverkar värmeanvändningen i lokalerna.

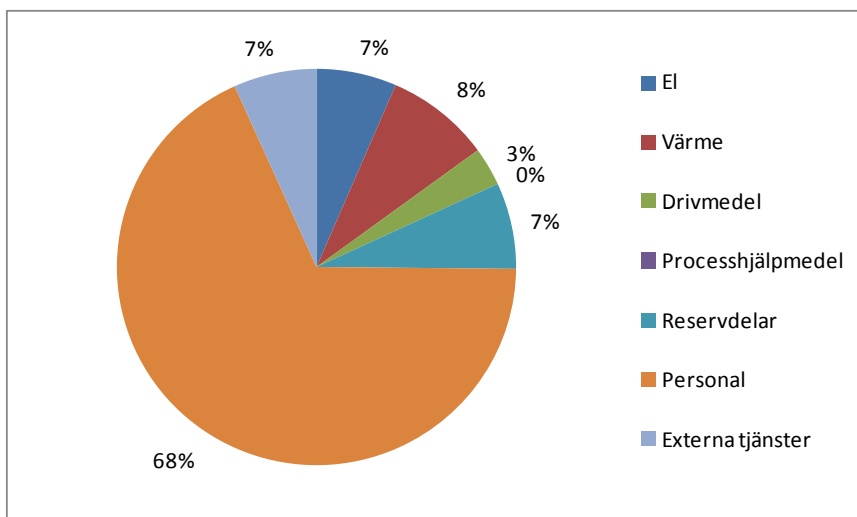


Figur 24. Totala kostnaden för ventilation och luktreducering per inkommande mängd avfall. Kostnaden varierar mellan 6 - 17 kr/ton inkommande mängd avfall.

Figure 24. The total cost of ventilation and deodorization per tonnes of incoming waste. The cost range from 6 - 17 SEK/tonnes of incoming waste.

5.6 Benchmarking Zon 6 Stödprocesser

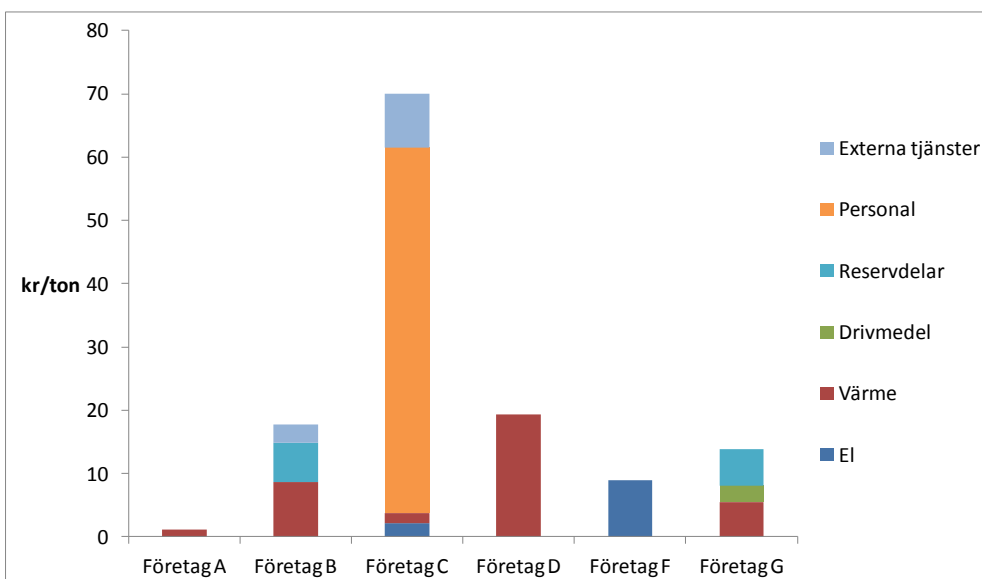
Stödprocesserna utgörs av ett flertal processer och funktioner på anläggningarna, varav några är uppvärmning av lokaler, tryckluft och labbresurser. På grund av otydlighet i zonbeskrivningen och stora skillnader mellan organisationerna hos deltagarna uteblev mycket data till denna zon. Av de data som inkom fördelar sig medelkostnader för respektive resurs enligt Figur 25.



Figur 25. Fördelning över medelkostnader för olika resurser i Zon 6, stödprocesser. Personal utgör 68 % av totalkostnaden för stödprocesser.

Figure 25. Distribution of mean costs for different resources in Zone 6, supportive processes. Personnel stands for 68% of the total cost for supportive processes.

Sex företag rapporterade in uppgifter för Zon 6. Totalkostnaderna varierar mellan 1-70 kr/ton och fördelar sig enligt Figur 26. Företag C har allokerat personalkostnad till Zon 6 vilket beror på missuppfattningar i arbetet med datainsamlingen. Bortser man ifrån den posten varierar kostnaderna mellan 1 - 20 kr/ton.



Figur 26. Fördelning av kostnader i Zon 6 på de sex företag som uppgivit kostnader i denna zon. Kostnaden varierar mellan 1 - 70 kr/ton

Figure 26. Distribution of costs in Zone 6. Six companies reported costs in this zone. The cost varies between 1-70 SEK/tonnes.

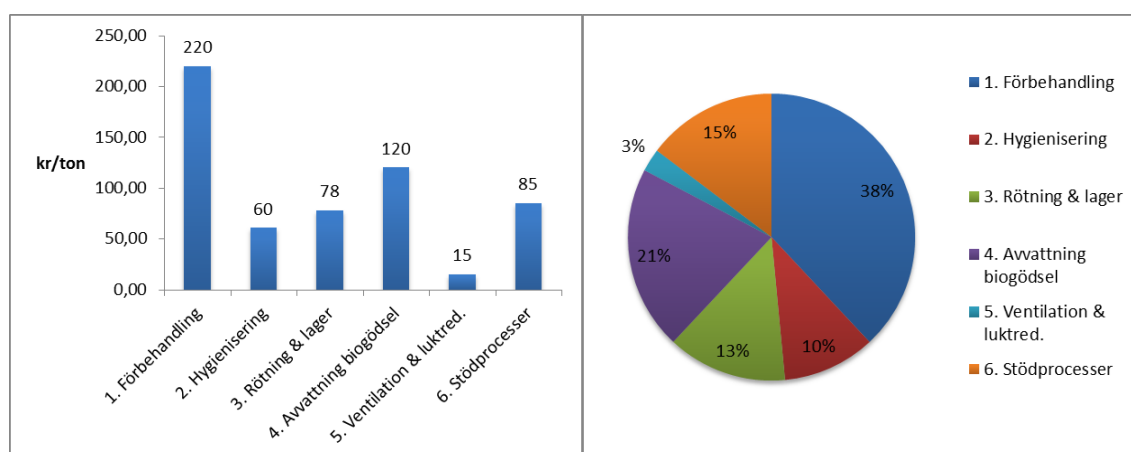
5.7 Medelkostnad för anläggningen och respektive zon

I Tabell 15 nedan har medelkostnaderna för respektive zon sammanställts. Medelkostnaden för alla zoner, d.v.s. hela biogasanläggningen är 580 kr/ton inkommande avfall. Det inkluderar dock en komplett förbehandling med samtliga underzoner samt en funktion för avvattning av rötrest. Figur 27 visar medelkostnaderna för respektive zon. Förbehandling är den klart mest kostnadskrävande zonen med en medelkostnad på 220 kr/ton mottagen mängd avfall. Utan en avvattningszon utgör kostnaden för förbehandling 48 % av totalkostnaden.

Tabell 15. Medelkostnader för zonerna. Kostnader för personal och reservdelar är de enskilt största.

Table 15. Mean costs for each zone. The cost for personnel and the cost for spare parts are substantially larger than the rest.

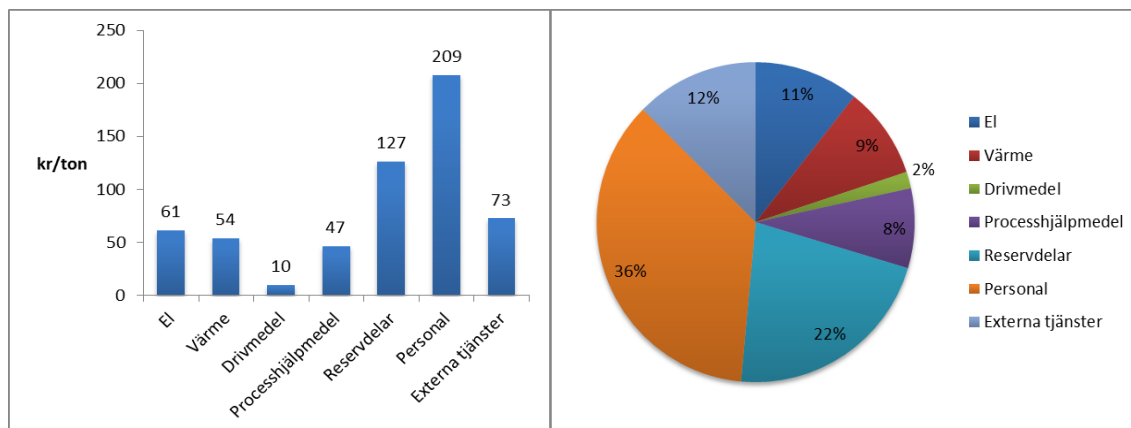
Kostnad per inkommande mängd avfall (kr/ton)								
Zon	El	Värme	Drivmedel	Processhjälpmedel	Reservdelar	Personal	Externa tjänster	Summa
1. Förbehandling	19	0,66	7,1	i.u	84	95	14	220
2. Hygienisering	13	32	i.u	i.u	6,9	3,8	4,7	60
3. Rötning & lager	16	11	i.u	2,7	25	20	3,5	78
4. Avvattning biogödsel	1,6	2,8	0	44	2,9	30	39	120
5. Ventilation & luktred.	5,5	i.u	i.u	i.u	2,1	1,7	5,6	15
6. Stödprocesser	5,5	7,2	2,7	i.u	5,9	58	5,7	85
Summa Zon 1-6	61	54	10	47	127	209	73	580



Figur 27. T.v: Medelkostnaden för de ingående företagen uppdelat på respektive zon. T.h: Zon 1, förbehandling, står för 38 % av anläggningarnas totala kostnader.

Figure 27. Left: The mean cost for the participating companies for each zone. Right: Zone 1, the pretreatment, stands for 38 % of the total cost at the companies.

Figur 28 visar medelkostnaderna för anläggningarnas användning av el, värme, drivmedel, processhjälpmedel, reservdelar, personal och externa tjänster. De mest kostnadskrävande posterna är reservdelar och personal som utgör 22 % respektive 36 % av anläggningarnas totala kostnader.



Figur 28. T.v: Medelkostnaden för de ingående företagens användning av el, värme, drivmedel, processhjälpmedel, reservdelar, personal samt externa tjänster. T.h: Personal och reservdelar utgör det största kostnadsposterna för anläggningarna, 36 % respektive 22 % av totalkostnaden.

Figure 28. Left: The mean cost for the participating companies usage of electricity, heat, fuel, process improvers, spare parts, personnel and external services. Right: The cost for personnel and the cost for spare parts stands for 36 % and 22 % respectively, of the total cost at the companies.

5.8 Energieffektivitet

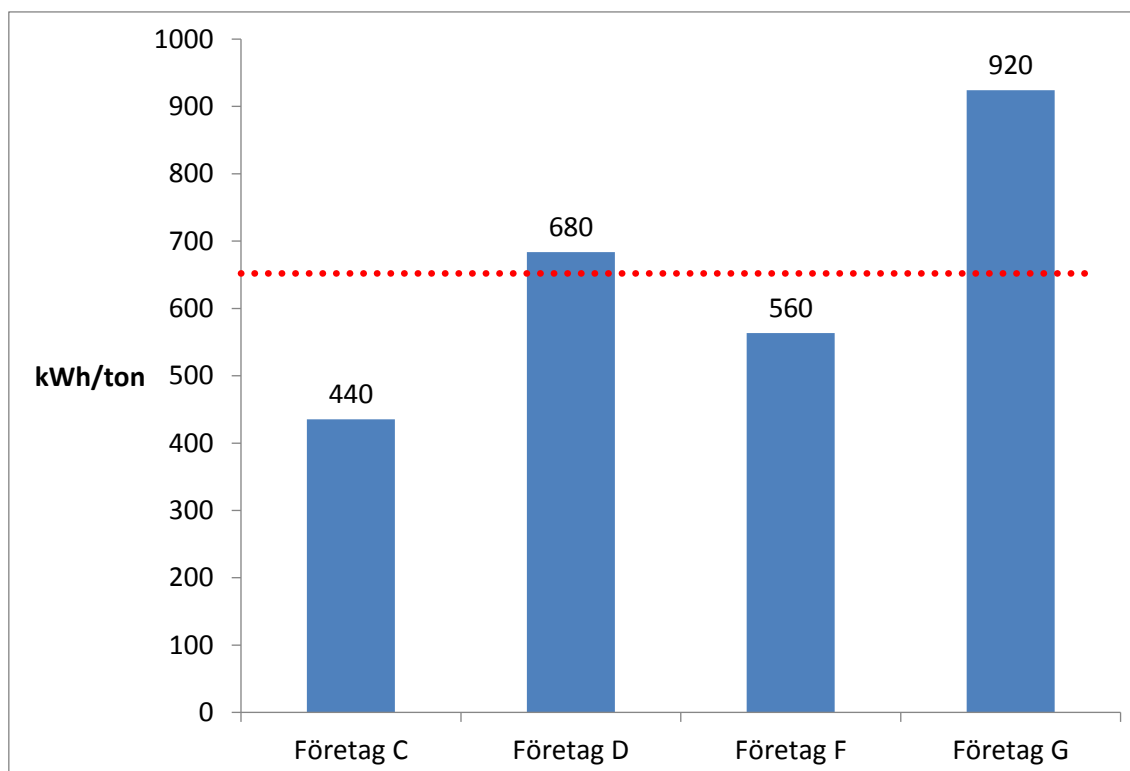
Producerad energi i förhållande till använd energi kan beskrivas som energiutbyte. I Tabell 16 redovisas energiutbytet som producerad metan per använd el- respektive värmeenergi. Dessutom redovisas energiutbytet för all använd energi, inklusive drivmedelsanvändningen. Det totala energiutbytet varierar mellan en faktor 2 - 4 (producerad kWh /använd kWh). Potentialen för att öka metanproduktionen eller minska energianvändningen är således stor.

Tabell 16. Producerad metan och energiutbyte för biogasanläggningarna. Det totala energiutbytet varierar mellan 2 - 4 kWh/kWh.

Table 16. Produced methane and the energy yield at the biogas plants. The total energy yield varies between 2 - 4 kWh/kWh.

Energieffektivitet				
Zon	Företag C	Företag D	Företag F	Företag G
Producerad metan (GWh)	2,3	5,3	23	15
Energiutbyte: metan/el (kWh/kWh)	10	8	11	10
Energiutbyte: metan/värme (kWh/kWh)	5	3	11	4
Energiutbyte: totalenergi (kWh/kWh)	4	2	4	3

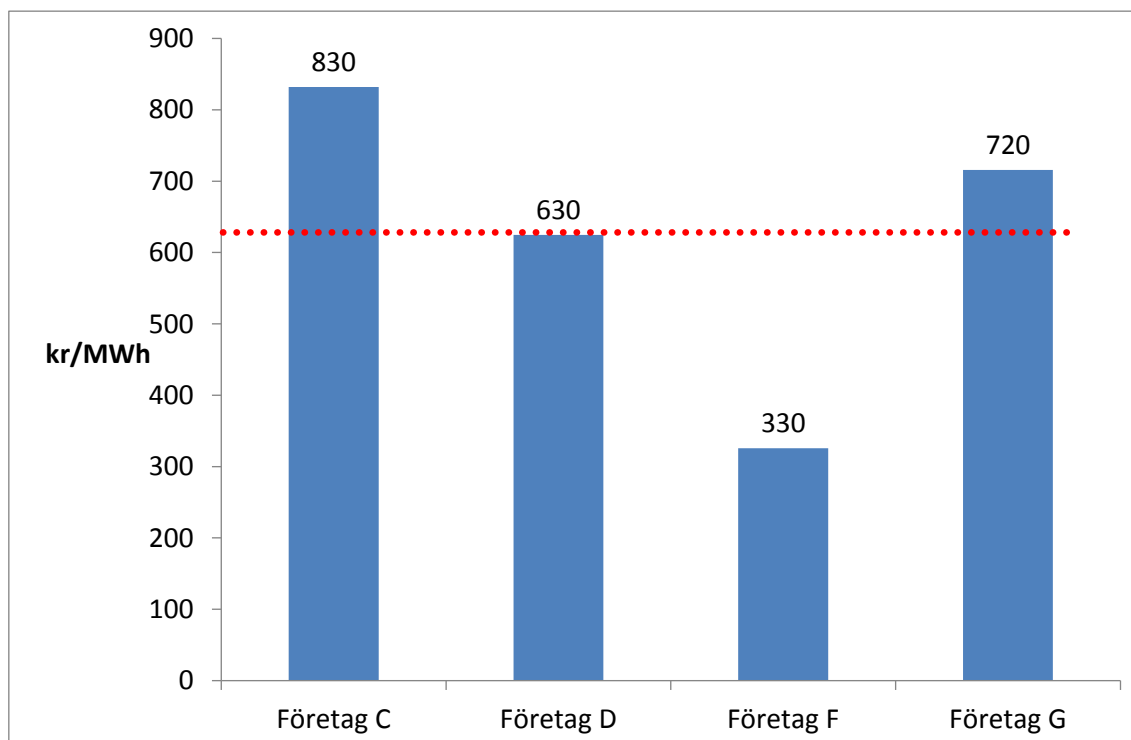
Energiproduktionen per ton inkommande mängd avfall redovisas i Figur 29. Metanproduktionen varierar mellan 440 - 920 kWh/ton och medelvärdet är 650 kWh/ton. Orsaker till skillnaderna är inte fastlagda men det är välkänt att såväl rötningsprocessen som typ och sammansättning av substraten påverkar metanutbytet. Företag C tar till exempel in en stor andel flytande material medan Företag G tar in fast material till största del, vilket då kan påverka utbytet av metan. Även förbehandlingsens förluster av rötbart material vid rejecktavskiljningen påverkar mängden slurry in i rötammaren, och därmed mängden producerad metan per ton mottagen mängd avfall. Vid en avslutande workshop med deltagande anläggningar framkom att Företag G har relativt små förluster av rötbart material vid rejecktavskiljningen, vilket kan vara en bidragande orsak till det goda metanutbytet per ton inkommande avfall som uppvisas här.



Figur 29. Producerad metan per ton mottagen mängd avfall för biogasanläggningarna. Den prickade linjen visar medelvärdet för de fyra anläggningarna på 650 kWh/ton.

Figure 29. Produced energy per tonnes of incoming waste at the biogas plants. The crosshatched line illustrates the mean value, 650 kWh/tonnes.

På de biogasproducerande anläggningarna är det relevant att ställa anläggningens kostnader mot producerad mängd metan. Figur 30 visar dessa kostnader som varierar mellan 330 - 830 kr/MWh och medelkostnaden hamnar på 630 kr/MWh metan.



Figur 30. Totalkostnader per producerad mängd metan för biogasanläggningarna. Den streckade linjen visar medelkostnaden på 630 kr/MWh.

Figure 30. Total costs per produced amount of methane at the biogas plants. The crosshatched line illustrates the mean cost, 630 SEK/MWh.

6 Resultatanalys och diskussion

Resultaten visar på stor förbättringspotential inom förbehandlingen där framförallt reservdelskostnaderna identifieras som den riktigt stora kostnadsposten tillsammans med personalkostnaderna. De är nästan uteslutande allokerade till förbehandlingen av fast material vilket inte är så konstigt med tanke på den omfattande mekaniska utrustning som finns där. Skillnaderna mellan anläggningarna med lägst respektive högst förbehandlingskostnader uppgår till en faktor fyra, se Figur 12, vilket indikerar att det finns en stor potentiell kostnadsreduktion.

En viktig faktor som påverkar totalkostnaderna är sammansättningen av det inkommande avfallet. En anläggning som tar emot väldigt liten andel hushållsavfall erhåller också låga totalkostnader. När kostnaderna för enskilda funktioner däremot relateras till behandlad fraktion, som i Kapitel 5.2.1, kan det se annorlunda ut. Detta är särskilt tydligt för Företag C som uppvisar låga kostnader för förbehandling i Figur 12, men höga kostnader när man tittar enskilt på funktionen för behandling av fast material. Det är alltså först när detaljeringsgraden ökas som olika tekniker och lösningar på anläggningarna kan utvärderas rättvist.

Slitage av utrustningen uppges vara den huvudsakliga orsaken till kostnaderna inom förbehandling. Det inkommande materialets egenskaper samt svårigheter att separera bort oönskat material i förbehandlingen av fast material är några av orsakerna. Andra orsaker som framkommit är klena konstruktioner. Detta tror man beror på alltför låga kunskaper hos leverantörerna om vad som krävs för behandling av matavfall. Det har inte undersökts hur typen av insamlingspåse (plast/papper) påverkar slitaget. Deltagande biogasanläggningar har dock framhävt att ackumulering av plast i rötkammare är ett problem. Detta kan möjligen avhjälpas genom förbättrade insamlingssystem och effektivare avskiljning av plast på anläggningen. Insatser som krävs omfattar såväl systemstudier och utveckling samt produktutveckling på utrustningssidan. Sådant arbete kan erbjuda stora kostnadsbesparingar på lång sikt samt ökad produktivitet och tillförlitlighet. Dessutom kan det bidra till att höja kvaliteten på biogödseln. Deltagarna efterfrågar även teknikutveckling av förbehandlingsutrustning.

Resultaten visar att hygieniseringen och rötningen erbjuder möjligheter för vissa anläggningar att minska energianvändningen. Den anläggning som tillämpar integrerad hygienisering med termofil rötning uppvisade betydligt lägre energianvändning än de två anläggningar som hygieniserade genom pastörisering följt av mesofil eller termofil rötning. Det har främst att göra med bättre möjlighet att nyttiggöra värme från integrerad hygieniseringen i röttningsprocessen eftersom man inte behöver kyla materialet. Underlaget i denna studie är möjligen för litet för att kunna dra några slutsatser om hur stor potentialen är krävs ytterligare data. Minst en biogasanläggning avser att utreda sin hygieniseringsmetod.

Avvattning utgör en stor andel av totalkostnaden på de anläggningar där det finns. Kostnaderna utgörs främst av processhjälpmiddel och kväverening av våtfasen från avvattningen. Goda möjligheter till kostnadsminskningar uppemot 30 % för processhjälpmiddel har framkommit.

Ventilation och luktreduktion uppvisar inte samma potential som flera av de övriga zonerna, men det har ändå framkommit att förbättringar finns. Bl.a. driftas vissa anläggningar med öppna portar vilket bidrar till onödig hög energianvändning. El och servicekostnaderna står för 75 % av kostnaderna för funktionen. Skillnaderna är stora mellan anläggningarna där totalkostnaderna uppgår till mellan 6 - 17 kr/ton.

Skillnaderna i resultaten för stödprocesser härleds i huvudsak till bristande definition av zonen. Det är därför svårt att dra slutsatser kring nyckeltalen för denna zon. En orsak till att zonen användes i så liten utsträckning, och därmed inte definierades tydligt, förklaras med att intresset för den är lågt hos deltagande anläggningar. Det har troligen att göra med att kostnader och energianvändning i olika stödprocesser inte har någon avsevärd påverkan på hela anläggningens ekonomi. Det betyder dock inte att denna zon saknar förbättringspotential eller betydelse utan bara att den är lägre prioriterad än flera andra zoner. Det är önskvärt att i framtida arbete sammanställa och mäta relevanta parametrar för att kartlägga även stödprocesserna på anläggningarna.

Nyckeltalen gällande metanproduktion visar att samtliga av de fyra biogasanläggningarna producerar mer energi än vad de förbrukar men också att skillnaderna i producerad metan per ton mottagen mängd avfall är stora. Att det finns en stor potential att öka metanproduktionen eller minska energiförbrukningen framgår i studien. Även om metanproduktionen till stor del är beroende av sammansättningen av inkommande material erbjuder benchmarkingen underlag för att se över processerna. En viktig parameter som påverkar metanproduktionen är hur mycket organiskt material som sorteras bort i förbehandlingen. Separeringsfunktionen kan även ha en långsiktig påverkan på rötmarkkapaciteten genom att minimera ackumulering av icke rötbart material.

Benchmarking kan visa potentialen för en anläggning eller funktion vilket erbjuder bättre beslutsunderlag i förbättringsarbetet. Resultaten uppvisar mycket stora skillnader i energianvändning och kostnader för de olika funktionerna. I många fall är skillnaderna dock svåra att förklara enbart utifrån ingående information utan kräver djupare analyser av de enskilda anläggningarnas förutsättningar och teknik. Nyckeltalen ska dock ses som just indikatorer. Ju mer de praktiseras och följs upp på anläggningarna desto mer tillförlitliga blir de. I förlängningen är förhoppningen att ett fortsatt arbete med nyckeltalsjämförelse ska bidra till en sammanställning av BAT, Best Available Technology, för biogasbranschen där goda teknik- och processval framhålls. Att det finns en stor potential till förbättringar har framgått under denna studie. Hur och var dessa förbättringar ska ske är upp till de enskilda anläggningarna att bedöma eftersom det kräver ingående kunskaper om lokala förutsättningar och möjligheter. Kapitel 6.2 och 6.3 redovisar dock några goda exempel på teknikval och förbättringsförslag som under projektiden lyfts fram som relevanta på anläggningarna.

6.1 Måluppfyllelse

Initialt i detta arbete sattes följande mål upp:

- 1) minska drift- och underhållskostnaderna för deltagande anläggningar med minst 5 %.
- 2) minska oplanerade driftstopp med 10 % hos de deltagande anläggningarna.
- 3) öka deltagande anläggningars sammanlagda metanproduktion med 2 %.

Huruvida målen har uppfyllts är svårt att mäta då det krävs en längre tid för att kunna se resultat. I en projektutvärdering, som sju av åtta deltagande anläggningar besvarade, tydliggjordes dock några av dessa mål.

6.1.1 Drift- och underhållskostnader

Flertalet av anläggningarna som deltog i studien upplever att de fått en ökad kunskap och insikt i vilka underhållskostnader den egna anläggningen har. Mer än hälften av de deltagande anläggningarna anser att de genom detta projekt har, på ett bättre sätt än tidigare, börjat följa upp sina drift- och underhållskostnader och identifierat var de största kostnaderna finns. Några anläggningar har börjat undersöka specifika åtgärder för att minska sina drift- och underhållskostnader. Dessa åtgärder är att till en högre grad börja värmeåtervinna från rötresten, undersöka alternativ förbehandlingsutrustning och hygieniseringsmetod, späda med fettavskiljarslam istället för vatten samt installera fler mätinstrument för att bättre följa upp energianvändningen på anläggningen.

6.1.2 Driftstopp

De flesta av de deltagande anläggningar upplever att deras uppföljningsarbete gällande störningar och driftstopp har förbättrats i och med detta projekt. Hälften av anläggningarna tycker att de fått ökad insikt i den egna anläggningens oplanerade stopp och börjat fokusera på denna aspekt. En tydligare och framförallt en gemensam definition av ett driftstopp, är önskvärt från de deltagande anläggningarnas sida. Målet är på sikt gå från oplanerade till planerade stopp. Huruvida projektet har bidragit till en minskning i antalet oplanerade stopp är svårt att säga men det har, på en del av anläggningar, tydliggjort behovet av att noggrannare dokumentera stoppen för att på sikt kunna minska dem. Några av anläggningarna tycker sig redan ha en väl fungerade rutin för att dokumentera och följa upp driftstopp.

6.1.3 Metanproduktion

Ingen av de deltagande biogasanläggningarna har kunnat se en ökad metanproduktion under projektets gång. Detta är något anläggningarna på sikt hoppas att projektet resulterar i. En av förbehandlingsanläggningarna har minskat sin produktion av slurry. Detta beror på att de börjat använda fettavskiljarslam istället för vatten som spädmedia i processen. Anläggningen ser detta som något positivt eftersom de nu kan hålla en högre TS-halt på sin slurry.

6.2 Teknik- och processval

Många anläggningar har förbättrat sina utrustningar under årens lopp även om det via denna studie är svårt att entydigt lyfta fram en enskild teknik som bättre än en annan då det är många faktorer som avgör en anläggnings prestanda. Nedan beskrivs kortfattat några aspekter att ha i åtanke när det gäller teknikval och processutformning.

Det finns indikationer på att förbehandling med färre rörliga delar för materialtransport ger lägre drift- och underhållskostnad. Företag G särskiljer sig kraftigt från övriga med mycket högre kostnader för intern materialtransport på grund av fler skruvtransportörer jämfört med de andra anläggningarna, se Figur 17. Det är med andra ord viktigt att ta denna del av processen i noggrann beaktning både vid nybyggnation och ombyggnation.

Reservdelskostnaderna är en betydande del av drift- och underhållskostnaderna. Figur 28 visar att reservdelar utgör en tredjedel av drift- och underhållskostnaderna då alla sex funktionella zoner summeras. Detta är ingen ny vetskap vilket bekräftas av deltagarna i projektet och tidigare studier [20], [21]. Dock har de enskilda anläggningarna nu erhållit en bättre bild av sina egna kostnader i förhållande till andras. Kunskapen om vilka utmaningar som föreligger gällande behandling av matavfall finns idag men på grund av att ett flertal anläggningar sitter fast i tidigare investeringar, kan det dröja innan man ser resultatet av denna kunskap. Reservdelskostnaderna är viktiga för en utrustnings livscykelkostnad och förhoppningen är att framtiden kommer att visa på lägre behandlingskostnader tack vare bättre materialval och robustare utrustning.

6.3 Förbättringsåtgärder och goda exempel på anläggningarna

Redan genom den initiala inventering för framtagning av underlag till nyckeltalen, som genomfördes enskilt på var och en av anläggningarna, hittades olika förbättringsåtgärder. Exempelvis såg en anläggning ett behov av installation av utrustning, såsom elmätare, för att bättre kunna följa sina processer och kunna utvärdera dem var för sig. Tidigare kunde exempelvis inte de delar som härrörde till avloppsreningsverket och de delar som hörde till behandlingen i den separata linjen för organiskt avfall tydligt skiljas åt. En annan anläggning kände att de genom inventeringen fick en bättre överblick över hela sin anläggning och insåg att ett helhetsgrepp skulle behöva tas för att finna en bättre teknisk lösning för hela sin behandlingskedja. En annan upptäckt som gjordes var en anläggning som insåg att de betalade för en tjänst som de inte längre använde. För ytterligare en av de deltagande anläggningarna blev det tydligare hur stor del av anläggningens kostnader som utgjordes av reservdelar, vilket väckte frågan att tillsammans med andra anläggningar med samma typ av teknik försöka göra en bättre sammanställning över möjliga leverantörer eller hitta alternativa leverantörer för att om möjligt kunna sänka sina utgifter för reservdelar.

Under projektets gång framkom det att en anläggning, redan innan projektstart, hade börjat förbättra sin förbehandlingsutrustning, en pulperkvarn, som är utformad att ta in material under en viss tid för att sedan omblanda och sönderdela det. Personalen på anläggningen programmerade om pulpersekvensen till att styra inmatningen av material på motorströmmen till omröraren. När strömmen översteg ett bestämt värde under en bestämd tid indikerade det att pulpern var full och inmatningssekvensen avbröts. Lämpliga värden på ström och tid har man försiktigt provat sig fram till utifrån slurryegenskaper och slitage. Små justeringar i sekvensen krävs ibland p.g.a. maskinslitage, variationer i inkommande material och slurryegenskaper i efterliggande processteg.

De två anläggningar som avvattnar sin rötrest har under projektets gång undersökt kostnader för sin avvattning. Kostnaderna för avvattning har visat sig vara höga, mellan 20 - 33 % av respektive anläggnings totala kostnader. De processhjälpmedel, i form av polymerer, som används för att förbättra avvattningsegenskaperna, är kostsamma och anläggningarna har undersökt alternativa polymerer för att få ner sina kostnader. En anläggning har hittat en polymer till ett lägre pris men med bibehållen funktion som har resulterat i en 30 % lägre polymerkostnad. Samma anläggning kommer framöver även undersöka alternativa avvattningstekniker med målet att erhålla en bättre avvattning och lägre polymeranvändning.

För att utvinna mer rötbart material från rejektfraktionen har en anläggning börjat tippa tillbaka några containrar med rejekt varje dag i mottagningen. På en annan anläggning försöker man på ett tydligare sätt än tidigare konkretisera sina driftstopp genom att undersöka vad de består av och hur man på bästa sätt åtgärdar dem. Varje morgon genomförs ett tavelmöte där personal på anläggningen går igenom föregående dags driftstopp. En anläggning har sedan tidigare utformat en lathund med dagens ”att göra”-lista för att reducera risken för att viktiga moment glöms bort.

Det är bra att mäta el på de stora förbrukarna för att kunna följa upp över tid. Elmätning kan användas på flera sätt på anläggningen. Genom att mäta el på utrustningen kan man påvisa slitage eller styrbehov. Ökad elanvändning eller en förändring i strömkurvor för enskilda utrustningar kan vara indikationer på ökat slitage. Sådana återkopplingar i övervakningen av anläggningen kan användas för att styra underhåll på utrustningen eller driftåtgärder som t.ex. att minska belastningen. Elmätning kan även användas som återkoppling direkt i styrningen av utrustning och processer. Det är ibland möjligt att i styrsystemet programmera in ett gränsvärde för en specifik motorström i en avgränsad del av processen och låta processteget avslutas när gränsvärdet uppnått. På workshop föreslogs att en översyn av funktionsbeskrivningar och styrsystemen för viktiga delar i förbehandlingen kan erbjuda förbättringar t.ex. i form av minskat slitage.

6.4 Förslag på förbättringsåtgärder för metoden med nyckeltalsjämförelse

I detta kapitel redogörs för vilka förbättringar som kan göras i ett fortsatt arbete. Den metod som utvecklades och testades under detta projekt har fungerat tillfredställande men det finns som i allting annat alltid potential till förbättringar.

Under arbetets gång med datainsamlingen framkom ytterligare behov av att närmare tydliggöra och definiera olika data så som personal, driftstopp, externa tjänster, processhjälpmedel, reservdelar, etc. En av utmaningarna i projektet har varit att definiera respektive data (vad ingår och vad ingår inte) och sedan kommunicera ut det till hela projektgruppen och alla deltagande anläggningar.

I datainsamlingen ingick att bedöma antal och längd för de stopp som behövde göras på utrustningen under den tid då anläggningen var bemannad. Detta för att kunna bedöma tillgängligheten för olika typ av utrustning och även med avseende på denna aspekt kunna jämföra utrustning med samma funktion i behandlingskedjan. Det visade sig i många fall vara möjligt att uppskatta antal och längd på stopp för enskild utrustning, men det blev svårare när tillgängligheten för en hel zon eller för hela anläggningen skulle beräknas med utgångspunkt från detta. Den totala längden på genomförda stopp för all utrustning sammanfaller nämligen sällan med hur länge anläggningen i praktiken står stilla eftersom stopp kan planeras så att exempelvis service och underhåll kan göras på flera olika utrustningar samtidigt. Det framkom även att definitionen av vad ett driftstopp är skiljer sig åt anläggningarna emellan. Stopp kan finnas inbyggda i processlösningen av säkerhetsskäl, exempelvis för att stoppa inmatningsskruvar vid lossning av organiskt avfall och det är en öppen fråga huruvida dessa bör klassas som driftstopp. En gemensam definition av hur man mäter stopp på anläggningarna är viktigt att ha liksom uppföljning av dessa. Genom kunskap om var stoppen sker, i vilken omfattning och vilka åtgärder som krävs bidrar till att bättre planera förebyggande arbete och förbättra produktiviteten. Anläggningarnas

tillgänglighet och behov av stopp för enskild utrustning är viktiga parametrar vid utvärdering av en utrustnings/anläggnings effektivitet och det är angeläget att i ett fortsatt arbete inkludera denna aspekt i nyckeltalsarbetet.

Insamlingen av data gjordes för år 2012, med undantag från en anläggning som var så nystartad att endast data och statistik för en månad under år 2013 utnyttjades. Vissa parametrar kan anses vara tillräckligt att samla in under 12 månaders tid för att få en bra bild över resursförbrukning och kostnader vid ungefärligt lika mängd mottaget material mellan åren, men det framkom att reservdelskostnader och externa resurser är sådana parametrar som kan variera mycket år från år. Detta beroende på att större underhållsbehov ofta uppkommer med större tidsintervall än 1 år. En möjlighet vid sådana förhållanden är att allokera/slå ut kostnaderna på flera år för att få fram mer rättvisande nyckeltal. Vi kom dock inom projektgruppen fram till att branschen är så pass ny att mycket utrustning är relativt oprövad och att det därför är mycket svårt att förutse med vilka intervaller större underhållsinsatser behöver göras. Ett flertal anläggningar är på gång att expandera och kraftigt öka sin mottagning och kapacitet för att kunna ta emot och behandla större mängder organiskt avfall. Detta gör det tydligt att de nyckeltal som beräknats i detta projekt måste ses som en ögonblicksbild för just året 2012, och för att man ska kunna få mer kunskap om kostnader och resursförbrukningen på förbehandlings- och biogasanläggningar behöver data samlas in över ett större antal år.

I ett fortsatt arbete med datainsamling bör man överväga att slå ihop externa tjänster, personal och reservdelar till en gemensam underhållspost för att lättare kunna jämföra underhållskostnader mellan olika anläggningar. Anledningen till detta är att några anläggningar köper in reservdelar och med hjälp av egen personal installerar medan andra anläggningar köper in personal/tid vilket då hamnar under externa tjänster.

I datainsamlingen avseende personaltimmar har endast tid för den personal som arbetar direkt praktiskt med utrustningen på anläggningen räknats med, såsom mekaniker och driftoperatörer. Övrig personal såsom processingenjörer, laboratoriepersonal, utvecklingsingenjörer etc. har ej räknats med. Givetvis utgör även denna personaltrupp ett viktigt element för anläggningens funktion och drift. I ett fortsatt arbete med en liknande studie skulle det även vara intressant att få med denna typ av personal för att eventuellt kunna beakta även sådana personalresursers påverkan på anläggningens prestanda.

Elmätare saknas i stor utsträckning för enskilda funktioner och utrustningar. Istället har beräkningar gjorts utifrån total elanvändning och mätningar på större förbrukare samt genom uppskattningar utifrån installerade effekter och drifttid. Inga extra elmätningar genomfördes under projektet. För tillförlitligare uppgifter och högre detaljeringsgrad samt intern uppföljning är det lämpligt att i framtiden försöka mäta elanvändningen i större utsträckning, främst på utrustningar med stora effekter.

Överlag fungerade insamlingen av data väl och de allra flesta av de deltagande anläggningarna hade möjlighet att ange data på en hög detaljnivå och i en stor omfattning. I vissa fall har några anläggningar endast kunnat uppge begränsad mängd data vilket givetvis påverkar resultaten. Anläggningarnas möjligheter att avsätta tid för arbetet med datainsamlingen påverkade även omfattning och detaljnivå på den data som kunde anges. Verksamheter som varit igång längre och där man hade en väletablerad personalstab hade lättare för att lämna in fullständiga enkätsvar. Reservdelskostnader har kunnat härledas från

fakturaspecifikationer som ofta lämnar viss information som kan ge ledtrådar till var i anläggningen de inköpta delarna ska sitta. För de mer nyetablerade anläggningarna har emellertid reservdelskostnader varit svårare att ta fram då anläggningen eventuellt varit under så kallad garantitid, eller reservdelar ännu inte hunnit bli aktuella för den korta verksamhetstiden.

Under arbetets gång uppstod frågor kring exakta avgränsningar för zonerna, och det blev påtagligt att en tydligare beskrivning av hur zonindelningen ska genomföras skulle behövas i en eventuell fortsättning av projektet, speciellt om fler anläggningar involveras i ett fortsättningsprojekt. Zon 1 har en hög detaljeringsgrad vilket har medfört vissa svårigheter för anläggningarna att kunna ange data. Ett förslag till en eventuell fortsättning är att exkludera underzonerna 1.1.1, 1.1.2 samt 1.1.3, mottagning, sönderdelning och separering, då flertalet anläggningar saknar energimätning på dessa specifika objekt och har svårigheter att definiera var personalen lägger sin tid. Ett annat förslag är att slå ihop zonerna 1.1 och 1.3, fast material och förpackat material, eftersom en del anläggningar har en gemensam linje för dessa inkommande material.

I ett fortsatt arbete kan även gas- samt biogödselhantering inkluderas i datainsamlingen för att få en mer övergripande bild av anläggningarna. Under projektets gång har det framkommit att höga kostnader är förknippade med gasuppgradering samt att det föreligger svårigheter i att få avsättning för producerad biogödsel.

7 Slutsatser

Modellen för jämförelser mellan olika funktioner på företagen har varit framgångsrik och väl motagen hos anläggningarnas representanter. Genom zonindelningen har de mest relevanta och resurskrävande delprocesserna eller funktionerna identifierats. Modellen erbjuder dessutom möjligheten att jämföra effektiviteten och visa potentialen för enskilda funktioner eller kombinationer av funktioner.

Potentialen för besparingar är mycket stor i förbehandlingen och mycket tydlig avseende reservdelskostnader. Skillnaderna uppgår till en faktor fyra mellan anläggning med lägst respektive högst förbehandlingskostnad. Förbehandlingens förmåga att separera ut oönskat material men behålla det rötbara påverkar inte bara de direkta kostnaderna på en anläggning utan även metanproduktionen genom mindre materialförluster. Samtidigt kan en högre slurrykvalitet på längre sikt även ha betydelse för kapacitet och tillgänglighet.

Energianvändandet på anläggningarna har potential att minskas genom bl.a. utökad mätning och uppföljning, optimering av styrning, värmeväxling av överskottsvärme samt effektivare utrustning och processtyrning. Hygieniseringen, som är en energikrävande funktion, erbjuder stor potential till energibesparingar genom utvärdering av alternativa metoder till pastörisering.

Det är få anläggningar som konsekvent mäter mängden planerade och oplanerade stopp på sin utrustning. Sådana mätningar skulle kunna erbjuda goda underlag för riktade insatser och en förbättrad drift- och underhållsplanering vilket även förbättrar tillgängligheten och tillförlitligheten. Avsaknad av en branschgemensam syn på tillgänglighet gör det svårt att benchmarka anläggningarnas effektivitet. Det har heller inte varit möjligt att mäta tillgängligheten. Åtgärder som har påbörjats under projektet och sådana som planeras på anläggningarna är bland annat avsedda att minska driftstoppen. Flera av dessa kommer från utbytet av erfarenheter och benchmarkingen av nyckeltal. På det viset kommer projektet på sikt att bidra till att förbättra tillgängligheten på anläggningarna.

Projektet har bidragit till att anläggningarna skapat sig en bättre bild av sina kostnader och energianvändning vilket givit dem ett utmärkt underlag att arbeta vidare med för att minska kostnaderna på ett effektivt sätt. Benchmarkingen har givit möjlighet att identifiera var potentialen finns och hur stor den kan vara. Kunskaps- och erfarenhetsutbyte har erbjudit kompetensöverföring till nytta för anläggningarna. Ytterligare insatser behövs dock i form av mätning och utveckling för att effektivisera anläggningarna till sin fulla potential.

En sammanfattning av några nyckeltalsintervall redovisas i Tabell 17.

Tabell 17. Några av de nyckeltal som tagits fram i detta projekt.

Table 17. Some of the indicators that have been presented in this project.

Nyckeltal	
Kostnad biogasanläggning/inkommande mängd avfall	180-660 kr/ton
Kostnad förbehandlingsanläggning/inkommande mängd avfall	150-270 kr/ton
Kostnad biogasanläggning/metan producerad	330-830 kr/MWh
Metan producerad/inkommande mängd avfall	440-920 kWh/ton
Energiutbyte: metan producerad/total energianvändning	2-4 kWh/kWh

8 Rekommendationer och användning

Den modell för jämförelser av olika funktioner på företagen erbjuder möjlighet för framtida benchmarking av fler nyckeltal. Modellen gör det möjligt att fortsätta jämföra nyckeltal för fler år och fler anläggningar för att erhålla bättre underlag för förbättringsarbete och teknikutveckling. Ett sådant underlag kan tillsammans med goda exempel på sikt erbjuda möjligheter att utforma en BAT, Best Available Technology, för produktion av biogas från matavfall. Benchmarkingverktyget administreras i nuläget av SP.

Projektgruppen rekommenderar att man fortsätter kunskapsutbytet mellan anläggningarna rörande tekniska detaljer och funktioner/processer för att effektivare hantera angelägna problem på företagen och utveckla branschen. Oavsett formen för sådant kunskapsutbyte bör de innehålla sammanfattande underlag av relevanta nyckeltal från deltagarna att diskutera kring.

Deltagarna i projektet efterfrågar ytterligare teknikutveckling och utvärderingar av förbehandlingsutrustning. Det bör ske i samarbete med anläggningarna som har kunskapen om vad behoven är och hur systemen kan implementeras på anläggningarna. Rapporten kan här bidra med vägledning kring några parametrar som är viktiga att beakta.

Datainsamlingen var omfattande och all data har inte kunnat utvärderas fullt ut. Underlaget till benchmarkingmodellen erbjuder ytterligare analyser och möjligheter till fördjupningar. I vissa fall saknas data från enskilda anläggningar som gör analysen ofullständig, men detta kan kompletteras med ytterligare insatser avseende mätningar av olika parametrar. En vidare analys av denna data kan erbjuda ytterligare information och uppslag som idag ligger dolda.

En fortsatt benchmarking enligt den arbetsmodell och databas som byggts upp i detta projekt kan utgöra ett stort stöd till ett effektivt och relevant förbättringsarbete såväl för branschen i stort som för den enskilda anläggningen. Inte minst för att underlätta för den enskilda anläggningen att identifiera höga kostnader samt kartlägga möjligheter till energieffektiviseringar för att klara kommande krav enligt HBK. Samtidigt bör ett sådant arbete ta hänsyn till de förbättringsförslag till metodutveckling som beskrivs i rapporten.

9 Referenser

- [1] SFS 2010:598, Lag om hållbarhetskriterier för biodrivmedel och flytande biobränslen; utfärdad den 10 juni 2010, med ändring: SFS 2011:1065 Lag om ändring i lagen (2010:598) om hållbarhetskriterier för biodrivmedel och flytande biobränslen.
- [2] EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV 2009/28/EG av den 23 april 2009 om främjande av användningen av energi från förnybara energikällor och om ändring och ett senare upphävande av direktiven 2001/77/EG och 2003/30/EG.
- [3] Bauer F, Hulteberg C, Persson T, Tamm D; "Biogasuppgradering – granskning av kommersiella tekniker" SGC Rapport 2013:270, SGC, 2013
- [4] Johansson, A., Niklasson, F., Johnsson, A., Fredäng, J., Wettergren, H. (2009) *Drift och underhåll av anfallsförbränningsanläggningar – en jämförelse av två tekniker och strategier*. Projektnummer WR-09, Waste Refinery.
- [5] Andersson, J.E., Lycken, A., Nordman, R., Olsson, M., Räftegård, O., Wamming, T. (2011) *State of the art – Energianvändning i den svenska sågverksindustrin*. SP rapport 2011:42. Borås.
- [6] Nordman, R. (2012): *Energieffektivisering inom sågverksindustrin (EESI)*, projekthemsida för fas II av projektet. www.sp.se/sv/index/research/effenergi/ongoing/eneff_eesi/
- [7] <http://www.ivl.se/press/nyheter/nyheter/bredivlsatsningpaforskningforresurseffektivarerensverk.5.7df4c4e812d2da6a416800071301.html>
- [8] Lingsten, A., Lundkvist, M., Hellström, D., Blamér, P., *VA verkens energianvändning 2008*. Svenskt Vatten. Stockholm
- [9] Andersson, M. (2011) *Energikartläggning vid biogasanläggning kungsängens Gård*. SLU. Uppsala.
- [10] Liljestam Cerruto, J. (2011) *Energianalys av Svensk Växtekrafts biogasanläggning i Västerås*. SLU. Uppsala.
- [11] Lantz, M., Ekman, A., Börjesson, P. (2009) *Systemoptimerad produktion av fordonsgas, En miljö- och energisystemanalys av Söderåsens biogasanläggning*, Rapport nr 69, juni 2009.
- [12] Hellström, H. (2009) *Utveckling kring termisk- och biologisk behandling - Kartläggning av aktörer och dess kompetens*. Projektnummer WR-30a, Waste Refinery.
- [13] Bohn, I., Carlsson, M., Eriksson, Y., Holmström, D. (2010) *Utvärdering och optimering av metod för förbehandling av källsorterat hushållsavfall till biogasproduktion*. Avfall Sverige Rapport B2010:01. Malmö.
- [14] Trudesson, C. (2010) *Utvärdering av förbehandlingsanläggning för matavfall*. Lunds Universitet.
- [15] www.ne.se
- [16] Bendell, T. (1994) *Benchmarking for competitive advantage*. Göteborg: ISL Förlag AB
- [17] Zairi, M. & Leonard, P. (1994) *Practical Benchmarking: The complete guide*. London: Chapman & Hall.
- [18] Björkmalm, J. (2013). *Kartläggning av tekniska och processrelaterade problem och dess utvecklingsmöjligheter vid biogasanläggningar*. Examensarbete. Linköpings Universitet. LiU Electronic Press.
- [19] Avfall Sverige. (2013). *Svensk Anfallsshantering 2013*. Avfall Sverige. Malmö.

- [20] Starberg K. (2005). *Biogasanläggningar med potential – Utvärdering av LIP finansierade system för rötning och komposterering*. Naturvårdsverket, Rapport 5476.
- [21] Fransson M, Persson E. (2013). *Förbehandling av matavfall för biogasproduktion – Inventering av befintliga tekniker vid svenska anläggningar*. Avfall Sverige, Rapport B2013:01.

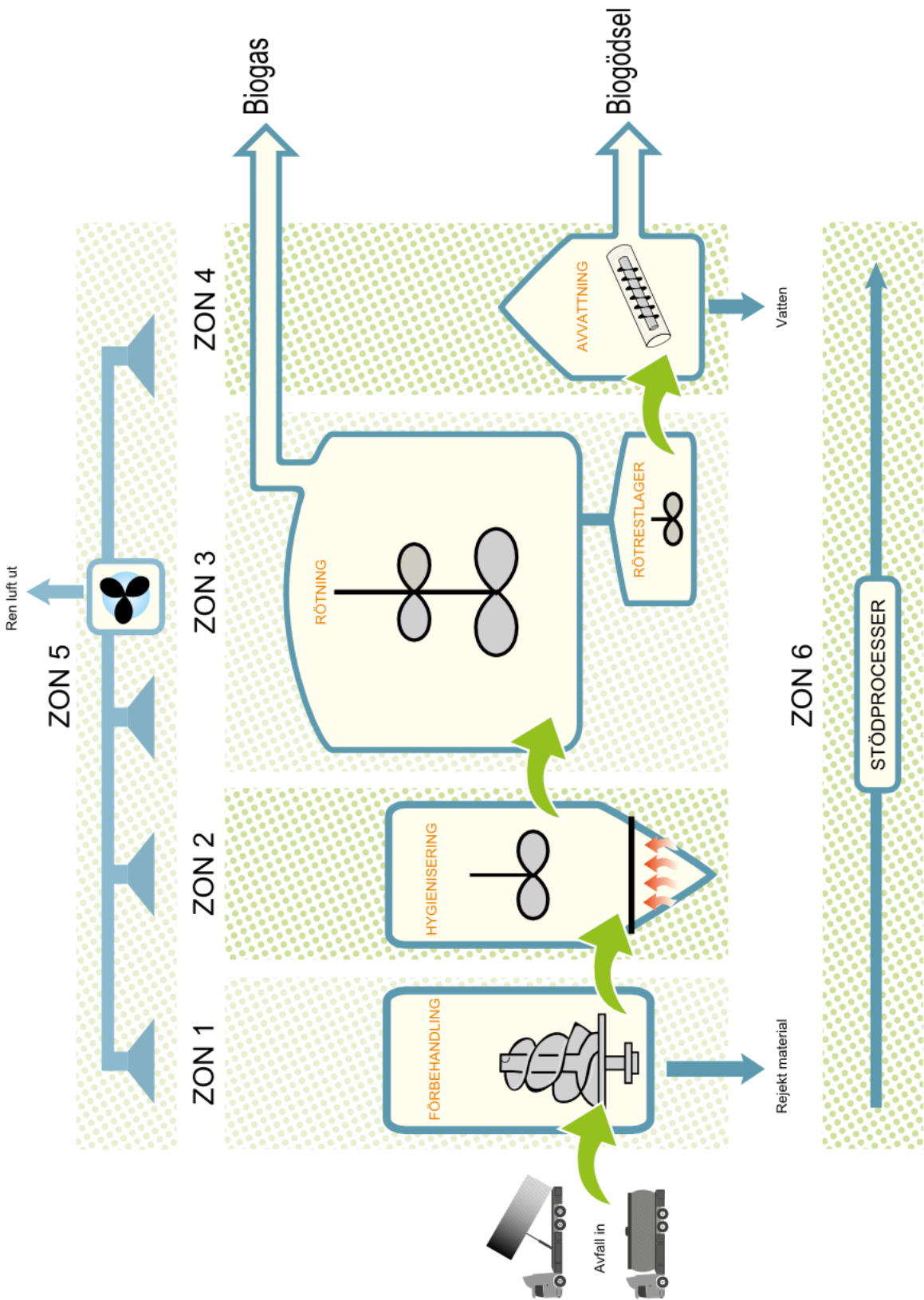
A Beskrivning av zonindelningen i EKEBiP

Detta dokument innehåller en kortfattad beskrivning av zonindelningen i projektet Energi- och kostnadseffektiv biogasproduktion från avfall, EKEBiP. Zonerna behövs för att erhålla en jämförbar indelning av resuranvändningen på anläggningarna, på en rimlig och intressant detaljnivå. Bilden visar indelningen av en anläggning, vilken har arbetats fram av projektgruppen i samförstånd med deltagande anläggningar. Zonerna presenteras som de avgränsade streckade områdena och de beskrivs utförligare i text i detta dokument.

A.1 Samtliga zoner

1. Förbehandling
 - 1.1. Fast material
 - 1.1.1. Mottagning
 - 1.1.2. Sönderdelning
 - 1.1.3. Separering
 - 1.2. Flytande material
 - 1.3. Förpackat material
 - 1.4. Slurryhantering
 - 1.5. Rejekthantering
2. Hygienisering
3. Rötning och biogödsellager
4. Avvattning av biogödsel
5. Ventilation och luktreduktion
6. Övriga stödprocesser

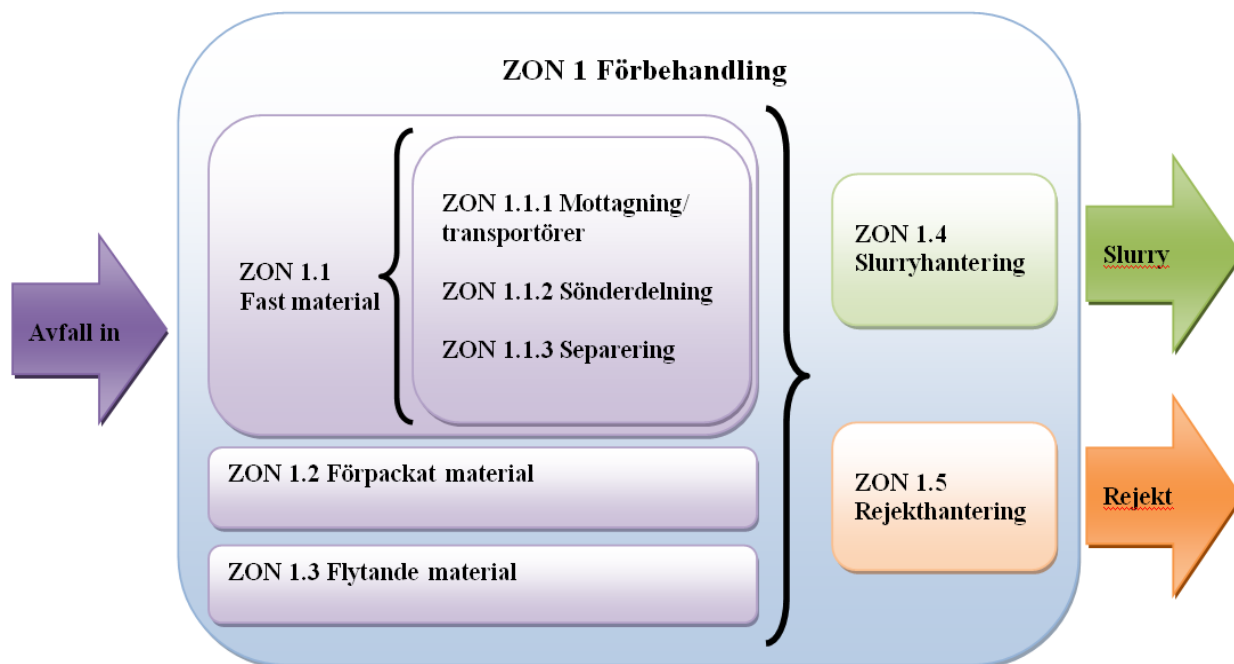
De sex huvudzonerna ska tillsammans representera biogasanläggningen från mottagning av substrat till rågas- och biogödselproduktion. Detta är en generell bild som i vissa fall inte rättvisande beskriver alla de processer som finns på en anläggning. Varje anläggning bör dock försöka anpassa sig till denna indelning i möjligaste mån. Liknande processer och funktioner på olika anläggningar bör hamna under samma zon för att dessa ska kunna jämföras på ett relevant sätt. Det är också viktigt att ingen resursnyttjande utrustning, inom anläggningens avgränsade område, hamnar mellan olika zoner. För att lyckas väl med datainsamlingen krävs en inledande indelning av den egna anläggningen och dess olika processer/utrustningar.



Till hjälp för detta finns nedanstående beskrivning av zonerna med avgränsningar och exempel på vilken utrustning och funktioner som avses:

ZON 1 Förbehandling

Zonen förbehandling är den mest komplexa zonen och i projektgruppen ingår det även fyra renodlade förbehandlingsanläggningar. Zonen har därför delats upp i mindre delzoner för en högre detaljeringsgrad. Fokus i detta arbete har varit att försöka identifiera delprocesser/komponenter som förbrukar mycket resurser och separera dessa från varandra. Nedan illustreras hur förbehandlingszonen har delats upp i mindre underzoner.



Nedan följer några exempel på vilka komponenter/processer som kan ingå i varje underzon:

- Utrustningar för behandling av fast material (t.ex. källsorterat organiskt hushållsavfall). Denna underzon är mycket resurskrävande och har därför delats in i ytterligare en nivå:
 - Utrustning för behandling av fast material vars funktion inte kan beskrivas som sönderdelning eller separering, t.ex. tippfickor och materialtransport med hjälp av lastmaskiner, skruvtransportörer, travers.
 - Utrustningar vars funktion är att sönderdela fast material, t.ex. valskrossar, mixerfickor, dispergeringsmaskiner.
 - Utrustningar vars funktion är att separera ut oönskat material, så kallat rejekt, t.ex. metallavskiljare, skruvpressar.
- Processer för att ta emot och behandla flytande material, exempelvis pumpar, macerator, mottagningstank.
- Processer för att separat behandla förpackat material (exempelvis f.d. livsmedel från butiker), t.ex. kolvpress, skruvpress.

- Processer för att hantera den producerade slurryn, exempelvis pumpar, macerator, bufferttankar.
- Processer för att hantera rejekt, t.ex. ytterligare avvattning av rejekt med hjälp av skruvpress, hantering av container och interna transporter.

ZON 2 Hygienisering

Denna zon tar vid där föregående slutar och omfattar utrustningar/resurser som ingår i processen att hygienisera materialet.

ZON 3 Rötning

I denna zon ska både rötning, eventuell efterrötning och biogödsellager ingå. Viktigt är att alla processer efter hygienisering ingår så att inga delprocesser faller mellan zonerna. Vad gäller gashantering så bör gränssnittet dras tidigt exempelvis vid mätpunkten för rågas. Eventuella gasfläktar, gastorkar, kolfilter eller annan utrustning som inte kan kopplas till rågasproduktionen exkluderas.

ZON 4 Avvattning rötrest

Om avvattning av biogödsel sker på anläggningen är detta en egen zon. Inmatning till avvattningen från biogödsellager bör i så fall ingå i denna zon. All hantering av avvattnad biogödsel och pressvatten som sker inom anläggningen ingår också i denna zon.

ZON 5 Ventilation

Denna zon innefattar fläktar och ventilation för att ta omhändertata frånluft från lokaler, utrustning och tankar till systemet för luktreduktion. Zonen inkluderar även själva systemet för luktreduktion t.ex. jonisering, kolfilter, biofilter. Uppvärmning av tilluft eller tilluftfläktar ingår inte i zonen.

ZON 6 Stödprocesser

I denna zon kan processer som används i flera av de andra zonerna ingå t.ex. tryckluft och uppvärmning av lokaler mm. Även kostnader som är förknippat med biogasprocessen kan inkluderas såsom provtagning och analyser för processuppföljning.

A.2 Exluderat

I detta projekt har en del processer exkluderats. Det rör exempelvis externa transporter, gashantering samt administrativa kostnader för t.ex. försäljning, marknadsanalys, tillståndshantering, certifiering. Det är naturligtvis öppet för varje anläggning att kartlägga dessa processer för att effektivisera sin egen verksamhet men för projektet och benchmarkningmodellen så utelämnas dessa.



WASTE REFINERY

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
Box 857, 501 15 Borås
wasterefinery@sp.se
www.wasterefinery.se