Mot effektivare avfallshantering

Kunskapscentrum Waste Refinery
Verksamhetsrapport 2007-2009

Waste Refinery

Innehållsförteckning

FÖRORD

1 AVFALL - ETT AVTRYCK I VÅRA LIV!
1.1 Utmaningar

2 DÄRFÖR FINNS WASTE REFINERY
2.1 Waste Refinery - ett kunskapscentrum
2.2 Waste Refinerys syfte och målgrupp
2.3 Dessa frågor arbetar Waste Refinery med
2.4 Varför Waste Refinery?

3 VILKA SVAR HAR VI FÅTT?
3.1 Nästa generations biologiska återvinning
3.2 Mot effektivare avfallsförbränning
3.3 Åtgärder för att öka materialåtervinningen
3.4 Lukt - ett problem som kan sprida sig!
3.5 Framtidens avfallshantering
3.6 Waste Refinery stödjer forskarutbildning

4 WASTE REFINERY I SIFFROR

Förord

Denna rapport syftar till att ge en övergripande bild av de områden som har belysts och utvecklats under kunskapscentrumet Waste Refinerys första tre år. Detaljer och djupanalyser inom varje område återfinns i projektrapporterna, som finns att ladda ner kostnadsfritt via vår hemsida www.wasterefinery.se.

Waste Refinerys verksamhet syftar till att möjliggöra en effektivare resurshantering och energianvändning av avfall i samhället. Hanteringen ska både vara långsiktigt bra för miljön och ekonomiskt hållbar. Waste Refinerys verksamhet sker mitt i den intressanta skärningspunkten mellan naturvetenskap och samhälle. De tekniker och metoder som utvecklas påverkas ytterst av vad som är tekniskt möjligt, men kraven och behov anges av samhällets ramar och drivkrafter. Att vara verksam inom ett område som påverkas av både naturlagar och samhällets lagar, ibland motstridiga, gör det till ett otroligt intressant och dynamiskt område med aldrig sinande utmaningar.

Waste Refinery har under den första verksamhetsperioden i huvudsak fokuserat på att utveckla och effektivisera de etablerade behandlingsteknikerna, det vill säga förbrännings- och biogasprocessen. Kontakt och utbyte på den internationella marknaden har också påbörjats, då mest genom EU-samarbeten.

Waste Refinery kommer även i fortsättningen rikta in sig på att effektivisera behandlingsmetoder för olika avfallsströmmar och att öka kunskapen om deras storlek och sammansättning nu och i framtiden. En utveckling mot att även undersöka nyare och mer omogna tekniker och metoder eller hantering av svårare avfallsströmmar är också mycket troligt under de kommande verksamhetsåren. Fördjupade kunskaper om hur till exempel olika behandlingsmetoder och förändringar i marknader påverkar avfallssystemet är andra områden som kommer att vara viktigt att vidareutveckla och analysera utifrån ett systemperspektiv under de kommande åren. Vilka förändringar är hållbara? Vilket avfallssystem är det långsiktigt hållbara? Hur ska avfall hanteras och behandlas i ett framtida hållbart samhälle? Ingen av dessa frågor kan vi svara på idag och det är även svårt att finna ett entydigt svar som stämmer för alla olika samhällsstrukturer.

Waste Refinery har stärkt samverkan mellan aktörer inom många olika delar av avfallsbranschen från såväl näringslivet som akademin och samhället. Vidare har Waste Refinery initierat och bidragit i viktiga diskussioner för att ett uthålligt avfallssystem ska skapas. En viktig roll, som även i fortsättningen kommer att vara central för Waste Refinerys verksamhet.

Nu jobbar vi vidare!

Evalena Blomqvist och Jelena Todorovic, Centrumledare för Waste Refinery

www.wasterefinery.se

1. Avfall - ett avtryck av våra liv!

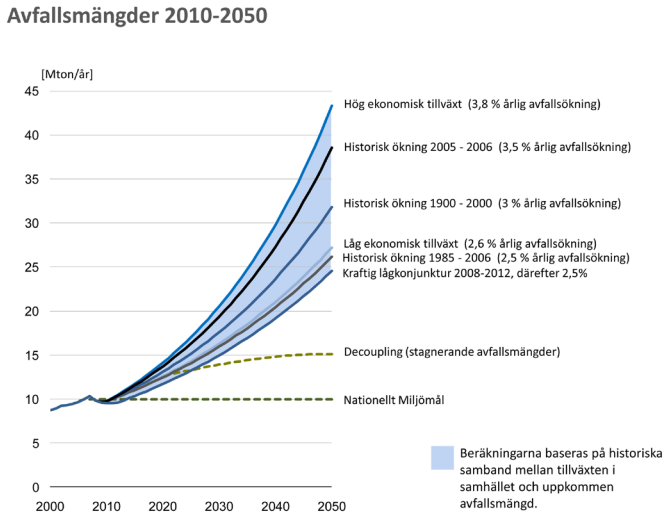
Avfall är ett resultat av det liv som vi människor lever. Våra behov och önskningar leder till att avfall uppkommer både hemma och i de verksamheter som producerar tjänster och produkter åt oss. Avfallets uppkomst och behandling är internationella frågor eftersom vi importerar och exporterar de varor som vi förbrukar och avfallsbehandlingen sker på en internationell marknad.

Mängden avfall som uppkommer i samhället är starkt kopplat till den ekonomiska tillväxten. Avfallsmängder ökar med konsumtion, som i sin tur vanligtvis ökar med tillväxten. År 2009 behandlades 4,5 miljoner ton hushållsavfall i Sverige. Dessutom behandlades 3,1 miljoner ton avfall från annan verksamhet genom materialåtervinning, energiutvinning genom förbränning eller biologisk behandling, utsortering av farligt avfall eller som sista utväg deponering.[1]

En stor del av det avfall som uppkommer i samhället innehåller en hög andel förnybar energi.

Figur 1 visar en prognos för avfall från både hushåll och annan verksamhet fram till 2050 vid sex olika tillväxtsscenarier. En stor del av det avfall som uppkommer i samhället innehåller en hög andel förnybar energi. Enligt prognosen kan avfallsmängderna i samhället öka från dagens nivå på knappt 10 miljoner ton till 25 eller kanske till och med dryga 40 miljoner ton till år 2050. Enligt dagens miljömål får avfallsmängderna inte överstiga 10 miljoner ton, vilket kan jämföras med de 15 miljoner ton avfall vi enligt prognosen kommer att generera även om vi lyckas bryta sambandet mellan tillväxt och avfallsmängd, så kallad ”decoupling”. Den stora skillnaden mellan de olika scenarierna och miljömålen visar tydligt att vi har en intressant utmaning framför oss de kommande åren som kommer att kräva stora forsknings- och utvecklingssatsningar.

Vi har en intressant utmaning framför oss som kommer att kräva stora forsknings- och utvecklingssatsningar.

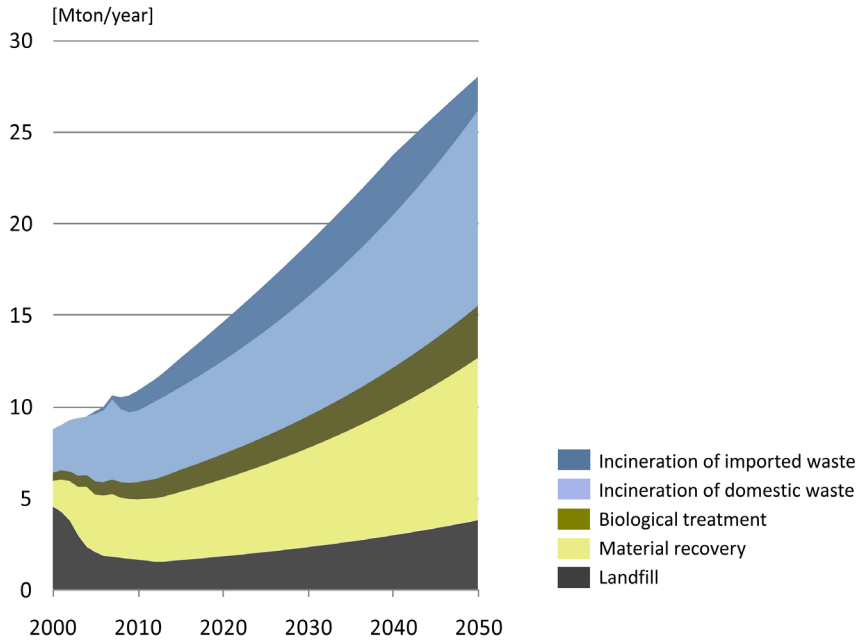


Figur 1. Uppskattade avfallsmängder i Sverige fram till 2050. Avfall inkluderar här både hushållsavfall och avfall från annan verksamhet. Som en jämförelse till de olika scenarierna redovisas uppskattade avfallsmängder enligt två miljömål. (Källa Profu)

1 Svensk avfallshantering 2010, Avfall Sverige

Det finns inte någon given regel för hur avfallet ska tas omhand. Avfallets egenskaper, som till exempel innehåll, volym och även var det har uppkommit, påverkar valet av den bästa behandlingsmetoden. I figur 2 visas ett möjligt scenario för hur avfallet kan komma att tas omhand fram till 2050. Scenariot bygger på följande antaganden:

- en ökning av avfallsmängder på 2,5 procent
- konstant andel materialåtervinning
- miljömålen för biologisk behandling uppfylls
- maximal utbyggnad av fjärrvärmenätet sker



Figur 2. Prognos på behandlingsmetoder för avfall i Sverige enligt grundscenario fram till år 2050. I grundscenariot ingår följande antaganden; ökning av avfallsmängder med 2,5 % per år, konstant andel materialåtervinning, miljömål med biologisk behandling uppfylls, utbyggnad av fjärrvärmenätet till maxbehov. (Källa Profu)

EU har enats om ett antal miljömål som har stor påverkan på det framtida avfalls- och energisystemet. Det övergripande målet för EU är att öka utnyttjandet av avfall och därmed skapa ett mer resurssnålt näringsliv och i förlängningen minska den negativa miljöpåverkan som uppstår när vi använder våra naturresurser.

Alla EU-länder arbetar nu med att upprätta ett avfallsförebyggande program som ska resultera i stabiliserade avfallsmängder år 2012 och en minskning av mängderna till år 2020. EU har enats om en gemensam strategi för att minska avfallsmängderna i

samhället. I första hand ska uppkomsten av avfall förhindras, i andra hand ska uppkommet avfall återanvändas, i tredje hand återvinnas till nya material eller energi och i sista hand deponeras.

EU har beslutat att till 2020 ska utsläppen av växthusgaser minska med 20 % jämfört med utsläppen 1990.

Avfallshanteringssektorn har i EU:s 25 medlemsstater en omsättning på över 100 miljarder Euro per år.

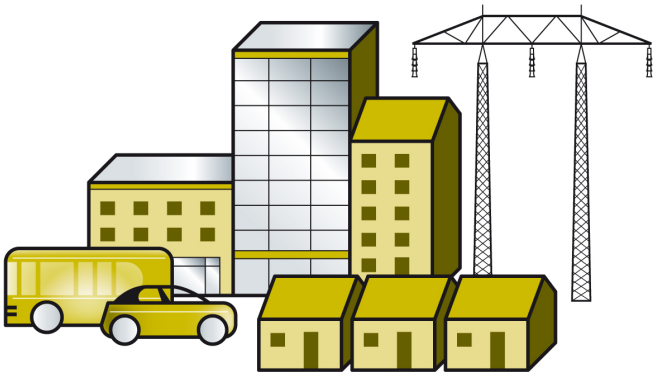
EU har beslutat att till 2020 ska utsläppen av växthusgaser minska med 20 procent jämfört med utsläppen 1990. En tredjedel av detta mål anses kunna uppnås genom effektivare avfallshantering. Inom avfallssektorn är det minskad deponering som har störst potential att bidra till minskade utsläpp av växthusgaser. Idag deponeras fortfarande nästan hälften av allt hushållsavfall i EU, därför kommer det att krävas drastiska åtgärder för att åstadkomma en betydande minskning av deponerat avfall. De faktorer som mest troligt kommer att driva och påverka utvecklingen av EU:s framtida avfallssystem är utsläpp av växthusgaser, minskad deponering och avfallsprevention.

Avfallshantering är generellt en sektor med hög tillväxt och har i EU:s 25 medlemsstater en omsättning på över 100 miljarder Euro (€) per år.

1.1 Utmaningar

Avfallet utgör en resurs i form av material och energi som kan användas mer effektivt. Kolatomer som bildar koldioxid vid förbränning av organiskt material kan göra nytta på fler ställen innan det friges till atmosfären.

Vi står inför många intressanta utmaningar framöver för att uppnå en hållbar avfallshantering och därmed också ett uthålligt samhälle. Avfallssystemet påverkar och påverkas av många samhällsfaktorer, såsom styrmedel, lagar och förordningar. För att lyckas måste utvecklingen därför ske på många fronter i samhället och många discipliner måste samarbeta. Ett systematiskt omhändertagande av avfall, baserat på forskning och utveckling, leder bland annat till att kolets livscykel förlängs, det vill säga att de kolatomer som bildar koldioxid vid förbränning av organiskt material kan göra nytta på fler ställen innan det friges till atmosfären. Systematisk avfallshantering innebär också att de resurser, i form av material och energi, som avfallet utgör kan användas mer effektivt. Även det ger upphov till minskad växthuseffekt.



2. Därför finns Waste Refinery

Waste Refinerys vision av ett framtida samhälle är ett samhälle där avfall omhändertas resursoptimalt, miljövänligt och omsätts till högkvalitativa råvaror och energiprodukter. All avfallshantering påverkar och påverkas av samhällets, näringslivets, miljöns och energisystemets behov både nationellt och i ett europeiskt perspektiv. Frågor och problemområden kring avfall som energikälla är inte hur mycket vi kan frambringa i samhället utan hur vi på bästa sätt tar hand om det avfall som uppkommer.

Waste Refinerys vision - ett framtida samhälle där avfall omhändertas resursoptimalt, miljövänligt och omsätts till högkvalitativa råvaror och energiprodukter.

2.1 Waste Refinery - ett kunskapscentrum

Ett kunskapscentrum är en samverkansmiljö där kompetenser från olika delar av samhället gemensamt kan utveckla ett specifikt kunskapsområde. Genom samarbetet skapas en kreativ och effektiv organisation som söker lösningar på frågor som kan tillämpas inom en snar framtid i samhället. Vi strävar efter att utföra forskning och utveckling inom flera tekniska discipliner samtidigt för att undvika suboptimerade lösningar, (där till exempel en åtgärd för att göra en process i avfallssystemet mer energieffektiv leder till ökad energianvändning för hela systemet).

Forsknings- och utvecklingssamarbetet inom Waste Refinery sker i ett gemensamt kluster bestående av aktörer från näringsliv, samhälle och forskningsorganisationer. För att stärka branschens förmåga att skapa resurseffektiva lösningar för framtidens samhälle genomsyras verksamheten av ett öppet och aktivt informationsflöde.

Waste Refinery startade sina första projekt i april 2007 och avslutade första etappen i mars 2010. Verksamheten finansieras dels av medel från medverkande aktörer och dels med offentliga medel från Energimyndigheten och Västra Götalandsregionen. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut står som värd för centret och följande parter från näringsliv, samhälle och akademi har medverkat i den första etappen av Waste Refinery; SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Borås Energi och Miljö, Borås Stad, Högskolan i Borås, Metso Power, Stena Metall, Renova, Imego, Biogas Väst/Business Region Göteborg, Brämhults Juice, Götaverken Miljö, Dalkia, Kretsloppskontoret Göteborg, Läckeby Water, Profu, SIK Institutet för Livsmedel och Bioteknik, Chalmers - Avdelning för energiteknik och JTI Institutet för jordbruks- och miljöteknik. Utöver dessa parter har 23 organisationer deltagit i specifika projekt som projektpart.

2.2 Waste Refinerys syfte och målgrupp

Det övergripande syftet med Waste Refinery är att uppnå en optimal resurshantering och energianvändning av avfall, där inga negativa ekonomiska och miljömässiga effekter för samhället uppstår. Vidare är syftet att stärka samverkan mellan aktörer verksamma inom avfallsbranschen genom att fungera som en länk mellan forskare och intressenter i samhället och näringslivet samt att skapa diskussion kring viktiga frågor som påverkar framtidens avfallssystem. De resultat som tas fram inom Waste Refinery riktar sig till aktiva inom avfallsbranschen såväl inom myndigheter och politik som inom näringsliv och forskning. Meningen är att projektens resultat ska kunna tillämpas av branschen inom en relativt kort tidsperiod.

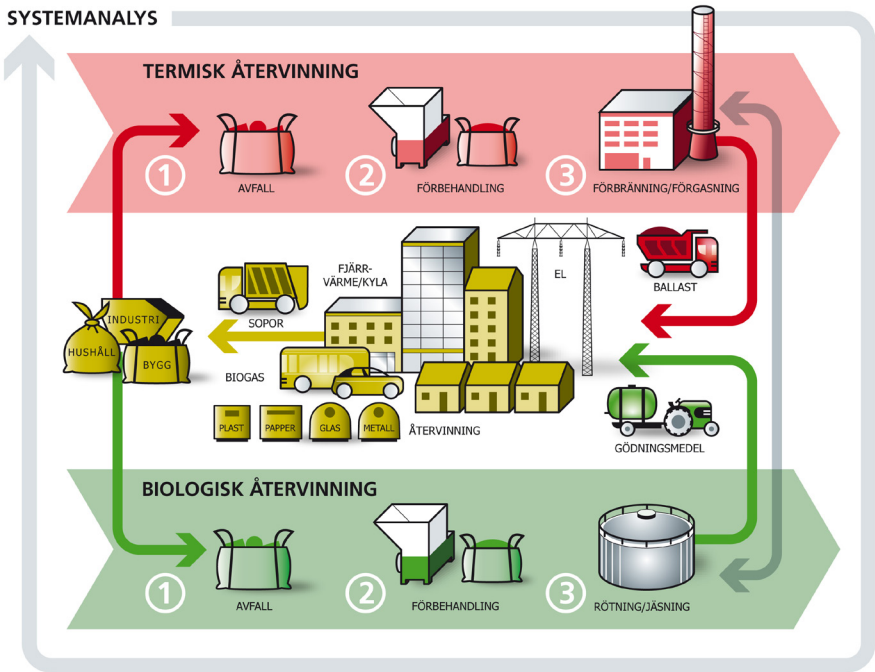
Waste Refinery syftar till att uppnå en effektiv resurshantering och energianvändning från avfall samt att stärka samverkan mellan olika aktörer verksamma inom avfallsbranschen.

Waste Refinery vill finna lösningar som kan tillämpas inom en snar framtid i samhället.

2.3 Dessa frågor arbetar Waste Refinery med

Waste Refinery har ett unikt arbetssätt där systemanalys av energi- och avfallssystemet samordnas med teknikutveckling för termisk och biologisk återvinning.

Hur avfallet ska omhändertas på bästa möjliga sätt är inte en fråga med ett enkelt och entydigt svar. Inom Waste Refinerys första tre år har verksamheten fokuserat på effektivare återvinning av avfall till energiprodukter genom termisk och biologisk behandling samt hur förändringar inom dessa två behandlingsformer påverkas av och påverkar avfallssystemet utifrån ett systemperspektiv. Detta är ett unikt arbetssätt där systemanalys av energi- och avfallssystemet samordnas med teknikutveckling för termisk och biologisk återvinning. Resultatet blir långsiktiga systemlösningar för avfallshantering i stället för suboptimerade individuella åtgärder. Figur 3 nedan beskriver Waste Refinerys verksamhet schematiskt och hur de tre verksamhetsområdena *Termisk återvinning, Biologisk återvinning* och *Systemanalys* är sammankopplade. Bilden visar också hur de två behandlingsmetoderna är beroende av samhället både som avfallsleverantör och som mottagare av både energiprodukter och andra produkter. De energiprodukter som har varit i fokus för Waste Refinery är el, värme, kyla, biogas och etanol. Inom de två behandlingsmetoderna har följande frågor varit i fokus; (1) avfallets sammansättning, (2) hur olika avfallsströmmar ska förbehandlas, samt (3) hur processerna kan utvecklas.



Figur 3. Waste Refinerys verksamhetsområden, termisk och biologisk återvinning samt systemanalys interagerar med samhället. Samhället är både en leverantör av avfall och en mottagare av slutprodukterna.

2.4 Varför Waste Refinery?

- Waste Refinery bidrar till att vi tillvaratar de resurser som finns i samhället, så att vi kan knyta ihop alla energiströmmar som finns i en stad och inkludera avfall i detta kretslopp. (Gunnar Peters, VD, Borås Energi och Miljö)

- Waste Refinery bidrar till en hållbar utveckling med ett resurssnålt samhälle där man minskar beroendet av ändliga naturresurser. (Hitomi Lorentsson, projektledare, Stena Metall)

- Waste Refinery ger oss möjlighet att skapa denna områdesöverskridande teknikutveckling med den kompetensbredd som erfordras. (Sören Gotthardsson, Utvecklingschef, Läckeby Water)

- För att våra anläggningar skall fortsätta att vara ledande, måste ständig utveckling ske. Waste Refinery är en viktig mötesplats där vi både kan dela med oss av och utveckla vår kompetens inom området. (Anders Victorén, Sales and Project Manager Service, Metso Power)

- Vi vill vara med och påverka teknikutvecklingen inom återvinnings-området för en bättre miljö och Waste Refinery samlar aktörer från olika branscher och kan därmed kanalisera den kunskap som finns på ett effektivt sätt. Genom Waste Refinery skapas nätverk för kunskaps- och erfarenhetsutbyte som bidrar till att driva på utvecklingen för en minskad påverkan på växthuseffekten. (Christian Baarlid, VD, Renova)

- Vi ser att Waste Refinery tar fram viktig kunskap inom avfallsområdet som kan bidra till att utveckla avfallshantering i en mer hållbar riktning. Waste Refinery är en mötesplats där nya kontakter kan knytas vilket kan bidra till att en helhetssyn på avfallsfrågor diskuterats. (Jessica Granath, planeringschef, Kretsloppskontoret Göteborg)

- Waste Refinery tillför ett för Sverige unikt centrum där forskning och utveckling kring avfallshantering möts. Teorier, metoder och idéer från forskare får konfronteras med företagets mer jordnära och praktiska utvecklingsproblem. För utvecklingen inom området är detta en viktig länk som historiskt ofta har försummats. (Johan Sundberg, forskare och utredare, tekn. doktor, Profu.

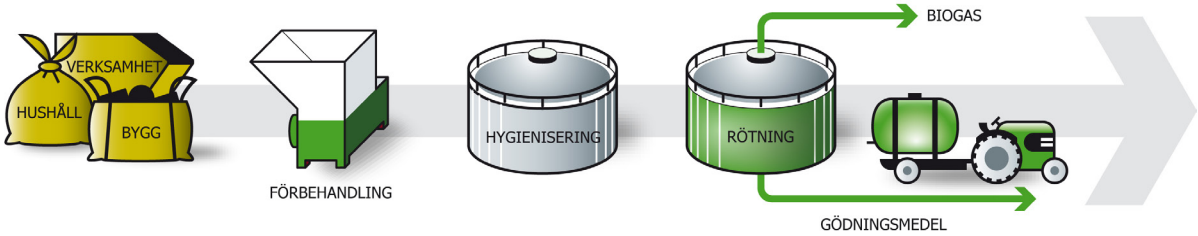
3. Vilka svar har vi fått?

Under de första tre åren har 31 forskningsprojekt genomförts inom Waste Refinery. De behandlar processer för att ta hand om biologiskt avfall, hur avfallsförbränning kan göras mer effektiv, hur luktproblem kan motverkas och hur vi kan styra mot en framtida hållbar avfallshantering. I de kommande avsnitten sammanfattas projektresultaten på ett övergripande sätt och en djupare analys återfinns i varje projektrapport som går att ladda ner kostnadsfritt från Waste Refinerys hemsida (www.wasterefinery.se)

3.1 Nästa generations biologiska återvinning

Enligt Sveriges miljömål är det beslutat att 35 procent av matavfall från hushåll, restauranger och butiker ska återvinnas genom biologisk behandling år 2010. Vissa delar av Sverige har klarat målet men de flesta kommuner och regioner har en bra bit kvar. Samtidigt är de svenska rötningsanläggningarna inte belastade till sin fulla kapacitet och efterfrågan på biometan, det vill säga biogas, från rötning är större än tillgången. Mycket kan därför vinnas om belastningen på anläggningarna ökar så att hela kapaciteten utnyttjas. Det är också viktigt att se till att anläggningarna är driftsäkra och därmed pålitliga leverantörer. På en övergripande nivå kommer utvecklingen av biogasområdet mest troligt att påverkas av tillgång på råvaror. Om det blir ett drivmedel att räkna med i framtiden kommer också att påverkas av hur skatter och styrmedel kommer att utformas.

En biologisk återvinningsprocess kan beskrivas med ett antal generella steg; insamling av avfall, förbehandling, den biologiska processen samt efterbehandling av produkter. Bilden nedan (Figur 4) visar en schematisk beskrivning av en biogasprocess. Waste Refinerys projekt har under denna period främst fokuserat på frågor kring insamling, förbehandling, kontroll av rötningsprocessen samt avsättning av biogödsel.



Figur 4. En generell beskrivning av en biogasprocess. Olika typer av avfall (substrat) insamlas. De flesta avfallstyper behöver någon form av förbehandling innan de kan tillsättas till själva rötningskammaren. Om det finns risk för att avfallet bär på smittoämnen måste det också hygieniseras, för att minska risken av smittspridning. Rötningsprocessen resulterar i två produkter, biogas och biogödsel. Deras användning beror på deras uppgradering och efterbehandling.

3.1.1 Insamlingstekniker för matavfall

Det finns ett flertal olika insamlingssystem för biologiskt avfall att välja mellan. Projektet *Kartläggning av utvecklingsarbete samt problem vid olika insamlingstekniker för matavfall* (WR31) syftar till att kartlägga för- och nackdelar med de olika systemen och att identifiera förbättringspotentialer och möjliga lösningar på problem som uppstår.

- Majoriteten av problemen med insamling av biologiskt avfall kan lösas med information och dialog mellan de olika aktörerna, säger Gunilla Henriksson, SP, projektledare för insamlingsprojektet.

- Majoriteten av problemen med insamling av biologiskt avfall kan lösas med information och dialog mellan de olika aktörerna, säger Gunilla Henriksson, SP projektledare för insamlingsprojektet. (Waste Refinery rapport WR31)

Befintliga insamlingstekniker i Sverige hos hushåll, storkök, restauranger och butiker har kartlagts och utvärderats. Insamling via separata kärl tillsammans med någon typ av påse är fortfarande den dominerande insamlingstekniken i Sverige men en ökning av andra insamlingssystem som till exempel avfallskvarn och sopsug kan märkas.

Resultatet visar att både papperspåsen och bioplastpåsen har vissa brister. Många av bristerna skulle kunna åtgärdas genom en ökad dialog mellan olika aktörer i systemet såsom tillverkare av kök och tillverkare av insamlingssystem. Idag är systemens funktioner inte alltid förenliga med varandra vilket gör att påsen inte används rätt i insamlingskärlet i köket. Detta leder ofta till problem med lukt, mögel, flugor eller andra besvär. En del problem kan lösas med fungerande informationsspridning och dialog mellan de olika aktörerna eller genom standardisering av sorteringsutrustning i köket.

Ett problem när det gäller insamling av biologiskt avfall från butiker är hur det förpackade avfallet kan behandlas. Det finns idag anläggningar som kan behandla visst förpackat matavfall, men fortfarande saknas en bra lösning för exempelvis glasförpackningar.

3.1.2 Frätande lakvatten fara för anläggningar och fordon

Biologiskt avfall är ofta ganska blött och vid insamling och hantering skapas korrosiv lakvatten. När det blöta avfallet samlas in och hanteras angriper lakvattnet från matavfallet både fordon och betong och fräter sönder dem. I projektet *Kartläggning av vittrings- och korrosionsskador på biologiska behandlingsanläggningar* (WR27) gjordes en utredning av problemet med betongkorrosion i avfallsanläggningar. Resultaten var häpnadsväckande; betongkonstruktioner som används i avfallsanläggningar idag har inte tillräcklig motståndskraft mot lakvatten från matavfall. För att göra betongkonstruktionerna säkra, måste de beläggas med ett tätskikt som tål det aggressiva lakvattnet samtidigt som det ska tåla den mekaniska nötningen från alla fordon som används.

Betongkonstruktioner som används i avfallsanläggningar idag har inte tillräcklig motståndskraft mot lakvatten från matavfall. De måste beläggas med ett tätskikt som tål både lakvattnet och mekanisk nötning. (Waste Refinery rapport WR27)

3.1.3 Rätt förbehandling skapar rätta förutsättningar

Det finns flera syften med att förbehandla avfall innan det rötas; det förenklar inmatningen och ökar anläggningens flexibilitet för att ta emot olika sorters avfall. Förbehandlingen ökar också kolets tillgänglighet i avfallet vilket ger mer metan, det vill säga biogas. Möjligheten att få ut mer biogas ur samma mängd avfall och ökad möjlighet att ta emot många olika typer av avfall har en stor ekonomisk betydelse för anläggningar idag.

Förbehandling kan ske både genom mekaniska och kemiska metoder. Inom projetet *Förbehandlingars inverkan på efterföljande rötning* (WR12) har tre olika kemiska metoder studerats. I laboratorieförsök har avfall som innehåller mycket cellulosa (papper) och keratin (fjädrar och ben), behandlats med ånga, lösningsmedel och enzymer.

Kemisk förbehandling av svårnedbrytbara kolrika avfallsfraktioner i laboratorieskala ger upphov till en kraftigt ökad biogasproduktion. (Waste Refinery rapport WR12)

Det keratin- och cellulosarika avfallet valdes för att det är kolrikt, svårt att bryta ner och återfinns i relativt stora mängder i den biologiska avfallsströmmen. Testerna i laboratoriet visade på en tydlig ökad metanproduktion efter förbehandling. Den uppmätta ökningen varierade mellan de testade metoderna och olika avfallsfraktioner. Allt från dubbelt till 25 gånger högre metanproduktion uppmättes. En slutsats som kan dras från resultaten är att det finns stora potentialer och möjligheter att öka biogasproduktionen från avfall med kemisk förbehandling.

Projektledaren, Ilona Horvath, påpekar dock att vinsten med öka metanutbytet efter ett förbehandlingssteg måste vägas mot ett eventuellt ökat energibehov som förbehandlingen innebär. De första energibalansberäkningarna med ånga som förbehandlingssteg visar att detta mycket väl kan vara ett intressant alternativ till ett normalt hygieniseringssteg, där oönskade smittoämnen och annat bryts ner.

En annan möjlig förbehandlingsmetod och lösning är torkning och stabilisering av det blöta matavfallet i samband med att det samlas in. Två olika torkningsmetoder har studerats inom projektet *Bedömning av två torktekniker* (WR15), dels mikrovågsteknik och dels varmluft. Ett torrare avfall är lättare att bearbeta vidare och syftet med projektet var att undersöka om torkning därför kan bidra till kostnads- och energibesparingar och därmed leda till minskad miljöpåverkan. Bland de noterade fördelarna hos de två teknikerna jämfört med konventionellt blött avfall finns: minskade transporter, förbättrade lagringsmöjligheter, högre renhetsgrad, mer bevarat närings- och energiinnehåll och förbättrad arbetsmiljö för de som arbetar i avfallssystemet.

3.1.4 Online-mätningar för styrning av biogasproduktion

För att optimera biogasproduktion krävs det bättre kontroll och styrning av dagens rötningsprocess. Detta kan exempelvis uppnås genom kontinuerlig online-mätning av processen. Kommersiell online-mätteknik för biogasanläggningar saknas tyvärr idag. Den största anledningen är den mycket aggressiva mätmiljön vilket kräver robusta och tåliga tekniker som klarar korrosion och slitage.

I projektet *Robusta online-mättekniker för optimerad biogasproduktion* (WR11) har två online-mättekniker för torrhalt respektive fettsyror (mikrovågsteknik och NIR/FT-NIR) utvärderats i produktionsskala. Utvärderingen visar att båda dessa tekniker har potential att tillämpas i drift inom en snar framtid. Teknikerna kräver vidare utveckling innan de helt kan uppfylla sitt syfte.

Två online-mättekniker för torrhalt respektive fettsyror (mikrovågsteknik och NIR/FT-NIR) utvärderades i produktionsskala. Utvärderingen visar att båda dessa tekniker har potential att tillämpas i drift inom en snar tidsrymd. (Waste Refinery rapport WR11)

3.1.5 Gödsel som biprodukt av biogas

Biogasanläggningar i stadsmiljö blir allt vanligare i Sverige nu när allt fler kommuner samlar in matavfall för vidare behandling i en biogasanläggning. För att få ta hand om matavfall ställs krav på att biogasanläggningarna ska kunna hitta avsättning för den näringsrika biogödselprodukten, som blir kvar när avfallet rötats. Det finns också krav på att det så kallade rejektvattnet, det vill säga den vätska som separeras vid avvattning av biogödseln, ska renas innan det kan släppas ut. I projektet *Förädling av rötrest från större biogasanläggningar* (WR20) jämfördes olika avsättnings- och reningsalternativ för att se vilka ekonomiska och miljömässiga fördelar och nackdelar olika metoder ger. Studien omfattade klimatpåverkan, försurning, övergödning och ekonomiska effekter av olika avsättnings- och reningsalternativ. Resultaten var mycket oväntade och visade att spridning av oavvattnad, det vill säga obehandlad, biogödsel fortfarande är den mest fördelaktiga metoden, både ekonomiskt och miljömässigt. Slutsatsen förutsätter dock att biogödseln sprids inom en radie av 30 km från biogasanläggningen samt att en minskad växthuseffekt värderas högre än försurning.

Spridning av obehandlad biogödsel på åkrar är mest effektivt med avseende på ekonomi och minskad växthuseffekt. (Waste Refinery rapport WR20)

Källa: NSR

3.1.6 Etanol från jeans och papper

Att hitta kompletterande behandlingstekniker för biologiskt avfall är ett annat intressant område. Främst för att kunna öka den framtida kapaciteten inom biologisk återvinning i stort, det vill säga att kunna ta tillvara ännu mer av det vi slänger. Inom projektet *Etanol ur avfall* (WR05) har möjligheten att utvinna etanol ur cellulosarika avfallsfraktioner, jeans och papper, studerats. Resultat från tester i laboratorieskala visar att det är fullt möjligt att utvinna etanol från dessa material. Utbytet ligger kring 30 procent, och inga tydliga hämmande effekter av tillsatta kemikalier i avfallet noterades. Det är trots allt en bit kvar från laboratorieskala till en integrerad etanolprocess i framtidens avfallssystem och mycket utvecklingsarbete återstår att göra.

Att producera etanol ur utvalda avfallsfraktioner, jeans och papper, har visat sig vara fullt möjligt i laboratorieskala (Waste Refinery WR05)

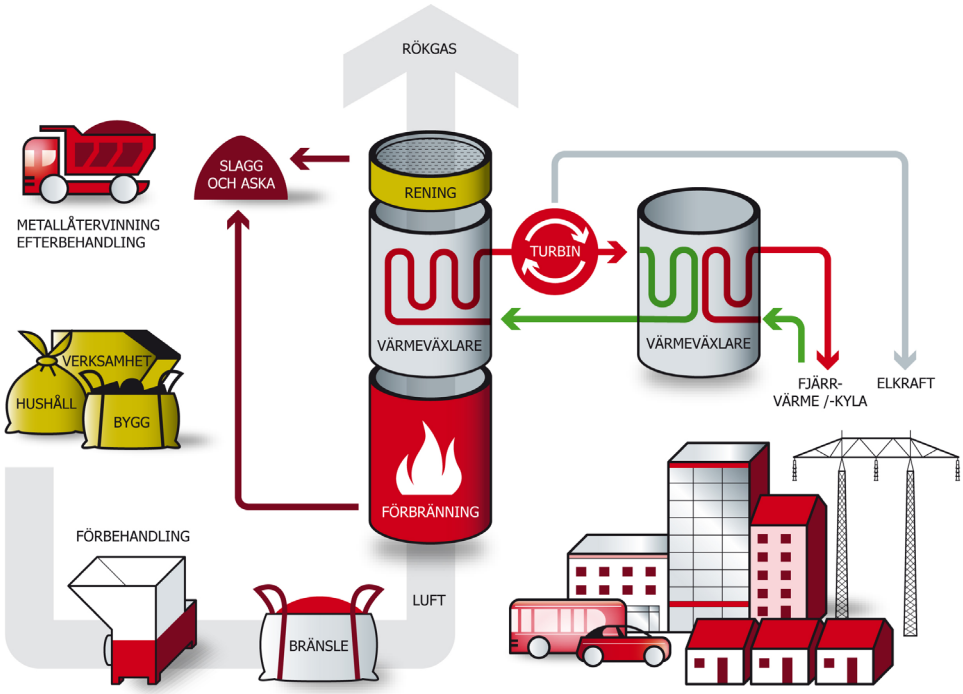
3.2 Mot effektivare avfallsförbränning

Flera av Waste Refinerys forskningsprojekt har hittills handlat om att effektivisera avfallsförbränningsprocessen med avseende på miljömässiga så väl som ekonomiska och tekniska aspekter. Nya innovativa lösningar kan leda till ökad energieffektivitet, mer stabil förbränningsprocess, mindre utsläpp och lägre livscykelkostnader (LCC) för förbränningsanläggningarna. Enligt Avfall Sveriges statistik uppgick mängden hushållsavfall i Sverige 2009 till 4,5 miljoner ton, varav nästan hälften behandlades

genom förbränning med energiutvinning. Strävan mot miljövänligare och mer energieffektiv avfallshantering ställer höga krav på de 30-talet svenska förbränningsanläggningar som behandlar hushållsavfall och annat avfall.

”Även om deponiförbudet för brännbart och övrigt organiskt avfall i stort är uppfyllt i dagsläget så ligger förbudet ändå till grund för en fortsatt expansion av behandlingskapacitet i takt med den troliga ökningen av avfallsmängderna.”, skriver Karolina Nilsson och Johan Sundberg i Waste Refinerys rapport WR30c.

Förbränningsprocess med energiutvinning sker i följande steg; förbehandling av bränslet, förbränning, rökgasrening och energiutvinning från heta rökgaser (figur 5). Genom energiutvinning nyttiggörs kemisk energi från avfallet till fjärrvärme, fjärrkyla och el. Efter processen kvarstår slagg och aska.



Figur 5. En generell beskrivning av förbränningsprocessen. Avfall samlas in och förbehandlas innan det tillsätts i förbränningsprocessen. Termisk energi från heta gaser används dels att producera ånga för tillverkning av el i en ångturbin, dels att värma upp vatten för användning i fjärrvärme/-kylasystemet. Rökgaser från förbränningsprocessen renas från miljöskadliga ämnen. Efter förbränning och rökgasrening kvarstår slagg och aska.

Anläggningar behöver ständigt anpassas till nya avfallsbränslen. Några problem som kan uppstå vid förbränning av avfall och orsaka kostsamma driftstopp är korrosion av metallytor i anläggningen, beläggningsbildning som försämrar värmeöverföring och att aska i pannan smälter ihop (sintrar) vilket försvårar utmatning. Anläggningarna strävar mot att öka antal drifttimmar och minska risken för oplanerade driftstopp. Samtidigt vill man ständigt öka elverkningsgraden, det vill säga producera mer el från varje ton avfall som förbränns. Målet med flera av Waste Refinerys projekt har varit att hitta lösningar för dessa utmaningar. Resultaten har till exempel gett metoder för att reducera beläggnings- och korrosionsproblem vid förbränning av ”besvärliga” avfallsbränslen, minska askflöden, sänka drift- och underhållskostnader genom förbehandling av avfall och minska korrosionsproblematiken och utsläpp av dioxin med hjälp av svavel.

3.2.1 Förebehandla och karaktärisera

Ett sätt att försöka undvika driftrelaterade problem vid förbränning är att försöka förutsäga avfallets förbränningskaraktär. I projektet *Kemisk fraktionering av avfallsbränsle* (WR18) utvärderades och jämfördes två kemiska karakteriseringsmetoder. Båda metoderna bygger på lakning, då ämnen av intresse bestäms indirekt genom att laka ut de från bränslet med hjälp av olika vätskor och sen analysera vätskorna för kemiskt innehåll. Den ena metoden är ursprungligen utvecklad för biobränslen och har aldrig tidigare validerats för avfall. En stor fördel med denna metod är att den är relativt snabb vilket leder till lägre analyskostnader. Å andra sidan ger den andra utvärderade metoden, den så kallade Åbo-metoden, en mer pålitlig uppskattning av mängden kalcium, som är en viktig komponent för att förstå förloppet. Genom att ta fram en ny metod som kombinerar de två befintliga metoderna visar projektet på möjligheten att hitta en lösning som ger både en snabb och tillförlitlig karaktäriseringsmetod för avfall.

- Resultaten har lett till nya idéer om hur vi kan kombinera olika fraktioneringsmetoder. I framtiden hoppas vi kunna utvärdera detta. Vi kan redan nu se vilka steg som är viktigast vid utvärdering av nya bränslen, svarar projektledaren Frida Jones på frågan om vilka mervärden resultaten har bidragit till i det dagliga arbetet.

En annan metod för att undvika driftrelaterade problem är att förbehandla avfallsbränslet. Delar av avfallet som inte är brännbara kan ge upphov till en rad olika driftrelaterade problem under förbränningen samt höga drift- och underhållskostnader för anläggningen. Exempel på kostsamma åtgärder är höga flöden av tillsatskemikalier (såsom kalk), hög sotningsfrekvens och stora mängder askor som behöver tas omhand. Eftersom en betydande del av de icke brännbara beståndsdelarna återfinns i avfallets finaste partiklar har man i projektet *Siktning av avfall* (WR06) utvärderat om det är möjligt att genom siktning separera de komponenter som ställer till problem under förbränningen. Undersökning i en fluidbäddpanna har visat att det finns en ekonomisk potential i att sikta inkommande avfall eftersom användningen av kalk i förbränningen kan minskas och eftersom man inte behöver sota anläggningen lika

Det testade verksamhetsavfallets finaste fraktion som är < 10 mm utgör 15 viktprocent och innehåller >35% total organisk kol (TOC) vilket gör att det inte kan deponeras (Waste Refinery rapport WR06)

ofta. Även askflödena minskar vilket ger lägre kostnader för omhändertagandet av askor.

Den begränsande faktorn för att i högre utsträckning sikta avfallet före förbränning är att det är problematiskt att hitta ett bra sätt att omhänderta det finkorniga material som siktas ut.

3.2.2 "Besvärliga" bränslen

Deponiförbudet för brännbart och organiskt avfall resulterade i att flera nya bränslen har kommit på bränslemarknaden. Så kallad fluff är ett avfall som kommer från återvinning av metallhaltigt material, till exempel bilar och vitvaror. Det har högre klor- och metallinnehåll jämfört med vanligt hushållsavfall vilket kan medföra ökade beläggnings- och korrosions-problem vid förbränning.

Målet med projektet *Energiåtervinning av brännbar fraktion från fragmentering av metallhaltigt avfall* (WR23) var att hitta metoder för att få ut mer energi vid förbränning av fluff utan risk för driftsrelaterade problem. Både modellering och försök i full skala genomfördes. Resultaten visar att om rötslam blandas med avfallet så minskar driftproblemen och en relativt hög andel av fluff kan då förbrännas tillsammans med vanligt avfall utan risk för problem i anläggningen.

- Två "besvärliga" avfallstyper kan bli bra tillsammans, säger projektledaren Marianne Gyllenhammar, Stena Metall till Nya Lidköpings Tidningen.

- Två "besvärliga" avfallstyper kan bli bra tillsammans, säger projektledaren Marianne Gyllenhammar, Stena Metall till Nya Lidköpings Tidningen.

Det finns trots allt vissa nackdelar med att bränna rötslam och fluff tillsammans. Samförbränningen ger upphov till större mängder aska som måste tas omhand, vilket i sin tur innebär en ökad kostnad.

3.2.3 En stabil process ger lägre kostnader

Den första grova ekonomiska uppskattning av konsekvenser från drift med sänkt bäddtemperatur visade en besparing på ca 1000 kSEK per år med att köra pannorna i Borås med sänkt bäddtemperatur. (Waste Refinery rapport WR19)

Är det möjligt att samtidigt minska behovet för sotblåsning, det vill säga rensning av rökgaskanaler, i en avfallsförbränningsanläggning med fluidiserad - bädd (FB) tekniken? Är det möjligt att få färre oplanerade driftstopp och samtidigt öka livslängden för överhettarna eller eventuellt öka elutbytet genom höjd överhettartemperatur? Ja, enligt resultat från projektet *Sänkt bäddtemperatur i FB-pannor för avfallsförbränning* (WR19). Arbetet baserades på en serie försök i full skala vid avfallsförbränningsanläggningen Ryaverket i Borås. Försöken visade att det går att ändra fördelningen mellan luft och rökgasflöden i bädden så att temperaturen sänks från ca 870°C till runt 700°C vid full last och normal bränsleblandning samtidigt som miljökraven på 850°C i minst 2 sekunder kunde upprätthållas. Driftsfördelar vid sänkt bäddtemperatur är: minskad sintringsbenägenhet av material i bädden, minskad sandförbrukning, minskad beläggningstillväxt, lägre flöden av flygaskor på grund av minskad sandförbrukning samt minskad mängd alkali (Na och K) i höjd med överhettare. Minskade askflöden innebär färre transporter och mindre deponerade mängder. Nackdelar med sänkt bäddtemperatur är att HCl i gasen ökade och medförde en ökad kalkförbrukning i

rökgasreningssystemet samt att temperatursänkning med rökgasåterföring medförde högre totalt rökgasflöde genom pannan.

Vid kraftvärmeverk som eldar biobränslen och avfall begränsas ofta elutbytet av ångtemperaturen som i sin tur begränsas av att överhettarna blir hårt ansatta av alkaliklorider vid höga materialtemperaturer. I projektet *Online-mätning av oorganiska komponenter i rökgas* (WR29) studerades i laboratorieskala möjligheten att påverka avgången av alkali och zinkföreningar i förbränningsgaserna genom att tillsätta SO_2 i en fluidiserad bädd. Tillsats av HCl till bädden utreddes också för att simulera högt klorinnehåll i bränslet. Resultaten visar att tillsats av SO_2 minskar avgången av alkali- och zinkföreningar vid höga klorhalter. Ett annat intressant resultat från projektet är att det har visat på att ett ICP-MS[1] instrument mycket väl lämpar sig för att användas vid onlinemätning av alkali i rökgas.

Projektet *Drift och underhåll av avfallsförbränningsanläggningar* (WR09) syftade till att utveckla en metod för att samla in drift- och underhållskostnader från ett större antal anläggningar för avfallsförbränning. Målet är att det ska bli lättare att jämföra olika anläggningar med varandra och därmed hitta förbättringsmöjligheter. Avfallsförbränningsanläggningar i Sverige byggs för att matcha rådande miljökrav och lokala förutsättningar som bränsletillgång, el- och fjärrvärmebehov och kommuninvånarnas åsikter. Det finns därtill en rad olika tekniker att välja mellan när det gäller upparbetning och inmatning av bränslet till pannan, förbränningsprocessen i sig, rökgasreningen och resthanteringen. Resultatet är att anläggningarna som byggs i slutändan ofta konstrueras utifrån unika förutsättningar vilket gör det svårt att jämföra den ena anläggningen med den andra. För anläggningsägarna innebär bristen på möjliga jämförelseobjekt att det blir svårt att veta om det finns förbättringspotential och i så fall hur stor den är. Inom ramen för projektet har en metod tagits fram för att enkelt sammanställa drift- och underhållskostnader för avfallsförbränningsanläggningar. Metoden ger en överskådlig inblick i fördelningen av kostnader och belyser tidigt och tydligt flaskhalsar och förbättringspotential.

En annan möjlighet för att minska kostnaderna för underhåll av avfallspannor är att minska användning av den trycksatta överhettade ångan. Ångan används för att ta bort beläggningar från ytorna i pannan och sprutas in i rökgasstråket i anläggningen. I projektet *Behovsstyrd sotblåsning* (WR10) har en grund tagits fram för utveckling av ett automatiskt behovsanpassat styrsystem av sotblåsarna.

3.2.4 Samarbete mellan stora och små företag

Nya innovativa idéer behöver oftast testas under verkliga förhållanden. Genom att vara med i Waste Refinery får både små och stora företag möjlighet till ett unikt samarbete. Arbetssättet ger små innovativa företag med spetskompetens möjlighet till tillväxt genom samarbete med stora företag och tillgång till deras breda kompetens. Projektet *Svavelrecirkulation* (WR07) är ett bra exempel på detta. Där demonstrerade Götaverken Miljö en ny process vid Renovas förbränningsanläggning. Metoden innebär att

Målet med svavelrecirkulation är att öka elproduktionen med ca 20-30 % i framtiden jämfört med dagens data på avfallspannor (405°C, 40 bar (g)). (Waste Refinery rapport WR07)

1. ICP-MS Inductively coupled plasma mass spectroscopy

svavel från rökgasreningen förs tillbaka till pannan där avfallet bränns. Det gör att kloridinnehållet i de beläggningar som bildas inne i pannan minskar. Lägre kloridhalter leder till minskad korrosion och ökad livslängd för pannan. Försöken visade också att svavelrecirkulation även minskade dioxinhalten i rökgasen med en fjärdedel samtidigt som korrosionshastigheten sjönk för alla undersökta material. Den lägre korrosionshastigheten gör det också möjligt att i framtiden utveckla en förbränningsprocess med svavelrecirkulation som arbetar vid högre ångdata och därmed ger ökad elproduktion.

3.3 Åtgärder för att öka materialåtervinningen

Enligt den europeiska gemensamma strategin för att minska avfallsmängderna i samhället är materialåtervinning och återanvändning mer miljöfördelaktiga än energiåtervinning och deponering. Inom Waste Refinery har vi tittat på några specifika avfallsströmmar och möjlighet att hantera dem på mer miljöfördelaktigt sätt jämfört med dagens hantering.

3.3.1 Behandling av askor från avfallsföbränning

All avfallsförbränning ger upphov till restprodukter som är mer eller mindre besvärliga att ta hand om. Det som återstår efter förbränningen är rester från rökgasrening, slagg och bottenaska. Rökgasreningsrester deponeras oftast medan slagg ofta används som byggnadsmaterial på egna industriområden. Askor från avfallsförbränning innehåller ett stort antal föroreningar som till exempel metallerna bly, zink och koppar, halvmetaller som arsenik och selen, samt grundämnen som antimon, krom och molybden och lättlösliga klorider och sulfater. I kontakt med vatten kan dessa ämnen laka ur askan, förorena grundvatten och skada levande organismer. Detta är förstås en stor begränsning i möjligheten att säkert använda slagg från avfallsförbränning som till exempel byggnadsmaterial och ställer krav på behandling av rökgasreningsrester.

”Vattenmängder motsvarande 1-2 gånger askvikten tog bort nära 100 % av klorid men bara 8-16 % av sulfatmängden” skriver Britt-Marie Steenari och Dongmei Zhao i Waste Refinery rapport WR17

För att ta bort lösliga föroreningar som klorider, sulfater och vissa metallföreningar kan restaskorna tvättas innan de används som byggmaterial eller deponeras. I tvätten bildas en vattenfas som också kan innehålla föroreningar som inte ska släppas ut i vattendrag, vilket måste tas i beaktande. I projektet *Vattentvätt av flygaska från avfallsförbränning* (WR17) undersöktes möjligheten med en enkel vattentvätt för att ta bort tillräckligt av klorid och sulfat ur flygaska, för att den ska kunna deponeras på ett enklare och billigare sätt. Resultaten visade att en tvätt med vatten tar bort huvuddelen av kloridinnehållet i askan effektivt. Däremot är vattentvätt inte effektiv för att sänka halten av sulfat. Problem med förorenat vatten som blir kvar efter behandlingen går att undvika genom en föreslagen och patenterad metod att återföra tvättvätskan till rökgaskanalen i pannan. Beräkningar visar att med de förutsättningar som användes i processdesignen för den undersökta asktvätten vid Ryaverket i Borås blev investe-ringskostnaden betydligt högre än vad som kan motiveras av minskad deponikostnad.

Partikelstorlek spelar stor roll för urlakning av föroreningar när askan kommer i kontakt med vatten. Eftersom finare fraktioner har större specifik yta har de också större yta tillgänglig för utlakning. Dessutom finns föroreningar i askor ofta just på ytan av askpartiklarna. Beroende på partikelstorleksfördelningen kan relativt stora andelar föroreningar finnas i den finare fraktionen av slagg. Genom att ta bort de finaste fraktionerna från askan kan man minska koncentration av föroreningar i resten och/eller minska ytan som är tillgänglig för lakning av föroreningar. I projektet *Siktning av askor från avfallsförbränning* (WR25) undersöktes om man kan förbättra askornas lakningsegenskaper med en enkel siktningsmetod. Resultaten visar bland annat att siktningen av slagg från en rosterpanna genom en 2-millimeterssikt resulterade i en grov fraktion med förbättrade lakningsegenskaper. Den grova fraktionen kan dock inte deponeras på billigare sätt (deponi av lägre klass) än obehandlad slagg. Den visar också att den finkorniga fraktionen är mycket förorenad och inte kan deponeras på deponi för icke-farligt avfall. Resultaten visar dock att siktning av askor kan rekommenderas som en komplettering till andra behandlingsmetoder.

3.3.2 Återvinning som alternativ till förbränning av kompositer

Kompositer är sammansatta material bestående av en armerande komponent och en sammanbindande komponent, den så kallade matrisen. På grund av sin låga vikt och goda mekaniska egenskaper används kompositer i många produkter, från sportartiklar och militär utrustning till vindkraftvingar. Härdplastkompositer är ofta förstärkta med glasfibrer vilket ger upphov till en hög andel av oorganiskt material och de har därmed ett lågt energiinnehåll vilket talar för att materialåtervinning borde vara ett bättre alternativ än energiåtervinning. I projektet *Mikrovågspyrolys av kompositmaterial* (WR22) undersöktes olika möjligheter att materialåtervinna de fraktioner som en pyrolyseringsbehandling av kompositerna gav. Pyrolys är en metod där material hettas upp i en syrefri miljö. Processen resulterar i flyktiga komponenter som senare kan kondenseras. Pyrolysering av härdplastkompositer ger en oljefraktion och en oorganisk fraktion i form av glasfiber. Oljefraktionen visade sig ha ett högt energivärde som är ungefär jämförbart med petroleumbaserade oljor. Den skulle kunna användas för till exempel energiåtervinning genom förbränning. Efter pyrolysen innehöll glasfibrerna cirka två viktprocent organiskt material som inte hade pyrolyserats. Vidare var fiberns struktur delvis förstörd vilket försämrar egenskaper av den nya kompositen där fibrerna återvinns. En slutsats blir därför att de återvunna fibrerna troligtvis kan användas för att tillverka kompositer med lägre krav på mekanisk prestanda och att de återvunna fibrerna bör blandas med jungfruliga.

”Om man antar att plasten i kompositen har ett genomsnittligt energivärde på 30 MJ/kg och att en komposit i snitt innehåller 40 viktprocent harts så skulle detta motsvara ett energivärde på 3 TWh.” skriver Carina Pettersson med andra i Waste Refinery rapport WR22 om energi som förloras när 1 miljon ton kompositer deponeras i Europa.

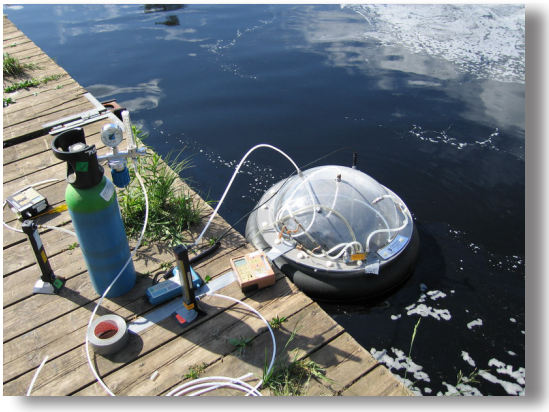
3.4 Lukt - ett problem som kan sprida sig!

Nästan alla som äger en biologisk behandlingsanläggning, både biogas- och kompostanläggning, har problem med att deras process sprider illaluktande gaser. Omgivningens acceptans och inställning till biologisk behandling är otroligt viktig för möjligheten att bygga ut anläggningar för biologisk behandling i större skala. Orsaken till varför det luktar samt olika metoder och angreppsätt för att minska problemen har därför undersökts närmare i fyra av Waste Refinerys projekt.

3.4.1 Att mäta lukt

I projektet *Metodutveckling för att kartlägga spridning av lukter* (WR03) utvecklades och validerades mätmetoder för att kunna identifiera vad det är för ämnen som luktar. Resultaten visade att det finns flera olika familjer av ämnen som ger upphov till obehagliga lukter, som till exempel svavelämnen, terpener, estrar och syror. Om man är intresserad av att mäta halten på alla dessa måste flera mät- och provtagningsmetoder användas samtidigt. De framtagna metoderna användes därefter inom ett luktreduktionsprojekt, *Kartläggning och studie av biologiska processer för luktreduktion* (WR14), för att ta prover på luktutsläpp vid 13 punkter i en biogasanläggning. Det visade sig att alla prover innehöll en mycket komplex sammansättning av olika luktande ämnen. Därför är det svårt att koppla luktproblemen till en enda del i processen och därmed omöjligt att peka ut en syndabock till problemet.

"Man kan begränsa luktutsläppen betydligt genom att bra arbetsrutiner såsom bra ventilation, noggranna kontroller, rutiner för att undvika spill mm", säger Karine Arrhenius projektledare för projekten om lukt. (Waste Refinery rapport WR03 och WR14)



Provtagning vid vattensamling (vattenpöl på deponi).

3.4.2 Att minska lukt

Ett mycket vanligt sätt att minska problemen med lukt är att försöka rena gasflöden genom ett biofilter. I Sverige finns det inga riktlinjer för hur ett biofilter ska designas, skötas och kontrolleras. Det är upp till varje anläggning att bestämma hur det ska göras, vilket är en förklaring till varför skötseln av biofiltret ofta sätts långt ner på listan över saker som ska göras, visar intervjuer gjorda inom ett av två projekt om biofilters luktreduceringsgrad. I det efterföljande fältmätningsprojektet undersöktes funktionen i sju biofilter och det visade sig att många av dem har problem med för lågt pH eller felaktiga vattenhalter. Båda dessa parametrar har stor påverkan på hur bra biofiltret fungerar, och genom enkla förändringar i arbetsrutiner skulle dessa parametrar enkelt kunna justeras.

Med mycket enkla förändringar i arbetsrutiner kan funktionen på dagens biofilter förbättras avsevärt och därmed kan också spridning av luktande ämnen minska (Waste Refinery rapport WR26).

- Med ett aktivt jobb mot luktutsläpp hos anläggningarna och att myndigheterna fokuserar mer på att minska luktproblem så kommer toleransen och acceptansen hos närboende för biologisk behandling att öka betydligt, tror Karine Arrhenius, projektledare för projekten om lukt.

3.5 Framtidens avfallshantering

Framtidens avfallshantering är full av fantastiska möjligheter. Vilka behandlingsmetoder ger oss ett hållbart samhälle år 2030? Hur olika behandlingsmetoder samverkar och vilken påverkan de ger på miljön och ekonomin har studerats utifrån ett systemanalysperspektiv i Waste Refinery. Utvecklingen av framtidens avfallshantering påverkas givetvis av begränsningar och hinder hos teknikerna, men en annan viktig faktor är vilka politiska beslut som fattas. Vilka lagar, förordningar och direktiv kommer gälla i framtiden?

Förändringar i hur vi hanterar avfallet i framtiden och hur dessa kommer att påverka framtidens samhälle med avseende på miljö och ekonomi fram till år 2030 har studerats inom projektet *Systemstudie avfall* (WR04) (två delprojekt med titeln *Termisk och biologisk behandling i ett systemperspektiv* (WR21)). Resultaten har bidragit till en ökad förståelse kring vilka frågor som mest troligt kommer att ha en stor betydelse för avfallssystem både regionalt, nationellt och internationellt. Att begränsa avfallsmängderna är den enskilt viktigaste åtgärden för att minska utsläppen av växthusgaser från dagens avfallshantering, vilket är orsaken till att det är ett prioriterat område inom till exempel EU. Projekten visar att den stora klimatvinsten främst ligger i att minska produktionen snarare än att undvika avfallshanteringen av de produkter som blivit avfall. Ökad materialåtervinning från avfall ger också tydliga positiva miljöeffekter. Medan effektivare transporter, i sammanhanget, endast ger marginellt positiva effekter.

Att begränsa avfallsmängderna är den enskilt viktigaste åtgärden för att minska utsläppen av växthusgaser från dagens avfallshantering. Ökad materialåtervinning och avfallsförbränning är två andra effektiva åtgärder. (Waste Refinery rapporter WR04 och WR21)

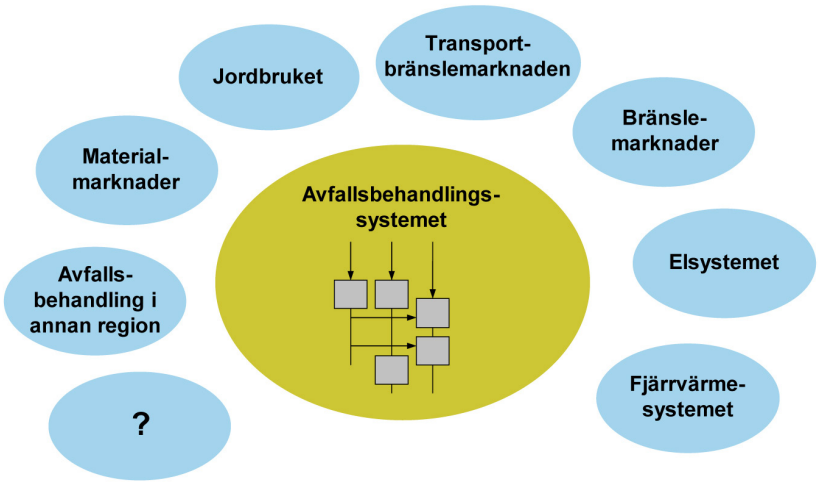
Vidare visar resultaten att avfallsförbränning är en effektiv åtgärd för att minska klimatpåverkan och att energi från förnybara avfallsfraktioner avsevärt kan bidra till målen för ökad användning av förnybar energi samt minska utsläppen av växthusgaser.

Att begränsa avfallsmängderna är den enskilt viktigaste åtgärden för att minska utsläppen av växthusgaser från dagens avfallshantering. Ökad materialåtervinning och avfallsförbränning är två andra effektiva åtgärder för att minska klimatpåverkan från avfall.

Hur avfallssystemet fungerar och utvecklas påverkas avsevärt av samhällets olika styrmedel. Både de som redan existerar, som till exempel målet med att uppnå 35 procent biologisk återvinning av matavfall, och sådana som planeras för framtiden. Styrmedel kan vara många olika saker till exempel lagar, direktiv, skatter, avgifter, information, nationella och lokala mål, det vill säga alla de åtgärder som samhället använder för att styra utvecklingen av avfallssystemet i olika önskvärda riktningar. De 39 viktigaste styrmedlen som tydligast har, eller kan komma att få en betydelse för utvecklingen sammanfattas i slutrapporten från projektet Lagar, direktiv och styrmedel viktiga för avfallssystemets utveckling.

De 39 viktigaste styrmedlen som tydligast har, eller kan komma att få en betydelse för utvecklingen sammanfattas i slutrapporten från projektet Lagar, direktiv och styrmedel viktiga för avfallssystemets utveckling. (Waste Refinery rapport WR 30c)

Styrmedel kan påverka utvecklingen av avfallssystemet både direkt och indirekt. För att få en bild av hur avfallssystemet styrs är det viktigt att titta både på de direkta och på de indirekta styrmedlen. I Figur 6 illustreras dels själva systemet för behandling av avfall, dels några av de system som finns i avfallssystemets närmaste omgivning. Styrmedel som påverkar de omgivande systemen påverkar även avfallssystemet. Ett styrmedel som till exempel förbränningsskatten eller ramdirektivet har till stor del en direkt påverkan på avfallsbehandlingssystemet medan till exempel skatt på fossila drivmedel eller krav-märkning av biogödsel har en indirekt påverkan eftersom de påverkar de omgivande systemen.



Figur 6. Viktiga system i omgivningen till avfallssystemet som påverkas av olika styrmedel och som indirekt också påverkar avfallssystemet.

3.6 Waste Refinery stödjer forskarutbildning

Inom ramen för Waste Refinery har fyra doktorander utbildats, tre finansierade av Waste Refinery och en av Stiftelsen för kunskaps- och kompetensutveckling (KK-stiftelsen). Gemensamt för projekten är att deras frågeställningar är intressanta för avfallsbranschen men att tillämpning av resultaten oftast sker längre fram i tiden än majoriteten av de andra forsknings- och utvecklingsprojekten inom Waste Refinery. Anna Teghammar och Frida Jones, två av de verksamma doktoranderna, ger sin syn på hur det har varit att arbeta som doktorand inom ramen för Waste Refinerys verksamhet.

3.6.1 Oanade möjligheter att öka biogasproduktionen

För att på ett optimalt sätt kunna ta hand om biologiskt nedbrytbara material behöver vi mer kunskap. Biologisk nedbrytning av organiskt avfall från hushåll och industri till biogas används redan idag och tekniken är viktig för att kunna uppnå de miljömål som samhället har gällande en hållbar utveckling och för ett fossilbränslefritt samhälle.

Anna Teghammar, doktorand på Högskolan i Borås, har studerat förbehandling av lignocellulosarika material, såsom halm, trä och papper, för att uppnå en ökad biogasproduktion. I projektet har man bland annat jämfört olika förbehandlingsmetoder och deras påverkan på utbyte av biogas. Vissa av metoderna har ökat biogasproduktionen mycket jämfört med nästan ingen biogas utan behandling. Anna Teghammar berättar att de inte riktigt hade förväntat sig att det gick att öka utbytet så mycket som deras resultat visade.

Att vara en del av Waste Refinery ser Anna Teghammar som en positiv upplevelse då man som doktorand får möjlighet att samarbeta med andra forskare och andra aktiva inom avfallsbranschen. På så sätt får man ett större perspektiv på sin egen forskning och nya synvinklar och tankegångar. Anna Teghammar berättar att det inte var ett svårt val att välja ämne att doktorera inom då hon brinner för miljövänliga alternativ och att kunna bidra till en mer miljövänlig värld genom sitt arbete ser hon som något fantastiskt. Anna Teghammar vill rekommendera alla som känner att de brinner för något specifikt och kan tänka sig fördjupa sig i ämnet i några år att söka en doktorandtjänst.

Doktorand:
Anna Teghammar, Högskolan i Borås

Projekttitel:
Förbehandlingstekniker för biologisk behandling av svårt nedbrytbara material

Projektgrupp:
Högskolan i Borås, JTI Institutet för jordbruks- och miljöteknik, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Borås Energi och Miljö, Dalkia

Huvudfinansiär:
Waste Refinery

Doktorand:
Frida Jones, Högskolan i Borås, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Åbo Akademi

Projekttitel:
VOKAB – Vägen genom en förbränningsanläggning för Oorganiska Komponenter i AvfallsBränslen

Projektgrupp:
Högskolan i Borås, Renova, Borås Energi och Miljö, Dalkia, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Åbo Akademi

Status:
Licentiatavhandling med titel *"Chemical methods to study variations in waste fuel over a one-year period"*.

"Projektet har arbetat brett med många olika metoder och olika infallsvinklar. Med en stor projektgrupp och anknytningar till flera andra projekt har det varit väldigt lärorikt och givande att få vara doktorand." säger doktorand Frida Jones.

3.6.2 Förutse kemiska reaktioner i avfallspannor

Avfall är ett oerhört heterogent bränsle, det vill säga att det består av väldigt många olika saker. Ett sådant bränsle ger upphov till en rad problem och områden som bör undersökas vidare för att behandlingen av ett sådant bränsle ska kunna optimeras och effektiviseras. Heterogeniteten gör det svårt att genomföra noggranna provtagningar och också att förutsäga vilka kemiska reaktioner som kommer att ske under förbränningen. Dessutom är detaljkunskapen om variationer i avfallssammansättningen under långa perioder bristfällig. Man vet med andra ord inte exakt vilket bränsle man använder sig av.

Frida Jones, doktorand vid Högskolan i Borås, har därför fokuserat på att karakterisera avfallsbränsleblandningar från två olika avfallsförbränningsanläggningar. Prover togs från varje anläggning en gång i månaden under ett års tid. Alla bränsleprover analyserades kemiskt och den unika datamatrisen har därefter använts för att visa på spridning, årstidsvariationer, modellering och beräkningar för att kunna förutse till exempel oönskade reaktioner. Frida Jones arbete kan indirekt bidra till längre livslängd för avfallspannor vilket har en stor påverkan på sänkta kostnader för drift och underhåll.

Som doktorand i detta projekt har Frida Jones arbetat nära industrin, vilket hon ser som väldigt positivt. Hon tycker att det är bra att man inom Waste Refinery arbetar nära verkligheten och att det finns ett stort intresse från industrin på att få se resultat. Projektgruppen, bestående av representanter från deltagande företag, har träffats regelbundet och att arbeta i en tajt projektgrupp är något Frida Jones uppskattat då de andra hela tiden har funnits där som stöd.

Att doktorera inom Waste Refinery är något Frida rekommenderar. Hon har haft en stor projektgrupp och anknytningar till flera andra projekt, så tiden som doktorand inom Waste Refinery har varit givande och lärorik.

Frida Jones utför labbarbete.

4. Waste Refinery i siffror

- **47 000 000** SEK har omsatts under 3 år
- **3 000 000** e-post har minst skickats till och från centrumledningen
- **700** e-postadresser ingår i Waste Refinerys distributionslista
- **100** presentationer vid möten och konferenser
- **85 %** av parterna uppger att de redan har implementerat forskningsresultat i sin verksamhet eller att de så kommer att göra inom en femårsperiod
- **30**-talet artiklar i branschtidningar
- **31** forsknings- och utvecklingsrapporter har publicerats
- **23** projektpartners har deltagit i kunskapshöjande verksamhet
- **18** aktörer från näringsliv, samhälle och akademi har deltagit som part
- **12** centrumstyrelsemöten
- **10** vetenskapliga artiklar
- **7** seminarier har arrangerats för att sprida information om intressanta forskningsresultat
- **6** nyhetsbrev har distribuerats
- **4** forskarstudenter
- **3** offentliga finansiärer har stött Waste Refinerys verksamhet; Energimyndigheten, Västra Götalandsregionen Regionutvecklingsnämnden och Västra Götalandsregionen Miljöutvecklingsnämnden.
- **3** internationella nätverk/projekt deltar Waste Refinery i som representant för Sverige
- **2** hemsidor, en på svenska och en på engelska har utformats
- **2** workshops har arrangerats för att diskutera strategiska och framtida satsningar i Waste Refinery
- **1** nationell konferens ”Avfall i Nytt fokus” arrangerades
- **1** forskarskola, POWRES, har startats tillsammans med Kompetenscentrum för återvinning, Chalmers, Högskolan i Borås och Hållbar avfallshantering

Följande projekt har utförts under Etapp 1

WR01 Förbättrad pannprestanda vid avfallsförbränning

WR02 Långsiktigt mål för det biologiska delområdet i Waste Refinery - kommunikation och fokusering

WR03 Förberedande metodutveckling för att kartlägga spridning av lukter och luktämnen från biologisk behandling av avfall

WR04 Termisk och biologisk behandling ur ett systemperspektiv – etapp 1

WR05 Etanol ur avfall

WR06 Siktning av avfall

WR07 Svavelrecirkulation

WR08 Energiåtervinning av brännbar fraktion från fragmentering av metall haltigt avfall – etapp 1

WR09 Drift och underhåll av avfallsförbränningsanläggningar – en jämförelse av två tekniker och strategier

WR10 Behovsstyrd sotblåsning i avfallspannor

WR11 Robusta mättekniker on-line för optimerad biogasproduktion

WR12 Förbehandlingars inverkan med avseende på efterföljande biologisk be handling/rötning av olika avfallsmaterial

WR13 Förstudie – Sänkt bäddtemperatur i FB-pannor för avfallsförbränning

WR14 Kartläggning och studie av biologiska processer för luktreduktion

WR15 Bedömning av två tekniker för torkning av lätt nedbrytbart organiskt avfall

WR16 Detektion och fastställande av bränslespridning i en fluidiserad bädd

WR17 Vattentvätt av flygaska från avfallsförbränning

WR18 Kemisk fraktionering av avfallsbränslen – en jämförelse av metoder

WR19 Sänkt bäddtemperatur i FB-pannor för avfallsförbränning – etapp 2

WR20 Förädling av rötrest från större biogasanläggningar

WR21 Termisk och biologisk behandling i ett systemperspektiv - etapp 2

WR22 Jämförelse av befintliga återvinningsprocesser för kompositmaterial – en förstudie gällande mikrovågspyrolys

WR23 Energiåtervinning av brännbar fraktion från fragmentering av metall haltigt avfall – etapp 2

WR24 Biofilters luktreduceringsgrad, förstudie med litteraturgenomgång och enkätundersökning av svenska erfarenheter

WR25 Minskning av den mobila andelen föroreningar i bottenaska från avfalls förbränning genom siktning

WR26 Luktreduceringsgrad hos biofilter, fältmätningar

WR27 Kartläggning av vittrings- och korrosionsskador på biologiska behan dlingsanläggningar

WR28 Miljöpåverkan från toxiska ämnen vid hantering av avfall

WR29 Online-mätning av oorganiska komponenter i gasfas

WR30 Omvärldsanalys av utvalda områden viktiga för framtidens avfallssystem
Område A: Utveckling kring termisk- och biologisk behandling - Kartläggning av aktörer och dess kompetens
Område B: Avsättning av energiprodukter från biologisk behandling – vilka frågeställningar kommer att bli aktuella?
Område C: Lagar, direktiv och styrmedel viktiga för avfallssystemets utveckling

WR31 Kartläggning av utvecklingsarbete samt problem vid olika insamlings-tekniker för matavfall

Waste Refinery
SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
Box 857, 501 15 BORÅS
E-post: wasterefinery@sp.se
www.wasterefinery.se