

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

Karine Arrhenius

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

**Preparatory method development to survey the
spreading of smell and smelling compounds from
biological treatment of waste**

Karine Arrhenius

Projektnummer WR-03

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

Sammanfattning

Förekomst av störande lukt vid biologisk behandling av avfall är ett känt problem som kan vara så centralt att det ibland avgör om en anläggning kan drivas eller inte. För att i görligaste mån begränsa uppkomst av dålig lukt måste man först hitta rätt verktyg och metoder för att mäta och bestämma luktstyrkan men också identifiera de kemiska ämnena som orsakar dessa luktstörningar. I detta projekt utvärderas en kombination av mätmetoder för kartläggning av luktande ämnen från biologisk behandling av avfall. Gemensamt för de olika metoderna är att ämnena i luft anrikas på ett adsorberande material, adsorbenten och därefter desorberas termiskt för att sedan genomgå gaskromatografisk separation. Utflödet av de separerade flyktiga ämnena från GC-kolonnen analyseras sedan, dels genom "Gaskromatografi-sniffing" eller GC-Olfaktometri (GC-O) och dels genom masspektrometri (MS). Inom GC-O bedömer och beskriver en luktpanel av experter hur de upplever lukten och masspektrometri används för att identifiera de luktande ämnena. Resultaten från sniffing respektive masspektrometri jämförs för att avgöra vilka ämnen som orsakar en viss typ av lukt och med vilken styrka. Inom projektet utvecklas också en metod för analys av lätta svavelämnen baserad på GC-ICP-MS (Inductive Coupled Plasma-Mass Spectrometry).

Luftprov togs under juli 2007 på två anläggningar, i Borås-stads biogasanläggning (BEMAB) och i Marieholms kompostanläggning (Renova AB) i Göteborg.

Syftet med projektet är flerfaldig: (i) att skapa kunskap om vilka ämnen som orsakar störande lukt vilket är viktig vid all avfallsbehandling, och (ii) att underlätta bedömning av befintliga luktminskningmetoder eller (iii) att ta fram nya specifika luktminskningmetoder. Projektet indelas i tre delprojekt: (a) litteraturundersökning kring mätning av luktande föreningar och besök på de aktuella anläggningarna, (b) test av tekniken och dess praktiska tillämpning på de två medverkande anläggningar på provplatser där störande lukter tydligt förekommer, samt (c) sammanfattning av resultat och förslag på lämpligaste analysmetoder för varje familj av luktande ämnen. Kravet på analysmetoderna är att uppnå de detektionsgränserna ska vara relevanta i förhållande till de detekterade ämnenas luktröskel. Metoder kan användas såväl i direkt anslutning till luktkällan som i spridningsområden där närboende upplever lukter som störande.

Resultatet visar att ett stort antal luktande ämnen kan identifieras vid de två provplatserna, bland annat svavelföreningar (metylmerkaptan m.m), estrar, syror och terpenier (limonen m.m.). Utifrån dessa resultat beräknas metodernas detektionsgränser för ett antal utvalda ämnena och dessa kopplas sedan till respektive luktröskel. I de fallen där luktröskeln är under detektionsgränsen föreslås alternativa analysmetoder för att uppnå önskad detektionsgräns. Dessa inledande resultat är värdefulla för att kunna gå vidare med undersökningar kring luktreducering. Passande målämnen kan studeras med en kombination av luktspridningsberäkningar och experimentella mätningar för att bestämma vilka ämnen i luften som orsakar störningar inom ett bestämt område. En sådan studie kan i sin tur ligga till grund för att ta fram lämpliga kemiska åtgärder riktade mot de ämnen som orsakar störande lukter.

Nyckelord: luktstörning, avfall, luktidentifiering, gaskromatografi/sniffing, Termisk desorption, masspektrometri

Summary

Occurrence of disturbing odours from biological treatment of waste is a known problem which may be of such significance that it forces a waste facility to shut down. In order to minimize the extent of odour occurrences, appropriate tools and methods for measuring and determining odour strength have to be developed, and the chemical compounds responsible for the disturbances identified. This introductory project aims at examining a combination of methods for the survey of odorous compounds from biological treatments of waste. In the method, airborne compounds are enriched onto an adsorbent, and then thermally desorbed and subjected to gas chromatographic separation. The project is based on a technique called “GC-sniffing”, in which the gas flow from the GC column is sent to a panel of experts who evaluate and describe how they perceive the odour. Compound identification is performed in parallel using mass spectrometry (MS). Results from the two techniques, sniffing and mass spectrometry are compared to determine which compounds cause a certain odor. In the end of the project time, a method based on GC-ICP-MS (Inductive Coupled Plasma-Mass Spectrometry) for analysis of light sulfur compounds was also developed.

Air was sampled from two different waste treatment plants during July 2007: Borås biogas plant (BEMAB) and Marieholm compost plant (Renova AB).

The long term aim of this research is threefold: firstly, to generate knowledge of which compounds are responsible for odour disturbances, secondly, to better understand which of the existing odour reducing methods should be used for various compounds, or thirdly, to develop new selective methods. The project is divided into three parts: (a) to understand the extent of the problem by conducting a literature study and site visits to some of the facilities experiencing odour problems, (b) to learn the techniques and apply them at the two facilities that participate in the project, and (c) to identify the analysis methods that hold a detection limit comparable to or lower than the odour threshold of the studied compounds.

The results show that a large number of odorous compounds could be identified at the two facilities, such as sulfur compounds (methyl mercaptan, etc.), esters, acids and terpenes (limonene etc.). Detection limits are calculated for a number of chosen compounds and are linked to an “odour limit” or “odour threshold”. In the case where the odour threshold is far below the detection limit an alternative method is proposed to reach the desired detection limit.

The here presented results can be used as a basis for further studies of the spreading of odour by combining calculations and measurements. Data on which compounds spread and cause the odor disturbances in a defined area can then be obtained and used to identify appropriate chemical measures towards these compounds.

Keywords: odour disturbances, waste, odour identification, gas chromatography/sniffing, Thermal desorption, mass spectrometry

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
1.1	PROBLEMDISKUSSION	1
1.2	PROBLEMFÖRMULERING OCH MÅL	1
1.3	AVGRÄNSNINGAR	1
2	BAKGRUND	2
2.1	OLFAKTOMETRI	2
2.2	STANDARDER	3
2.3	FYSIKALISK-KEMISK ANALYS	3
2.4	TEKNOLOGIER FÖR ATT KONTROLL AV LUKTER	5
3	MATERIAL OCH METODER	6
3.1	PROVPLATS	6
3.2	PROVTAGNING	7
3.3	ANALYSMETODER	7
4	RESULTATREDOVISNING	9
4.1	BORÅS BIOGASANLÄGGNING (SOBACKEN)	9
4.2	MARIEHOLMS KOMPOSTANLÄGGNING	12
5	RESULTATANALYS	14
5.1	PROVPLATSER	14
5.2	KEMISKA FAMILJER	14
5.3	LUKTSYNERGIEFFEKT	16
6	SLUTSATSER	17
7	REKOMMENDATIONER OCH ANVÄNDNING	18
8	LITTERATURREFERENSER	19

Bilagor

- A PROVPLATS: BIOGAS ANLÄGGNING I SOBACKEN, BORÅS, BILDER OCH KROMATOGRAM**
- B PROVPLATS: MARIEHOLM, BILDER OCH KROMATOGRAM**

1 Inledning

1.1 Problemdiskussion

För att minimera luktproblem från avfallsbehandling idag och i framtiden behövs metoder för att identifiera orsakerna och källan till lukten. Detta inledande projekt är en studie av luktemissioner som bildas i biogas- och kompostanläggningar. Projektet beskriver några lämpliga analysmetoder som ska också kunna användas för att mäta dessa ämnen på platser där de kringboende upplever lukt som besvärande och där mängderna kemiskt kvantifierbara ämnen är små på grund av utspädningseffekten.

Lukter sprider sig med luftströmmar i en process som beror på vindriktning och vindhastighet men också på ämnens egna egenskaper (såsom t ex oxiderbarhet). Denna studie kan ligga till grund för framtida studier av lukttransport och påverkan av luktemissioner på omgivningen. Spridningsprocessen för vissa luktande ämnen kan då modelleras med hjälp av indata i form av kvantifierade emissioner från utsläppskällor tillsammans med meteorologiska och topografiska parametrar.

När de kemiska ämnen som orsakar dålig lukt är identifierade kan man studera hur olika processparametrar och råvaror påverkar lukten och ta fram åtgärder mot de ämnen som visar sig vara orsaken till lukten eller utnyttja inkapsling, ventilation o.s.v. för att hålla luktstörningar i arbetsmiljöer och omgivning på en acceptabel nivå.

1.2 Problemformulering och mål

Syftet med projektet är att utvärdera analysmetoder för ämnen som orsakar obehagliga lukter från avfallshantering genom att studera platser som uppvisar olika luktkaraktär. Slutmålet är att minimera framtida luktstörningar genom att utnyttja informationer framtagna från användning av dessa metoder och att ge målgruppen, driftansvariga på avfallsanläggningar, verktyg för att ta beslut om åtgärder för att minimera bildning och spridning av oönskade lukter.

1.3 Avgränsningar

GC-ICP-MS metoden för analys av svavelämnena optimerades först i slutet av projektet. Därför har inga prov från anläggningarna analyserats med denna metod. Alla test som utförts på standarder visar dock att metoden är väl anpassad till analys av låga halter av svavelämnena från små svavelföreningar som svavelväte (H_2S) till mer komplexa föreningar som till exempel merkaptaner och disulfider.

Inga analyser av aminer eller ammoniak utfördes inom ramen för projektet.

2 Bakgrund

Hos en människa registreras en lukt som ett resultat av samverkan av molekyler med det olfaktoriska systemet. Molekylerna transporteras i luften från emissionskällan till människan. Inne i näsan binder luktämnen till luktreceptorer och löser sig i nässlemhinnan med en hastighet som beror på deras vattenlöslighet och andra masstransportfaktorer. En lukt kan vara en tidig varning eller en markör för närvaro av luftemissioner från en anläggning. När anläggningslukter inverkar på luftkvaliteten och orsakar klagomål från närboende bör en undersökning genomföras.

Det finns två olika metodologier för att undersöka lukter: en sensorisk/olfaktometrisk analys och en fysikalisk-kemisk analys. Målet av den sistnämnda är att kvalitativt och kvantitativt identifiera sammansättningar i luktblandningar för att avgöra vilka ämnen som bör tas bort. Det olfaktoriska systemet är ofta så känsligt att det kan detektera kemiska signaler vid koncentrationer som är avsevärt lägre än för klassiska kemiska analyser. När nässlemhinnan utsätts för en blandning av molekyler kan luktsynergieffekter uppkomma, d.v.s. signalen till hjärnan är inte rent additiv utan lukterna växelverkar med varandra vilket resulterar i en förändrad signal jämfört med den som skulle uppnås utifrån molekyler var för sig. Signalen kan vara starkare eller svagare eller t.o.m. av helt annan karaktär.

2.1 Olfaktometri

Olfaktometri [1] är en sensorisk teknik som grundas på individpaneler. Minst fyra parametrar kan bestämmas:

Lukthalt: En individpanel utsätts för ett gasprov och halten varieras genom spädning med luktfri luft. Målet är att bestämma den spädningsfaktor där 50 % av individerna inte längre känner lukten.

Luktintensitet (styrka): Luktintensitet hos ett gasprov jämförs med en referens som oftast är butan-1-ol eller pyridin.

Luktobehag: Bestämning av den känsla av otrevnad som en individ upplever när den utsätts för en lukt. Det är viktigt att påpeka att denna parameter starkt påverkas av psykologiska fenomen och beror på individens referensramar (kultur, historia, etc.). För en mer generell beskrivning av lukter finns ett alternativt sätt att bestämma luktkaraktär kallad "hedonic tone". Resultatet uttryckts som ett nummer mellan -5 och +5, där 0 betyder "neutral" och +5 står för "mycket angenäm".

Luktpersistens: Termen beskriver den hastighet med vilken luktintensiteten ändras i förhållande till luktämnets halt.

Olfaktometriska mätningar användes till exempel 2006 av ÅF-Process AB [2] på uppdrag av Renova AB för att bedöma utsläppen av lukt från Marieholms kompostanläggning samt av SIK [3] på uppdrag av Renova AB vid mätningar på samma anläggning i samband med klagomål.

2.2 Standarder

Ett antal internationella standarder för luktkvantifiering finns idag.

Från ASTM (American Society for Testing and Materials):

ASTM E679-04 [4]: "Standard Practice for Determination of Odor and Taste Threshold by a Forced-Choice Ascending Concentration Series Method of Limits". Metoden är baserad på en dynamisk olfaktometer som automatiskt genomför spädningar av luktluft som sedan presenteras för en individpanel med 5 till 12 personer. Standarden skapades 1979 och den senaste revision gjordes 2004. Standarden använder en metod kallad "Three Alternative Forced Choice" (3-AFC), det vill säga att panelen utsätts för tre strömmar, en med den luktande luften och två med blankprov (luktfri luft) och ombeds välja ett av dessa alternativ. Individpanelen utsätts först för en nivå som är under luktröskeln. Vid nästa nivå är luktämnens koncentration dubbelt så hög. Denna statistiska metod med att gradvis höja koncentration kallas "ascending concentration series". Utifrån resultat bestäms två gränser. Höga värden för dessa gränser innebär stark lukt.:

- Luktröskel (DT, detection threshold): antal spädningar som krävs innan lukten inte kan bli detekteras.
- Luktigenkännlighet (RT, recognition threshold): antal spädningar som krävs innan lukten blir svagt igenkännlig.

Från CEN (Comité Européen de Normalisation):

EN13725:2003[5]: "Air Quality – Determination of Odour Concentration by Dynamic Olfactometry". I Europa hade olika länder tagit fram standarder baserade på dynamisk olfaktometri redan i början på 1980-talet. Men jämförelser mellan laboratorium visade att resultaten varierade betydligt emellan dem och man beslutade att välja ut panellister med liknande luktkänslighet för att nå en bra reproducerbarhet. Standarden omfattar nu ett kriterium för panellisten baserad på ett referensämne, n-butanol (luktröskel mellan 20-80 ppb). Den är införd i arton europeiska länder, inklusive Sverige. Numera är standarden internationell och har även införts av bland annat Nya Zeeland och Australien.

Generellt sätt är dessa standarder dyra och tekniskt komplicerade att utföra och kräver lång erfarenhet.

2.3 Fysikalisk-kemisk analys

2.3.1 Fältmätningar

Analysen kan genomföras med olika bärbara utrustningar [6] bestående av antingen direktvisande reagensrör eller elektroniska instrument.

Reagensrören är små förseglade glaströr som innehåller ämnesspecifika reagenskristaller som ändrar färg längs en graderad skala om gasen innehåller det avsedda ämnet. Dessa rör är dock känsliga för interferenser. Reagensrören ger utslag för ytterst små gaskoncentrationer i luften och är tillgängliga för specifika ämnen (till exempel ammoniak, svavelväte, merkaptaner, m.fl.).

Luktsensorer av typen "elektronisk näsa" har en detektionsförmåga med stort haltomfång. Innan "näsorna" används måste de kalibreras mot kända lukter.

2.3.2 I laboratoriet

Den vanligaste metoden för att identifiera kemisk sammansättning hos en luftblandning är gaskromatografi kombinerad med masspektrometri (GC-MS) [7]. Tekniken har hög känslighet (< ppb) även om människans näsa kan vara känsligare för vissa ämnen. Gaskromatografi (GC) separerar ämnen i en kolonn baserat på deras fysikaliska egenskaper. De separerade ämnena joniseras och identifieras med masspektrometri (MS). Tekniken kan i princip användas för analys av alla flyktiga organiska ämnen (VOC) även om vissa ämnen kräver mer specifik teknik.

2.3.3 Provtagning

Sättet på vilket luftproven tas är en viktig aspekt av metodiken. En enkel metod är att samla luften i gaspåsar av till exempel Tedlar (polyvinylfluorid). Ämnena i luften kan också anrikas på en adsorbent som sedan desorberas termiskt inför GC-MS-analysen. Fördelen med den sistnämnda metoden är möjligheten att ta prov på stora gasolymer vilket förbättrar detektionsgränsen vid analysen.

Metoder för vissa grupper av kemiska ämnen sammanfattas i följande tabell:

Tabell 1. Befintliga analysmetoder för olika kemiska familjer

Table 1. Analysis methods classified by chemical groups

	Provtagning	Instrument	Exempel på standarder
Aldehyder/ketoner	Adsorbent	HPLC-UV ¹⁾	EPA TO-11 [8]
Alifatiska aminer	Adsorbent	IC ²⁾	NIOSH 2007/2010
Ammoniak	Adsorbent	IC	NIOSH S347 [9]
Organiska syror	Sorbent impinger	HPLC-UV	EAS01.Acid.311
	Gelrör	GC-MS	CAS AQL Method 102
Svavelgaser	Tedlarpåsar	GC-SCD ³⁾	ASTM D5504-98 [10]
	Adsorbent [11]	ATD-GC-MS	
VOC	Canister/Tedlarpåsar/Adsorbent	GC-MS	EPA TO-15 [12]
			NIOSH 2549 [13]

1) HPLC: Högupplösande vätskekromatografi med UV-detektor

2) IC: Jonkromatografi

3) SCD: Sulfur chemiluminescence detector

2.3.4 Koppling mellan olfaktometri och kemiska analyser

Fysikalisk-kemiska analyser kan kopplas samman med resultat från sensoriska mätningar för att kunna förknippa en viss lukt med ett specifikt ämne.

Kombination av dessa tekniker kallas gaskromatografi-olfaktometri-masspektrometri (GC-O-MS) eller GC-MS-sniffer. Utflödet från GC-kolonnen splittras i två strömmar, den första skickas till en masspektrometer medan den andra går till en olfaktometer. En panel av experter bedömer och beskriver hur de upplever lukten som kommer från kolonnen samtidigt som masspektrometern identifierar ämnena. Artiklar där GC-O-MS-tekniken använts har samlats i en databas sedan 1984, Flavornet [14]. Idag finns mer än 300 ämnen i databasen tillsammans med deras respektive gaskromatografiska och sensoriska egenskaper.

2.4 Teknologier för att kontroll av lukter

Luktkontroll har tre målsättningar:

- Förebygga luktbildning
- Skingra eller maskera lukten
- Fånga eller ta bort lukten innan utsläpp

Bland dessa teknologier är den sistnämnda vanligast i avfallsbehandlingsanläggningar.

Ett exempel på en fångande teknik är ett lock som förhindrar luktspridning innan utsläpp. Tekniken förutsätter att luktemissionerna sker i öppen terräng (diffusiva källor).

Öppna biofilter utomhus kan användas för att rena luften från luktande ämnen via biologiska, fysiska och kemiska processer. Biofiltret är en bädd av organiskt material som oftast består av jord, kompost, sand, bark, torv, konstmaterial (leca) eller en blandning av dessa. När luften passerar filtret sker olika processer som till exempel absorption och oxidation och luktämnen binder till filtermaterialen eller fukten i biofilterpartiklarna. En färsk studie [15] visar att biofiltret är effektivt för att avlägsna en del syror.

I en rapport publicerad 2003 av JTI [16] har flera luktreducerande metoder testats på matavfall förvarat i stängda behållare. Metoderna bestod av behandling med ozon eller Ambior-Dor (en kommersiell produkt baserad på bakterier). Med hjälp av olfaktometriska mätningar visade man att metoderna var effektiva för att betydligt reducera lukten.

Gastvätt med vatten kan vara en effektiv metod för luktkontroll, bl a vid behandling av inomhusluft innan utsläpp. Vatten eller en pH-justerad lösning sprejas in i utsläppsfläkten för att fälla ut vissa ämnen och partiklar. Metoden har visat sig vara effektiv mot bland annat luktande partiklar och gaser som ammoniak och svavelväte. Metoden är dock kostsam och pH måste hela tiden kontrolleras noggrann under processen. Kim m.fl. har visat att gastvättar i allmänhet kan orsaka en förhöjd halt av flyktiga svavelföreningar (främst metyl merkaptan och svavelväte) [17].

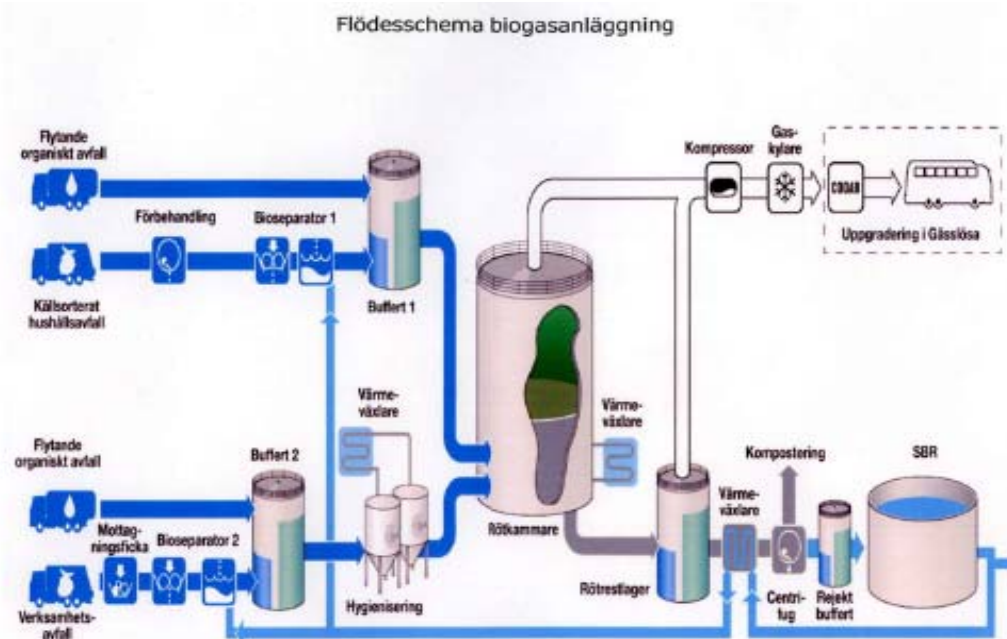
3 Material och metoder

3.1 Provpplats

3.1.1 Borås biogasanläggning (Sobacken)

Hantering av flytande organiskt avfall inleds med en förbehandling som innebär att påsarna sorterar, öppnas och passerar en bioseparator som avskiljer skräp från biologiskt material. Vatten tillsätts därefter och det flytande organiska och källsorterade hushållsavfallet introduceras i buffertkammaren (Buffert 1). Tanken är aldrig tom och den genomsnittliga uppehållstiden i tanken är ett par dagar. Därefter matas materialet in i röt-kammaren.

Provtagning gjordes av Anders Leufvén (SIK) den 20 juli 2007 ovanpå Buffert 1. Först öppnades en lucka på taket till röt-kammarens bufferttank men då lukten var alldeles för starkt och obehagligt genomfördes provtagningen fortsättningsvis med delvis stängd lucka (se bilaga A).



Figur 1. Flödesschema vid biogasanläggning i Sobacken

Figure 1. Flow scheme Sobacken, sulfur compounds

3.1.2 Marielholms kompostanläggning

I Renovas anläggning på Marielholm komposteras organiskt avfall. Vid ankomst sönderdelas och blandas avfallet med flis och behandlas därefter i cirka fyra veckor i en komposteringshall. Sedan tas materialet ut från komposteringshallen och fylls i AG-påsar ("plastkorvar") som får ligga utomhus i 12-15 veckor med lufttillförsel. Från plastkorvarna rinner lakvatten som avleds genom ett grunt dike till en slamfångarbrunn

Provtagning av luft gjordes den 17 juli 2007 av Anders Leufvén och Karin Wedenström, SIK. I Marieholm blåste det ganska kraftigt och proven togs genom att göra ett litet hål långt ner i den äldsta kompostkorven. Dessutom togs prov på lakvattnet i en glasflaska.

3.2 Provtagning

För provtagning används en kombination av adsorbenter kopplade i serie. Första materialet, Tenax (en porös polymer baserad på 2,6-difenyl-oxid), används för att adsorbera opolära eller något polära ämnen med kokpunkt i intervallet 70-320°C (sex till arton kolatomer). Det andra materialet, Carbosieve SIII (en kolbaserad polymer), används för att adsorbera lågmolekylära ämnen med två till fem kolatomer. Provgasen samlas genom att pumpa luft över adsorbenten med hjälp av en bärbar pump (Airchek) under konstant flöde. Alla prov insamlades i flera parallella serier av adsorbentrör (Tenax och Carbosieve SIII) för TD/GC/MS analyser. För GC/O-studierna monterades flera Tenaxrör intill varandra och exponerades under samma tid (10 min.). Provtagningsflödena var 25, 50 och 100 mL/min så att den totala provtagningsvolymen blev 0,25, 0,5 och 1 L.

En del av Tenaxproven analyserades på SIK med GC/MS/O med avseende på luktstyrka och luktkaraktär och resten av proven (Tenaxrör samt Carbosieverör) analyserades på SP med avseende på identifiering.

I och med att adsorbentrören är tillverkade i rostfritt stål som adsorberar spårmängder av svavelföreningar användes dessutom specialbehandlade rör ("inert coated stainless steel tubes") för att studera eventuella effekter av adsorptionen på mätningen av svavelföreningar.

Från glasflaskan med lakvatten togs gasprov som uppsamlades på adsorbentrör packat med Tenax. Denna metod är baserad på så kallat "purge and trap" princip och går i korthet ut på att fånga flyktiga organiska ämnen som befinner i gasfas ovanpå en vätska i en gastätflaska på en adsorbent genom att blåsa en ren gas (luft) in i flaskan. Metoden kan bara ge kvalitativa resultat.

3.3 Analyismetoder

Två komplementära analyismetoder baserade på gaskromatografi (GC) används under projektet. Resultat från ATD-GC-MS används för att identifiera de kemiska ämnen som orsakar de lukter som beskrivs med ATD-GC-O. Samma fastfas används i samtliga kolonner vilket betyder att ämnena i princip kommer ut i samma ordning i GC-MS- och GC-O-testerna. Kolonnerna skilde sig dock i längd vilket påverkar retentionstiderna. Relationen mellan retentionstiden för den korta respektive långa kolonnen är en linjär kurva med god korrelation ($r^2 > 0,99$). Denna kurva används för att koppla samman resultaten från den kemiska analysen med experternas uppfattning om lukt.

3.3.1 ATD-GC-MS (SP)

Analys av Tenaxrör genomfördes genom så kallad termisk desorption (TD) där de adsorberade ämnena först frigörs med värme och sedan överförs till en kylfälla för fokusering. Kylfällan värms snabbt upp igen och ämnena frigörs och leds vidare till en gaskromatografi-kolonn för separation. Utflödet från kolonnen delas upp i två strömmar för detektion av individuella komponenter i en flamjonisationsdetektor respektive

masspektrometrisk detektion. Fragmenteringsmönstret i masspektrum ger information om de eluerade ämnens struktur så att de kan identifieras. Tekniken kan förkortas TD-GC-FID/MS.

Analyserna gjordes på en Hewlett Packard gaskromatograf HP5890 series II utrustad med två detektorer, en flamjonisationsdetektor och en masspektrometer HP5972 i så kallad "electron impact mode" under standardförhållande.

Adsorbenttrör genomgår en två stegs termisk desorptions process med hjälp av en Ultra/Unity desorber (Markes). Rördesorption utfördes vid 275°C i 7 min.

Tenaxrören analyseras på en opolär kapillärkolonn (5% fenyl polysilfenylen-siloxan, BPX5, 50 m lång, 0,32 mm interndiameter, 1 µm film tjocklek från SGE) vars temperatur programmerades från 30°C (2 min) till 220°C vid 4°C/min och till 300°C (10 min) vid 8°C/min.

Under projektet var tyvärr inte instrumentet för analys av Carbosieve SIII-rör i bruk varför dessa analyser inte kunde genomföras.

3.3.2 ATD-GC-O (SIK)

Metoden liknar den som presenteras i stycket 2.3.4: *Koppling mellan olfaktometri och kemiska analyser.*

Analyserna görs på en ThermoQuest Trace gaskromatograf utrustad med två detektorer, en FID och en "sniffutgång" där erfarna personer bedömer luktkaraktär och lukstyrka för de olika ämnen som lämnar kolonnen.

Tenaxrören genomgår en tvåstegs termisk desorptionsprocess som initieras med en "Automated Thermal Desorber" ATD400 (Perkin Elmer). Rördesorption utfördes vid 250°C i 5 min.

Tenaxrören analyseras på en opolär kapillärkolonn (5% fenyl polysilfenylen-siloxan, DB-5MS, 30 m lång, 0,32 mm interndiameter, 1 µm filmtjocklek) vars temperatur programmerades från 25°C (2 min) till 220°C vid 4°C/min (10 min).

Experterna använder följande skala för att bedöma lukstyrka:

Skala	Bedömning
0	Ingen lukt
1	Mycket svag lukt (kan vara svår att karaktärisera)
2	Svag lukt
3	Stark lukt
4	Mycket stark lukt
5	Starkast tänkbara lukt (svår att stå ut med)

För att underlätta jämförelsen mellan kemiska data (från SP) och luktvärden genomfördes också en analys (på SIK) med samma kolonn som användes vid de olfaktometriska ("sniff") analyserna. Som detektor utnyttjades en FID och en masspektrometer ThermoQuest Automass i så kallad "electron impact mode" under standardförhållanden.

4 Resultatredovisning

4.1 Borås biogasanläggning (Sobacken)

Identifiering med GC-MS (se Bilaga A) visar att luften i Sobacken består av ämnen som kan indelas i fyra grupper: svavelföreningar, estrar, syror och terpenier. Resultatet från korrelationen mellan lukttester och kemisk analys redovisas i tabellerna nedan. Andra ämnen kunde också identifieras, bland annat några kolväten, ketoner och alkoholer. Dessa ämnen rapporteras i Tabell 6 :Övrigt, men bara i de fall de gav ett luktslag i GC/sniffing.

Tabell 2. *Sobacken, svavelföreningar*
Table 2. *Sobacken, sulfur compounds*

Identifiering	Luktkaraktär	Medelstyrka		µg/m ³	ppb
		vid 1L	vid 0,25L		
Svaveldioxid	Äckel, gas/Svampaktigt/Ägg Kål,avföring/Ruttet/Gammal	2,5	2,5	> 5	> 1
Metylmerkaptan	Mjök	3	3	> 5	> 1
Koldisulfid	Kål/Svavelförening/Kokt potatis	3,5	3	> 5	> 1
Merkaptoaceton*	Gas/Vitlök	2	2,5	> 60	-
Dimetyldisulfid	Våtmark,lök/Sopor	1,5	2	340	90
Svavelförening**	Vitlök/ Stekt lök/Sopor	2	0	-	-
Metyletyldisulfid	Kväljande	1,5	0	20	5
Metylpropenyldisulfid	Mögelost/Bakgata	3	0	30	5
Metylpropyldisulfid	Lök	2		70	15
Dimetyltrisulfid	Stekt lök/sur trasa	4	3	280	55
Propenylpropyldisulfid		0	0	40	10
Dipropyldisulfide	Torrt gödsel/Svets	2,5	0	40	10
Svavelförening**	Nötter/Svavel	2,5		-	-
Metylpropyltrisulfid				40	10

* identifiering osäkert

** oidentifierade

Tabell 3. Sobacken, terpenier

Table 3. Sobacken, terpenes

Identifiering	Luktkaraktär	Medelstyrka		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppb
		vid 1 L	vid 0,25L		
α -Pinen	Gas/Lök	1,5	0	90	15
Terpen*	Lök/Sur trasa/Stekt lök	3,5	2	45	10
Terpen*	Vitlök/Svamp	2,5	2,5	0	0
B-Pinen	Vitlök/Lök	2,5	2	275	50
Myrcen **	Vitlök/Missad	2	1,5	-	-
Terpen*		0	0	10	5
3-Karen	Lök/Bränt gummi	2,5	0	20	5
Limonen	Lök ,ost/Fisk	2	1	2250	400
Terpinen	Stekt lök/Lök	2	0	80	15

* oidentifierade terpenier

** identifierades med GC/sniffing/MS, syns inte i GC/MS

Tabell 4. Sobacken, estrar

Table 4. Sobacken, esters

Identifiering	Luktkaraktär	Medelstyrka		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppb
		vid 1L	0,25L		
Metylacetat	Kål/-	1,5	0		
Etylacetat	Stekt lök/Lök/Bränt gummi	2,5	2	> 1000	>300
Metylpropionat	Lök	1	0	> 900	>250
Propylacetat	Katrinplommon/Lök	2,5	0	60	15
Metylbutyrat	Spya, ost	2,5	0	410	100
Metyl-etylpropionat	Gelehallon,läder/Ester/Kål, dass	2	0	120	30
Etylbutyrat	Läder/Ester	2	0	180	40
Propylpropionat	Lök/Ester/Vitlök	2	0	40	10
Butylacetat	Blomma/Ester/Rosor	2	2	30	5
Metylpentanoat	Intorkade spyor	0	0	20	5
Etyl 2-mebutyrat	Mögelost/Ester/Kål/Spya, gelegodis	3,5	2,5	-	-
Metyletylbutyrat	Parmesan/Ester	4	2,5	120	20
Ester	Parmesan	2	1,5	-	-
Etylpentanoat	Ost/ester	3	3	140	30
Metylhexanoat	Syren, nötter/Diskvatten	3	0	30	5
Ester	Parmesan/Ester/Dass	3	0	-	-
Etylhexanoat	Ost, avföring/Lök	3	3	180	30
Metylheptanoat	Växt, ost/Svavel/Purjolök/Avgaser	2,5	2	20	5
Propylhexanoat	Aska/Svets/Blommor/Sopor	2,5	0	90	15
Etylheptanoat	Aska, lök/Svets/Ost	2,5	0	90	15
Butylhexanoat	Nötter/Nötter	1	0	20	5

Tabell 5. *Sobacken, syror*
Table 5. *Sobacken, acids*

Identifiering	Karakttär	Medelstyrka			
		vid 1L	0,25L	µg/m ³	ppb
Butansyra	Ost/Ester/Parmesan	2,5	0	800-1000	200-300
-	Parmesan/	1	0		
Metylbutansyra	Parmesan/Ost	2,5	2,5	600-700	100-200
Metylbutansyra	Mögelost/Parmesan	3,5	1,5	200-300	50-100
Pentansyra	Baconost/Pepparchips	4	2,5	500-700	100-200
-	Ost/Tortellini	3	1,5		
-	Ost	2	0		
Syra*	Ost	1	0		
Hexansyra	Ost/Ester	3	2,5	800-1000	100-200
Syra*	Pelargon/Metall/Lök	3			

* Oidentifierad syra

Tabell 6. *Sobacken, övrigt*
Table 6. *Sobacken, others*

Identifiering	Familj	Luktkaraktär	Medelstyrka			
			vid 1L	0,25L	µg/m ³	ppb
1-Propanol	alkohol	Lösmedel/medicin/vitlök	2,5	0	> 700	> 300
Butanon	keton	Ägg/Rökt korv/Vitlök	3	2	> 500	> 170
2-Butanol	alkohol	Lök	3,5	2,5	660	220
1-Butanol	alkohol	Spya/Stekt lök/Lök	2,5	0	410	130
Metylbutanol	alkohol	Ost	1	0	180	50
Tetrametylbensen	kolväten	Växt, syrlig lök/Ost	1,5	0	20	5
Metylfenol	alkohol	Växt/Stickigt grönt	2,5	0	430	100

Test av specialbehandlade rör

Som förväntat blir GC-topparna för de lätta svavelföreningar större vid användning av de specialbehandlade rören jämfört med de klassiska rostfria stålroren. Detta tyder på att det sker en partiell adsorption av dessa ämnen på rostfritt stål. Tendensen är speciellt tydligt för svaveldioxid och metylmerkaptan. Däremot påverkas inte resultatet för några av de andra ämnena av användning av specialbehandlade rör. Provtagning med specialbehandlade rör rekommenderas för framtida projekt eller mätningar.

4.2 Marieholms kompostanläggning

4.2.1 Kompostkorv

Identifiering med GC-MS (se Bilaga B) visar att luften inuti den äldsta kompostkorven i Marieholms kompostanläggning innehåller ämnen som kan indelas i två grupper: terpen (dominanta) och heterocykliska ämnen med en syreatom. Resultaten från korrelationen lukt/kemi redovisas i tabellerna nedan. Andra ämnen kunde också identifieras, bland annat några kolväten, ketoner, alkoholer m.m., men dessa ger inga tydliga luktutslag.

Svavelföreningar:

Provet innehåller endast ett fåtal svavelföreningar och endast en liten andel av dessa ger utslag i form av lukt i GC/O. Tioacetamid är den enda förening som hittas i provet (20 µg/m³) med en luktstyrka av 3-3,5 vid 1L prov och 0 vid 0,1 L. Luktkaraktären beskrivs som Kål/Svavel.

Tabell 7. Marieholm, äldsta kompostkorven, terpen

Table 7. Marieholm, oldest plastic bag, terpenes

Identifiering	Grupp	Luktstyrka			Luktkaraktär	ppb
		1L	0,5L	0,1L		
Alpha pinen	monoterpen	0	3	0	Papp, nötter/Trä	300
Kamfen	monoterpen	3,5	2	0	Potatislager/Sopor	50
Beta pinen	monoterpen	0	3	0	Lök/Sopor	80
Myrcen	monoterpen	2	3	0	Ost/Potatislager+citronskal	
Terpen/eter C10H18O	monoterpen	1,5			Aska	10
Limonen	monoterpen	2	3	0	Citronskal-Mint/Metall	1400
Terpen	monoterpen	2,5	0	0	Aska, läder/Sopor	14
Eukalyptol	monoterpen	3	4	3	Ved, kompost, läder/Pelargon, sur trasa	30
Fenchon	monoterpen	1,5	0	0	Svamp	
Terpen C10H16	monoterpen	3	4	3	Eter, potatislager, ren tvätt/Sopor	20
Terpen C10H16	monoterpen	1,5	0	0	Ved/-	10
Kamfor	monoterpen	3	3	0	Ved, gräs, potatislager/Kompost, sopor	20
Mentol	monoterpen	2,5	3	0	Aska, metall, jord/Sopor	
Geraniol	monoterpen	2,5	0	0	Dyigt sjövatten/Jord	5
Terpen C10H18O	monoterpen	2,5	0	0	Dyigt sjövatten/Jord	5
Terpen C15H24	seskviterpen	3,5	0	0	Mint, syrén/Källare, sopor	1
Terpen C15H24	seskviterpen	1	0	0	Mjölchoklad/-	5
Terpen C15H24	seskviterpen	0	0	0	(Nykluvan ved/Friskt)	5
Beta-karyofyllen	seskviterpen	4	5	4,5	Kompost/Jäst, stinkande sopor	20
Terpen C15H24	seskviterpen	3,5	0	0	Kompost/Sopor	5

Tabell 8. Marieholm, äldsta kompostkorven, heterocykliska ämnen med en syreatom

Table 8. Marieholm, oldest plastic bag, oxygenated heterocyclic compounds

Identifiering	Luktstyrka			Luktkaraktär	µg/m ³	ppb
	1L	0,5L	0,1L			
Furan, methyl	1,5	2	0	Smör,-/Diacetyl	264	79
Dioxane, methyl	2,5	0	1,5	Citron, bensin/Lösningsmedel	64	15
Dioxolane, trimethyl	3	3,5	0	Spya, nötter/Lösningsmedel	717	151

Tabell 9. Marieholm, äldsta kompostkorven, oidentifierade ämnen

Table 9. Marieholm, oldest plastic bag, unknown

	Luktstyrka			Luktkaraktär
	1L	0,5L	0,1L	
Ämne 1	0	2,5	0	Kål/Svavel
Ämne 2	3,5	3,5	0	Fernissa, nötter/Lösningsmedel
Ämne 3	3,5	0	3,5	Ved, läder/Sopor
Ämne 4	2,5	3,5	2	Stekt lök, Vitlök/Sopor
Ämne 5	0	3,5	0	Lök/Svamp
Ämne 6	3	2	0	Aska, papp/Ester, stickigt
Ämne 7	0	3,5	0	Aska/Källare

Flera av de joner som återfinns i masspektra som oidentifierade ämnen återfinns också i masspektra för substituerade dioxaner vilket tyder på att ämnena tillhör samma grupp. Ämnena i tabell 9 kunde dock inte identifieras med hjälp av MS-biblioteket.

4.2.2 Lakvatten

Den provtagningsmetod som använts i föreliggande studie kan endast ge kvalitativa resultat (s 3.2 Provtagning). Resultaten visar att provet främst innehåller estrar och lätta ämnen som alkoholer med två till fyra kolatomer (etanol, 1-propanol o.s.v.).

Flera av de ämnen som ger toppar i kromatogrammet ges av experterna en medelluktstyrka på 3,5 till 4,5 och deras luktkaraktär beskrivs typiskt som ostaktig, syrlig eller svampaktig vilket är karaktäristiskt av syrorna. Identifiering med masspektrometri bekräftar att de är syrorna.

5 Resultatanalys

Under provtagningen upplevdes lukten på Borås biogasanläggning (Sobacken) som starkare och mer obehaglig än lukten på Marieholm medan lakvattenlukten från Marieholm stannade kvar i kläderna avsevärt längre.

5.1 Provplatser

5.1.1 Kompostkorg i Marieholms kompostanläggning

Utifrån ATD-GC-O resultat kan luktkaraktären från kompostanläggningen beskrivas som "potatislager, jord och sopor". I två fall under ATD-GC-O förekommer också "kompostluk" som en dominant luktkaraktär. Ett ämne, karyofyllen, ger luktutslag med högst luktstyrkan. Dess luktkaraktär anses av experterna vara karakteristiskt för den lukt som upplevdes under provtagningen.

5.1.2 Lakvatten i Marieholm kompostanläggning

Här återfinns dels de karaktäristiska ostlukterna som ger toppar i den del av kromatogrammet där många syror och estrar påträffas. Dessutom återfinns en del av de lukter (potatislager och sopor) som också hittades inuti kompostkorven. Den ganska svaga lukt som detekterades i början av kromatogrammet bedömdes av experterna som den lukt man kände vid provtagningen och som dröjde sig kvar länge i kläder och under naglar. Analyser tyder på att dessa ämnen är lätta svavelföreningar.

5.1.3 Bufferttank i Borås biogasanläggning (Sobacken)

Här dominerar framförallt en mångfald av ostlukter som återfinns bland topparna för syror och estrar. Den ägglukt som ger en topp i början av kromatogrammet (bland de lätta ämnena) var troligtvis det ämne som gjorde det outhärdligt att försöka ta prov med luckan till bufferttanken öppen.

5.2 Kemiska familjer

5.2.1 Lätta ämnen

Lätta ämnen (ammoniak, svavelväte m.fl.) är viktiga luktkällor med relativt låga lukttrösklar. Tenaxadsorbent är inte lämplig för att fånga upp lätta ämnen vid vanliga provtagningstemperaturer (20-25°C) eftersom en ökande del av ämnena passerar genom adsorbenten utan att fastna. Däremot är Carbosieve SIII ett lämpligt adsorbent för många av dessa ämnen. I det här projektet kunde dock inte luften från Carbosieve-adsorbenten analyseras på grund av tekniska problem med den termiska desorberingen. Ett alternativ kan vara att använda så kallad "cryogenic trapping" dvs fokusering av ämnena på en adsorbent vid en låg temperatur eller att utnyttja reagensrör.

5.2.2 Terpener

Terpener är oftast kopplade till behagliga lukter (mint, citrus, frukt) och deras lukttröskel är relativt hög. De använda metoderna visar sig vara lämpliga för att analysera terpenener. Kvantitativt kan man nå en detektionsgräns under 1 ppb med 1 liter luftprov. Kvalitativt kan identifiering vara en utmaning eftersom monoterpener ($C_{10}H_{16}$) och seskviterpener ($C_{15}H_{24}$) har många isomerer med liknande masspektra men problemet kan lösas med att använda standarder för att fastställa deras retentionstider.

Luktstyrkan för terpenerna var oftast relativt låg med tanke på deras höga koncentrationer. Limonen var dominant i luften ovanpå bufferttanken i Sobackens biogasanläggning (400 ppb) men kopplades till en relativt låg luktstyrka (2 vid 1L och bara 1 vid 0,25L). Dessutom beskrevs luktkaraktären oväntat som lök/ost/fisk där den förväntade karaktären var citrus/mint. Det tyder på att det förmodligen fanns ett annat ämne i betydligt mindre halt vars retentionstid sammanföll med den för limonen. Limonen var också dominant i Marieholm inuti kompostkorven (1400 ppb) och där beskrevs luktkaraktären som citronskal, mint.

5.2.3 Syror

Polära ämnen som syror retarderar inte väl på en opolär kapillärkolonn. Det innebär att syror inte kommer ut som en väldefinierad och symmetrisk topp utan som en osymmetrisk bred topp som ligger under flera andra toppar (ämnen) och påverkar andra ämnens luktkaraktär och styrka i GC/sniffing. Dessutom varierar de polära ämnens retentionstider vilket komplicerade korrelationen lukt/kemi med de använda mätteknikerna.

För att i framtiden kunna analysera syror kvantitativt och förbättra deras eluering rekommenderas användning av en annan fastfas i GC-kolonnen, exempelvis en något mer polär fas typ "non-bonded" av polyetylenglykol. Ett annat alternativ är att använda behandlade gelrör vid provtagningen. Dessa extraheras med ett lämpligt lösningsmedel och syror i lösningsmedel derivatiseras därefter till estrar innan de appliceras på en opolär kolonn för GC/MS-körning.

5.2.4 Estrar

De använda mätmetoderna visar sig vara väl anpassade för kvantitativ och kvalitativ analys av estrar. Stora provtagningsvolymmer (5 till 15 liter) krävs dock för att kunna detektera dessa ämnen eftersom lukttröskeln är så låg som enstaka $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

5.2.5 Svavelföreningar

De använda mätmetoderna identifierade ett stort antal svavelföreningar på en av de tre provplatserna, ovanpå bufferttanken i Sobackens biogasanläggning. Där var luktstyrkan hög relativt deras koncentration i luften. Svavelföreningar är kända för att ha betydligt lägre lukttröskel än många andra grupper av ämnen och kräver därför en analysmetod som klarar att detektera på ppb nivå eller ännu lägre koncentrationer. I och med att masspektrometern inte är tillräckligt känslig behöver en annan detektor användas. Flera andra detektorer kan vara aktuella för att mäta svavelföreningar, till exempel FPD (Flame Photometric Detector), SCD (Sulfur Chemiluminescence Detector) och ICP-MS (Inductively Couple Plasma-Mass Spectrometry). Vissa svavelföreningar är dessutom reaktiva mot till exempel

metaller och därmed instabila, vilket innebär att viss försiktighet måste iakttas under provtagning och analys. Ett sätt att minska problemet är att använda specialbehandlade rör ("inert coated stainless steel tubes") för provtagning med adsorbentrör eller Tedlarpåsar. Proven bör analyseras så snart som möjligt efter provtagningen.

Under oktober 2007 har SP utvecklat en metod för analys av svavelämnerna baserade på GC kopplad till ICP-MS. Resultaten visar att man kan analysera små svavelämnerna som svavelväte, svaveldioxid och metylmerkaptan med en detektionsgräns på 20-50 ppb. För provtagning utnyttjas Tedlar-påsar och analyserna utförs samma dag som provtagningen.

5.3 Luktsynergieffekt

Luktkaraktären varierar med luktstyrkan (se exempelvis Tabell 7: Marieholm äldre kompostkorven, terpen). Där beskrivs en terpenlukt av en expert som liknande pelargonlukt vid en mängd och som liknande lukten av sur trasa vid en annan mängd. Jämförelsen mellan faktisk och förväntad luktkaraktär för vissa identifierade ämnen visar att det troligtvis uppstår luktsynergieffekter i blandningar (se exempelvis Tabell 3: Sobacken biogasanläggning, terpen, limonen). Luktkaraktär av ett ämne kan ändras när det är blandat med ett annat ämne. Luktstyrkan hos ett ämne i närvaro av ett annat kan också påverkas både negativt (minskad luktstyrka jämfört med luktstyrka av ämnet för sig) eller positivt (förhöjd luktstyrka jämfört med luktstyrka av ämnet för sig).

6 Slutsatser

Luftanalyser från avfallshantering utfördes för att utvärdera lämpliga mätmetoder för att kartlägga luktemissioner in i en anläggning. Provplatser valdes i anslutning till luktkällor för att studera störande lukter av varierande karaktär. Olika familjer av luktande ämnen identifierades, kvantifierades och karaktäriserades i term av luktstyrka och luktkaraktär. Projektet beskriver även andra analysmetoder när det kräver en bättre detektionsgräns.

Flera kompletterande analyser för identifiering och kvantifiering av luktande ämnen vid biologisk behandling av avfall måste utföras för att få en mer komplett bild av vilka ämnen som orsakar störande lukter. I dessa analyser ingår tre steg: provtagning, separation och detektion.

Adsorbenttrör packade med Tenax har visat sig vara optimala provtagare eftersom de tillåter provtagning på stora volymer av luft vilket är fördelaktigt för att uppnå en bra detektionsgräns. Provtagning av luft i en gastät påse bör dessutom utföras för analys av de ämnena som inte fastnar på adsorbenten eller som riskerar att reagera på adsorbenten (t ex vissa svavelämnena).

Kapillär gaskromatografi är den lämpligaste separationsmetoden då den kan användas för de flesta familjer av luktande ämnen. Olika kolonner måste dock användas: en kolonn med en opolär fas för ämnena som terpenener, estrar och svavelämnena och en kolonn med polär fas för syror.

Detektion med en masspektrometer är det bästa alternativet för de flesta ämnen med undantag för svavelämnena för vilka detektionsgränsen i en vanlig masspektrometer är för höga i förhållande till deras luktröskel. Analys av svavelämnena kan utföras från en gastät påse med GC-ICP-MS.

7 Rekommendationer och användning

Resultatet från detta arbete visar att det är möjligt att få en rättvisande bild av luktemissioner i anslutning till luktkällor. Däremot på grund av luktande ämnens varierande kemiska och fysiska egenskaper kan en enda mätmetod inte ta hänsyn till alla beträffande ämnen. Projektgruppen rekommenderar därför anläggningsägare att utföra flera kompletterande provtagningar och mätmetoder parallellt.

Utökad provtagning och analys i anläggningarna för att kartlägga luktemissioner kommer att öka anläggningsägarens kunskap om luktemissioner och därmed öka möjligheterna att införa lämpliga rutiner och åtgärder som ha som mål att minska uppkomst av luktproblem.

Mätningar kan också utföras hos närboende som upplever lukt från anläggningen som störande, men sådana mätningar begränsas av att de endast påvisar luktande ämnen vid mätpunkten/punkterna och vid det specifika mättillfället.

Lukter sprids med luftströmmar i en process som beror på vindriktning och vindhastighet men också på ämnens egna egenskaper. Ett intressant framtida projekt skulle vara att studera lukttransport, det vill säga påverkan av luktemissioner från anläggningen till omgivningen. Spridningen av vissa luktande ämnen kan då modelleras baserat på indata som kvantifierade emissioner från utsläppskällor, meteorologiska parametrar och topografiska parametrar. Med vetskap av vilka förutsättningar ger upphov till luktspridning har man möjlighet att informera närboende innan problem uppstår vilket anser kunna höja acceptansnivå innan pratiska åtgärdas ska utföras.

8 Litteraturreferenser

- [1] Gouronnet A.M., Tomasso V., Measurement of odours by sensory analysis or "olfactometry", *Analisis*, 2000, 28 (3), 188
- [2] Renova AB, lukt från komposteringsanläggningen, Marieholm, Mona Olsson Öberg, ÅF-Energi & Miljö AB, 2004
Renova AB, Redovisning av utredning avseende lukt från komposteringsanläggningen Marieholm, 2006-08-23, Johan Mars, ÅF-Energi & Miljö AB
- [3] UP-02-12163, Lukt från kompostering, delrapport, Mats Eskilson, SIK (uppdrag för Renova AB), 2002
UP-02-12163, Lukt från kompostering, slutrapport, Gunnar Hall, SIK (uppdrag för Renova AB), 2003
- [4] American Society for Testing and Materials, ASTM E679-04, Standard Practice for Determination of Odor and Taste Thresholds By a Forced-Choice Ascending Concentration Series Method of Limits, 2004
- [5] Comité Européen de Normalisation, EN13725:2003[3]: "Air Quality – Determination of Odour Concentration by Dynamic Olfactometry", 2003
- [6] St. Croix Sensory, Inc., Air Quality Bureau of the Iowa Department of Natural Resources, A Review of The Science and Technology of Odor Measurement, Lake Elmo, December 2005
- [7] Hobbs P., Noble R., Williams J., Dobrovin-Pennington A., "Quantifying Odour Emission from Composting", *Gaseous Emissions and Odours*, Vol 1, 2004
- [8] Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air, Second Edition, Method TO-15: "Using Adsorbent Cartridge Followed by High Performance Liquid Chromatography (HPLC) [Active Sampling Methodology]" EPA, Cincinnati, OH 45268, January 1999
Determination of Formaldehyde in Ambient Air
- [9] NIOSH Manual of Analytical Methods, 2nd ed., Volume 5, S347, U.S. Department of Health, Education and Welfare, Publ. (NIOSH) 79-141 (1979).
- [10] American Society for Testing and Materials, ASTM D5504-01: "Standard Test Method for Determination of Sulfur Compounds in Natural Gas and Gaseous Fuels by Gas Chromatography and Chemiluminescence", 2006
- [11] UK Environmental Agency, Guidance for Monitoring Trace Components in Landfill Gas, Deed C., Rosevear A., Gronow J., Braithwaite P., Smith R., Bristol, Sep. 2004
- [12] Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air, Second Edition, Method TO-15: "Determination Of Volatile Organic Compounds (VOCs) In Air Collected In Specially-Prepared Canisters And Analyzed By

Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS)” EPA, Cincinnati, OH 45268, January 1999

[13] NIOSH 2549, “Volatile Organic compounds (screening)”, NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition, 1996

[14] www.flavornet.com

[15] “Luktreduktion i biofilter”, Fågelmyrens deponi i Borlänge Roger Hamberg, LTU, 2006

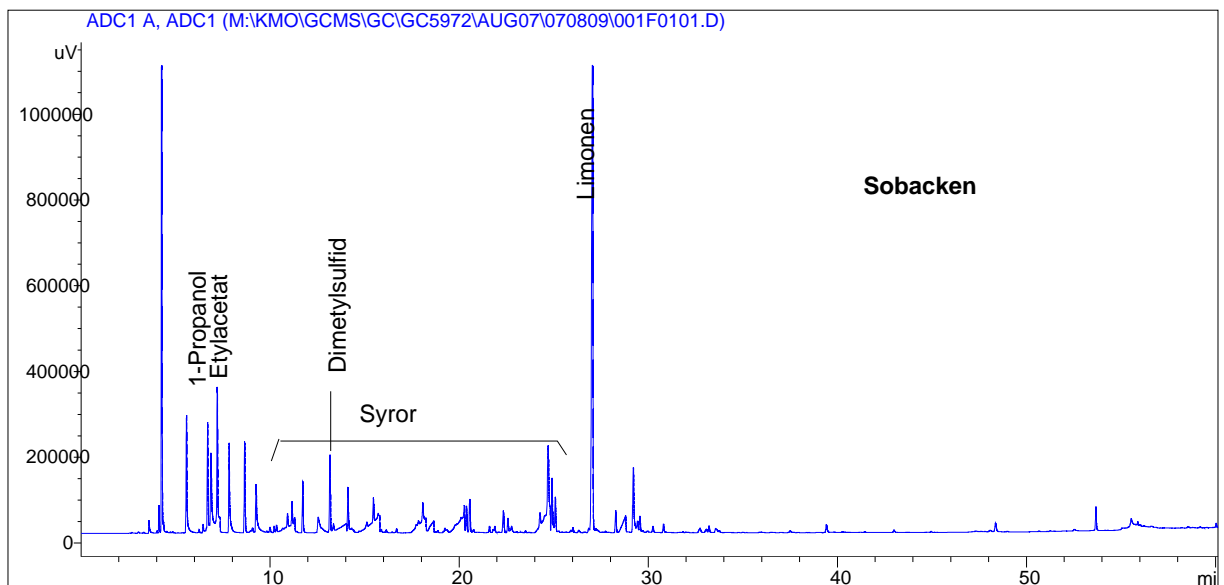
[16] Toren A., Dustan A., Ringmar A., Arinder P., JTI-rapport, kretslopp & avfall, ”utvärdering av två metoder för luktreducering av kompostbart avfall från livsmedelsbutiker”, 2003.

[17] Kim K.H, Jeon E.C, Choi Y.J., Koo Y.S, The Emission Characteristics and the Related Malodor Intensities of Gaseous Reduced Sulfur Compounds (RSC) in a large Industrial Complex, Atmospheric Environment, 40, 4478-4490, 2006

A Provpplats: biogas anläggning i Sobacken, Borås, bilder och kromatogram



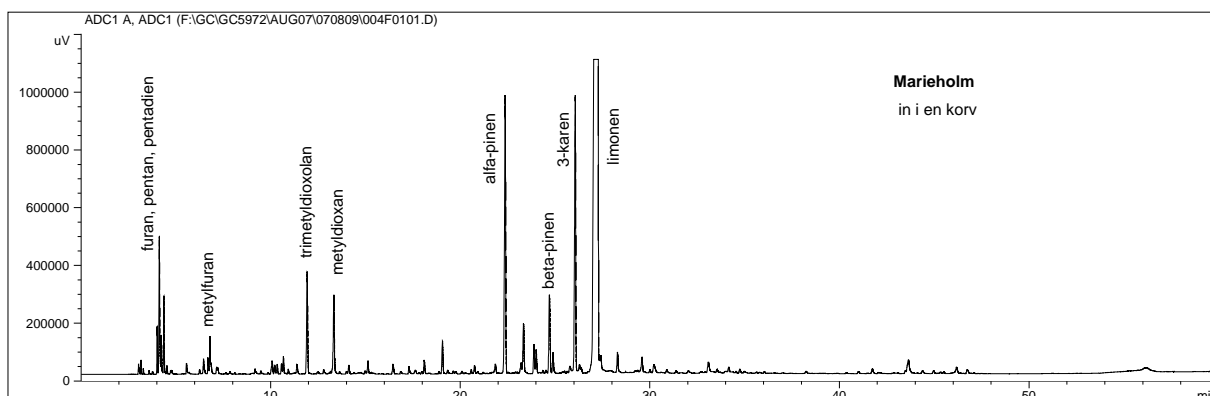
Provobjekt: ovanpå Buffertank
Provtagningsdatum: 2007-07-20
Provtagningsvolym: 1 Liter



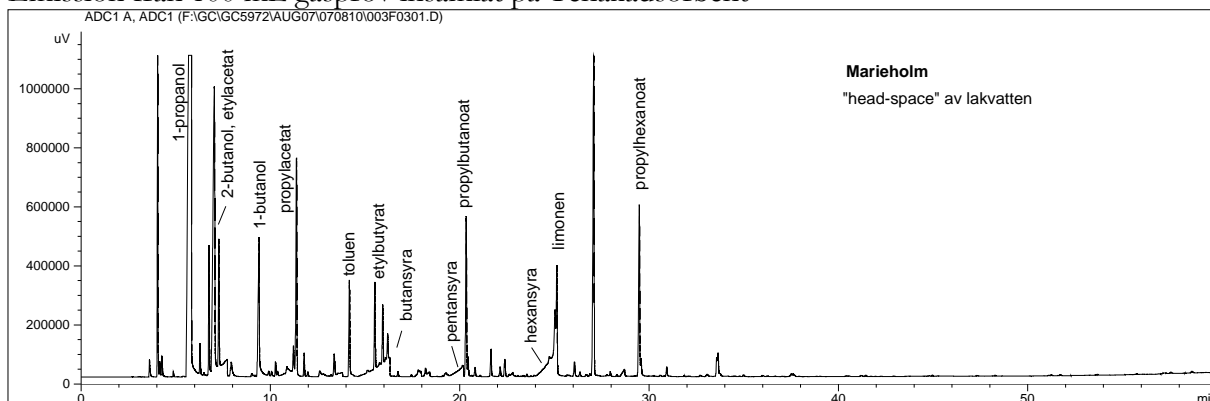
B Provplats: Marieholm, bilder och kromatogram



Provobjekt: inuti den äldsta kompostkorven
 Provtagningsdatum: 2007-07-20
 Provtagningsvolym: 1 Liter



Prov: 30 mL av lakvatten från Marieholm i en 120 mL tätglasflaska
 Emission från 100 mL gasprov insamlat på Tenaxadsorbent





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