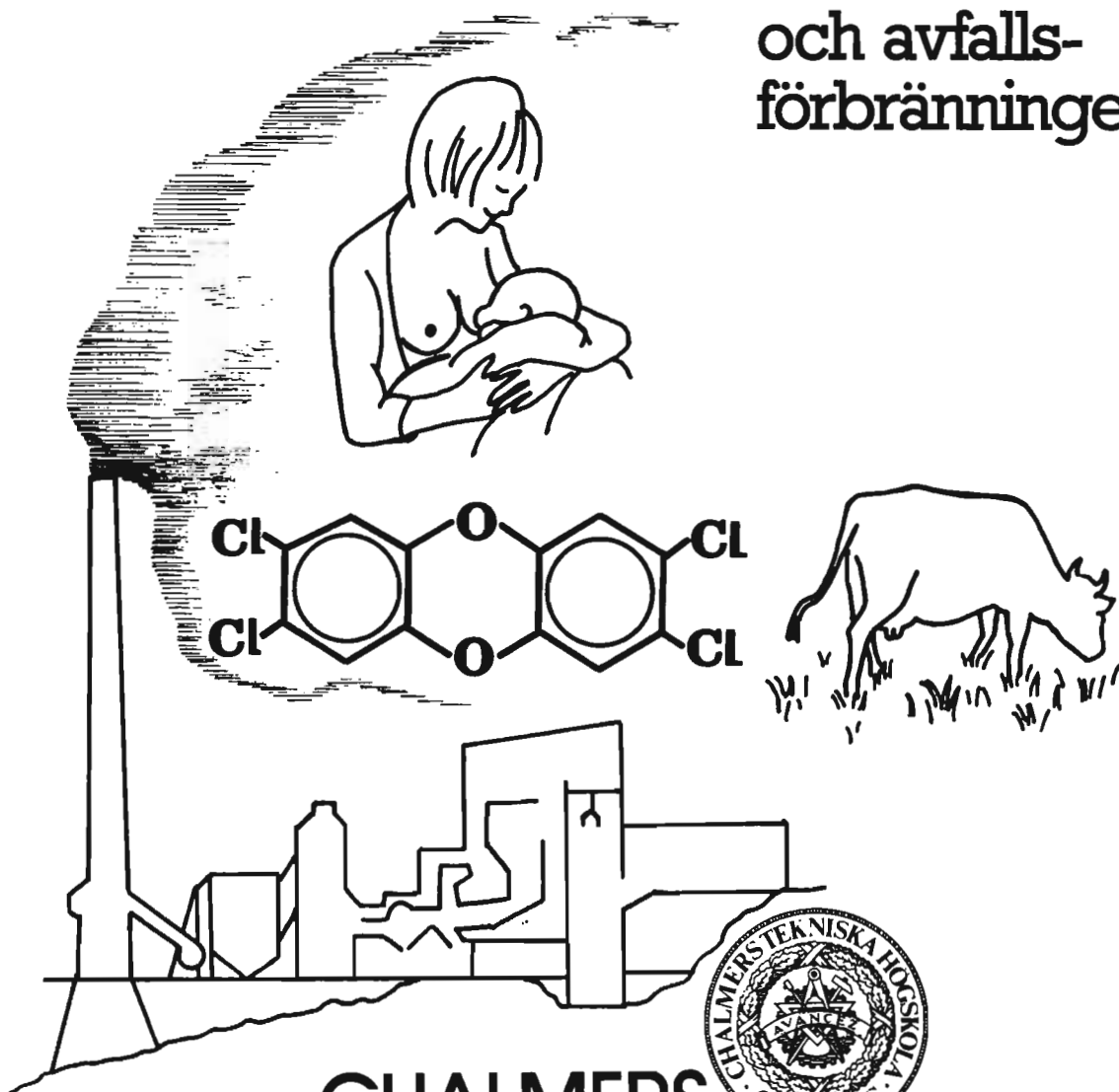


DIOXINFARAN

och avfalls-
förbränningen



CHALMERS
FORSKARFÖRHÖR

Rapport nr 3



DIOXINFARAN och avfalls- förbränningen

RAPPORT FRÅN ETT FORSKARFÖRHÖR
på Chalmers tekniska högskola
den 21 mars 1985

Redaktörer:

Docent Göran Petersson
Univ lektor Olle Ramnäs
Chalmers tekniska högskola

Innehållsförteckning

Chalmers forskarförhör	sid	3
Medverkande	sid	4
Sammanfattning	sid	5
Inledning	sid	6
ÄMNEN OCH BESTÄMNING	sid	8
BILDNING OCH KÄLLOR	sid	21
SPRIDNING OCH OMVANDLING	sid	30
MILJÖ- OCH HÄLSOEFFEKTER	sid	40
AVFALLSFÖRBRÄNNING - TEKNIK OCH UTSLÄPP	sid	47
RISKAVFALL OCH ÅTGÄRDER	sid	74
Slutkommentarer	sid	82
Kemiska ämnen - förteckning	sid	90
Ordförklaringar	sid	94
Referenser	sid	98
Sakregister	sid	100

Chalmers Forskarförhör

Chalmers forskarförhör syftar till att klarlägga konsekvenserna av den tekniska utvecklingen. Forskarförhören koncentreras på angelägna, helst dagsaktuella, områden. Framst tas kontroversiella frågor upp, men även svåra, komplexa problem där svaren kan vara mångfacetterade.

Det största värdet hos Chalmers Forskarförhör ligger i att de kan skapa klarhet i frågor där oenighet råder och där andra metoder att nå samstämmighet, eller att tydligt definiera meningsskiljaktigheter, visat sig fungera dåligt.

Genom Chalmers Forskarförhör kan man uppnå relevant och begripligt formulerad kunskap som användbart beslutsunderlag för politiker och tjänstemän.

Massmedia får genom Chalmers Forskarförhör tillgång till initierad information inom svåra problemområden.

Chalmers forskarförhör är en variant av hearings, som förekommer främst i den anglosaxiska världen, men som i Sverige är ganska ovanliga. Metodutveckling har skett med medel från Forskningsrådsnämnden (FRN) under åren 1980-83, då bl a olika förhörsmetoder, olika grader av offentlighet och olika typer av projektledning prövades.

Utfrågar- respektive svarandepaneler om vardera ca fyra personer väljs för varje förhör. Svarandesidan skall i första hand besitta gedigen vetenskaplig kompetens inom hela eller delar av det aktuella ämnesområdet, medan utfrågarsidan skall representera en bred insikt. Båda sidor bör om möjligt företräda olika åsiktsriktningar, om sådana existerar inom ämnesområdet. Utfrågarsidan har dessutom tillgång till juridisk kompetens och erfarenhet.

Varje förhör planeras av en speciellt engagerad projektledare som är insatt i respektive ämnesområde och som ingår i ledningsgruppen. Ledningsgruppen ansvarar för val av ämnen, definition av frågeställningar samt inriktning och uppföljning av Chalmers forskarförhör i stort. Projektet administreras av Chalmers informationssektariat.

De genomförda förhören redovisas i rapporter, som är av respektive projektledare redigerade referat av förhören. Referatet kompletteras med en sammanfattning av resultaten från förhöret, värderande slutkommentarer av utfrågarna samt referenslista, sakregister, bilder mm. Rapporterna sprids till främst beslutsfattare och tjänstemän inom respektive ämnesområde samt till massmedia.

Medverkande

- Förhørsledare: Lagman Jan Johnsson
Göteborgs Tingsrätt
- Utfrågare: Tekn lic Per Berg
Chalmers tekniska högskola
- Univ lektor Olle Ramnäs
Chalmers tekniska högskola
- Docent Göran Petersson
Chalmers tekniska högskola
- Docent Thure Svensson
Statens Naturvårdsverk
- Svarande: Jan Bergström
Miljökonsulterna i Studsvik AB
- Professor Göran Löfroth
Nordiska Hälsovårdshögskolan Göteborg
- Professor Christoffer Rappe
Umeå universitet

Sammanfattning

Nedanstående punkter sammanfattar vad som framkom under några viktiga avsnitt av forskarförhöret.

- Dioxinerna definieras vanligen som en grupp om totalt 210 ämnen, varav tolv, "the dirty dozen", är extremt giftiga. Andra liknande högtoxiska ämnesgrupper kan finnas.
- Kostnaden för en kvalificerad analys av ett prov på dioxiner är hög (ca 10.000 kronor) och analyskapaciteten i Sverige är begränsad.
- Dioxinmätningar har gjorts främst för avfallsförbränning. Även andra typer av förbränning och pyrolys befaras ge viss dioxinbildning. Dioxiner kan också finnas som föroreningar i industriella produkter som klorfenoler och fenoxisyror.
- Nu kända fakta pekar på att människan utsätts för dioxiner främst via fettrika livsmedel som mejeriprodukter och fisk, men också via inandning av luft. Uppmätta dioxinhalter i modersmjölk inger speciell oro.
- Dioxinerna påverkar i extremt låga halter förekomst och aktivitet av vissa enzymer. Vid något högre halter är dioxinerna cancerogena.
- Vid förbränning kan de farligaste dioxinerna möjligen bildas genom deklorering av först bildade högklorerade dioxiner. En lång uppehållstid vid förbränning är därför inte självklart en fördel ur dioxinsynpunkt.
- Dagens avfallsförbränningsanläggningar är inte konstruerade för att minimera utsläpp av dioxiner m fl miljöfarliga ämnen, utan för att uppnå högt energiutbyte till lågt pris.
- Dioxinutsläppen från avfallsförbränning kan minska effektivare med en riktigt konstruerad förbränningsteknik än med olika slag av rökgasrening.
- Sedimentstudier och pyrolysförsök tyder på att dioxinbildning vid förbränning sker i särskilt hög grad från material som innehåller organiskt bundet klor. Genom att undanta visst material, t ex PVC från byggavfall, kan mängden organiskt klor i avfall minskas kraftigt.
- Oorganiskt klor antas i viss mån bidra till dioxinbildning vid förbränning. Genom frånseparering av matavfall kan ca 50% av klorinnehållet i hushållsavfall tas undan från avfallsförbränning.

Inledning

Strax före jul 1984 blev vi tillfrågade om vi ville ställa upp som projektledare för ett forskarförhör om dioxinproblemet. Vi tyckte genast projektet verkade angeläget fastän vi inte haft någon direkt forskningskontakt med dioxinerna. Problemet ligger däremot väl i linje med vår forsknings- och undervisningsverksamhet vid CTH kring kemiska miljöfrågor i den yttre och inre miljön.

Vår första åtgärd blev att kontakta Christoffer Rappe som är den självklara centralfiguren i Sverige när det gäller dioxiner. I och med hans positiva svar kunde vi sätta igång med de kontakter och diskussioner som krävs för att få fram lämpliga svarande och utfrågare. Ledningsgruppen för Chalmers forskarförhör styrde i viss utsträckning vårt val av deltagare. Avgörande för förhørsresultatet är att deltagarsammansättningen blir välvägd ur olika synpunkter.

Christoffer Rappe har länge spelat en viktig roll för att dra fram miljö- och hälsoproblem kring såväl fenoxisyror som dioxiner i ljuset. Att han med sina vetenskapliga insatser har hävdats så väl mot starka ekonomiska intressen och tveksamma myndigheter har gett honom en stor auktoritet. I förhöret bröts hans kunnande på dioxinområdet mot Göran Löfroths och Jan Bergströms skeptiskt prövande grundinställning. Samtidigt ställde Thure Svensson fördömligt spetsiga frågor åt alla håll. Hans erfarenheter som Statens Naturvårdsverks specielle utredare av dioxinproblemet vid sopförbränning blev därför en värdefull tillgång för förhöret. Vår ordförande, Jan Johnsson, styrde erfaret och mycket intresserat förhörets tidsramar, innehåll och svårighetsnivå.

Christoffer Rappe är som professor i organisk kemi specialist på dioxinernas kemi, men också på de avancerade analytiska bestämningsmetoder som används. Han står därför i centrum under förhörets tre första avsnitt. Göran Löfroth, med forskarerfarenhet av andra högtoxiska ämnen, assisterar då i viss mån utfrågarsidan. I egenskap av professor i miljömedicin övergår Göran Löfroth sedan mer renodlat till svaranderollen i avsnittet om miljö- och hälsoeffekter. De fyra första avsnitten vänder sig till dem som vill tränga djupare in i den komplicerade dioxinproblematiken rent allmänt.

Jan Bergström hamnar i focus som svarande under det stora avsnittet om avfallsförbränning. Han har som miljökonsult lång erfarenhet av olika typer av förbränningsanläggningar och miljöproblem kopplade till sådana. Han har

blivit känd som regeringens speciella sakkunnige under inkörningen av SAKAB:s centrala förbränningsanläggning i Norrortorp. Per Bergs och Thure Svenssons starka insatser som utfrågare balanserade avsnittet väl. Läsaren kan ju för övrigt själv ta ställning till i vilken mån de medverkande talar i egen sak.

Under förhörets sista avsnitt övergick Per Berg i princip till att agera svarande. Hans verksamhet vid CTH:s avfallsgrupp och i Luleå som tf professor i restproduktteknik har främst varit inriktad på källsortering av hushållsavfall. Hans speciella infallsvinkel på avfallsförbränning och åtgärdsalternativ tycker vi tillförde förhöret en viktig pusselbit. För de som arbetar med eller ansvarar för avfallshantering och/eller avfallsförbränning är förhörets två sista avsnitt sannolikt de mest intressanta och de mest lättillgängliga.

Vid redigeringen av rapporten med utgångspunkt från inspelat ljudband och råutskrift från stenogram visade det sig nödvändigt att göra en stor mängd språkliga korrigeringar. Innebörden hoppas vi däremot har ändrats minimalt. Såväl de svarande som utfrågarna har haft tillfälle att läsa manus, jämföra med råutskriften och föreslå ändringar.

Under vårt arbete med förhörsmaterialet har vi fått ett starkt intryck av att alla ansträngt sig intensivt för att få fram det som är viktigt. Vi tycker också att alla har visat en stor öppenhet när det gäller att redovisa synpunkter och slutsatser. Vi hoppas att redigeringen inte tagit bort förhörets dynamik, utan att texten framstår som ett både klargörande och spännande vetenskapligt drama. De sex akterna kan läsas relativt oberoende av varandra alltefter intresseinriktning. Utgå gärna från vårt sakregister!

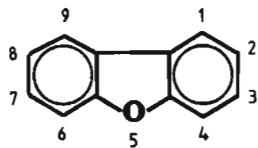
Cöran Petersson

Olle Ramnäs

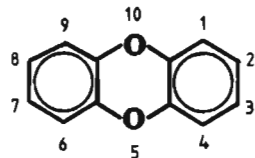
Ämnen och bestämning

- Jan Johnsson Först skall vi behandla dioxinproblemet allmänt för att senare i förhöret gå över till avfallsförbränningsfrågorna. Vi börjar med att tala om vad det är för ämnen det är frågan om. Jag trodde att detta var mycket enkelt - dioxiner och dibensofuraner - sammanlagt 210 enskilda ämnen. Våra projektledare säger att så enkelt är det alls icke. Då får vi väl ställa frågan: Vad är det för ämnen ni sysslar med och varför sysslar ni med just dessa?
- Christoffer Rappe Jag har svårt att inse varför det inte gäller de 210 substanserna. Frågan är: Skall vi utvidga gruppen eller skall vi minska den? Om vi skall utvidga gruppen, finns det en hel rad andra substanser, och då vet jag inte riktigt var man skall stanna. Skall vi minska gruppen kan vi göra det genom att använda de toxikologiska data vi nu har. Man börjar i Amerika prata om "the dirty dozen", alltså 12 stycken ämnen av de sammanlagt 210 som har extrema toxikologiska effekter. Jag vet inte om meningen med att ta upp den här diskussionen var att minska antalet eller om det var att utvidga antalet. Jag vill ha litet mer precisering från frågeställarna.
- Olle Ramnäs Dioxiner och dibensofuraner är två idag mycket uppmärksammade ämnesgrupper. Är det en slump att man har ägnat sig just åt de här grupperna? Det ligger ju nära till hands att också se på t ex bifenylenier, difenyletrar och många andra ämnesgrupper med närbesläktade strukturer. Varför har man ägnat sig åt just dioxiner och dibensofuraner?
- Christoffer Rappe När det gäller andra ämnesgrupper tror jag att även där finns ett "dirty dozen". Det är bara så, att så vitt jag vet har man inte funnit t ex polyklorerade karbazoler, pyrener, benspyrener osv i biologiskt material. Det jag kan säga mest säkert är, att vi inte har funnit klorerade pyrener i biologiskt material, trots att de identifierats i en hel del förbränningsprover. Eftersom de har samma molekylvikt som dibensofuraner, analyserar vi faktiskt efter dem, men har trots detta aldrig funnit några. Vi vet att pyrenerna inte försvinner i vårt uppklaringsförfarande och vi skulle ha dem i slutfraktionen. Det finns därför inte någon anledning att dra in pyrenerna i diskussionen.
- Bifenylenier har vi bara sett i vissa extrema fall, och det är i fyra till fem PCB-olyckor. I samtliga fall har det rört sig om externa elektriska urladdningar. Har det varit interna urladdningar i kondensatorn eller i transformatorn har vi inte sett någon bildning. Vi har jagat bifenylenier och vi har inte funnit dem annat än i just de här fallen.

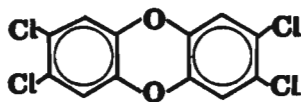
DIOXINER OCH DIBENSOFURANER



dibenzofuran



dibenso-p-dioxin



2,3,7,8-tetraklordibenso-p-dioxin

(andra namn: 2,3,7,8-tetraklordioxin
2,3,7,8-tetra-CDD
2,3,7,8-TCDD)

antal kloratomer	antal dioxiner	isomerer	dibenzofuraner
1	2		4
2	10		16
3	14		28
4	22		38
5	14		28
6	10		16
7	2		4
8	1		1
summa	75		135

De farligaste dioxinerna och dibenzofuranerna ("The dirty dozen")			
Dioxinisomer	faktor ¹⁾	Dibenzofuranisomer	faktor ¹⁾
2,3,7,8-tetra-CDD	1	2,3,7,8-tetra-CDF	0,33
1,2,3,7,8-penta-CDD	1	1,2,3,7,8-penta-CDF	0,33
1,2,3,6,7,8-hexa-CDD	0,03	2,3,4,7,8-penta-CDF	0,33
1,2,3,7,8,9-hexa-CDD	0,03	1,2,3,7,8,9-hexa-CDF	0,01
1,2,3,4,7,8-hexa-CDD	0,03	1,2,3,4,7,8-hexa-CDF	0,01
		2,3,4,6,7,8-hexa-CDF	0,01

1) faktor enl Eadon vid beräkning av TCDD-ekvivalenter

I prover från Love Canal, fanns anledning att misstänka förekomsten av tetraklordibensotiofener, som har samma molvikt som tetraklordioxin. Inte heller dessa ämnen fann man i biologiskt material, trots att de fanns i nedgrävda rester.

- Olle Ramnäs När man analyserar mycket låga halter kan man inte förut-sättningslöst analysera allt som provet innehåller. Man måste aktivt söka efter vissa ämnen. Är det inte så att man från början har inriktat sig på vissa ämnen?
- Christoffer Rappe Eftersom molekylvikten för pyrenerna råkar vara samma som för dibensofuranerna och för tiofenerna samma som för dioxinerna, kan man ju säga att man genom att välja en masspektroskopisk analysmetod även tittat efter de andra grupperna, men alltså inte funnit dem.
- Göran Löfroth Jag kan säga, att det ligger någonting i frågan. Det ligger också väldigt mycket i svaret. Både via kemisk analys och biologiska tester kan man komma fram till om man jagar rätt saker. Våra biologiska tester har med TCDD-receptor och med enzyminduktion att göra. Jag kan väl svara - jag har en lista här - att t ex en tetraklorantracen är rätt så aktiv, men den har mig veterligt ingen hittat. Tetraklorbifenylener är mycket aktiva. Men som sagt, vi hittar dem inte i miljöprover.
- För pyrenerna kan vi säga att även om inte klorerade pyrener har studerats allt för noga - det är väl bara en som har undersökts vad jag vet, och det är vi som har gjort det - så har vi tittat på motsvarande nitroderivat, och de är inaktiva. Det kan man faktiskt räkna ut. Det krävs en viss molekylstorlek. Man kan alltså sitta vid skrivbordet och komma fram till: Är det sannolikt att ett ämne är biologiskt aktivt eller inte?
- Jan Johnsson Vi avslutar denna del med konstaterandet, att visst finns det många farligheter utöver dibensofuraner och dioxiner. Vi håller oss till de här 210 ämnena och det smutsiga dus-sinet i första hand. Vi kan väl använda samlingsbeteckning-en dioxiner, om vi inte vill precisera.
- Då skall vi gå över till frågan om analysen av de här äm-nena, som förvisso inte är någon lätt uppgift. Christoffer Rappe får ge oss en liten lektion. Var så god!
- Christoffer Rappe Den slutgiltiga analysen gör man med hjälp av en kombina-tion av gaskromatograf och masspektrometer. Detta instru-ment har den fördelen att det kan särskilja kemiska sub-stanser som har olika molekylvikt. För att underlätta all typ av analys på här området - jämförbart med att mäta avståndet mellan jorden och månen på några millimeter när - använder vi oss av vad vi på slang kallar en "spiknings-

metod" (en metod där man tillsätter ett referensämne). Andra använder termer som "Internal standard" eller "Surrogate". Det innebär att så fort vi har möjlighet tillsätter vi en bestämd mängd av en kol-13-märkt standard till det prov vi skall analysera. Standarden följer sedan med i arbetet hela tiden, både vid upparbetningen och den slutliga analysen.

Eftersom vi har en masspektrometer kan vi skilja mellan "naturligt" förekommande tetraklordioxin, som har molekylvikten 320, och den tetraklordioxin som vi tillsatte vid "spikningen" och som har molekylvikten 332. Den har tolv atomer av kol-13 i stället för kol-12 och får alltså en molekylvikt som är tolv enheter högre. Då har vi en ganska god kontroll på att vi inte har förlorat något under upparbetningen. Om vi återfinner mer än 60%, vilket är normalt, av den kol-13-standard, som vi sätter till t ex ett modersmjölksprov, är vi ganska säkra på att vi också har en återfinningsgrad, "recovery", som det heter på engelska, av 60% av det "naturligt" förekommande ämnet. Hur de kvantitativa data presenteras varierar mellan olika forskningsgrupper. Vi har hittills gett de kvantitativa data som vi finner i själva analysen samtidigt som vi talar om hur hög återfinningsgrad vi har. Sedan kan den som så vill multiplicera med rätt faktor t ex 1,3 eller 1,2.

Denna typ av "spikningsförfarande" tillämpar vi för alla prover. Dock är det vissa problem med sådana prover där man inte kan göra en hundra procentig uppslutning, t ex flygaska, sediment och jordprover. Teoretiskt sett, och det har vi verkliga indikationer på också, finns det ett åldringsfenomen på jordprover och kanske också på sedimentprover och flygaskprover. Efter en viss tid kan vi inte extrahera ut lika mycket som vi kunde när flygaskan eller jorden var ny. För att då få ett bra "spikningsförfarande" skulle man kanske sätta till kol-13-standarderna 1985 och sedan analysera 1995. Först då vet vi hur den jord uppträder där vi misstänkte att föroreningarna kom 1975. Av praktiska skäl är detta inte lämpligt. Där får vi göra den uppskattningen att vi lyckas extrahera från jordprovet lika stor andel av "naturligt" förekommande dioxiner som av tillsatt standard. Det är en medveten förenkling. Jag vet ingen annan framkomlig väg.

Ofullständig återfinning kan ha sitt speciella intresse när man diskuterar dioxinernas historiska förekomst bakåt i tiden. Det finns nämligen en undersökning, som visar att man inte finner dioxiner i sediment som är äldre än 1937. Detta kan tolkas på två sätt - antingen fanns inte dioxiner före 1937, eller också lyckas man inte extrahera ut dioxiner som har suttit i ett sediment i 45 år.

Sammanfattningsvis är "spikningsförfarandet" en kvalitetskontroll, och i all modern analys talar man om hur man har

behandlat provet, hur mycket man återfinner osv. Varje typ av prov har sin speciella uppberedning. Vi behandlar inte ett modersmjölkprov på samma sätt som vi behandlar ett sedimentprov eller t ex ett prov från en sopförbränningsanläggning. Jag tror det blir alldeles för mycket att här beskriva alla de olika varianter vi har i uppberedningen.

För att separera de olika ämnena, "the dirty dozen" och de andra 198, använder vi högupplösande gaskromatografi på i allmänhet 50 - 60 m långa så kallade kvartskapillärkolonner. Eftersom vi har tillgång till standardsubstanser, kan vi känna igen de olika isomererna på deras karakteristiska positioner efter separationen. För att man på ett vetenskapligt godtagbart sätt skall kunna skilja mellan 2,3,7,8-tetraklordioxin och de andra 21 tetraklordioxinerna måste man visa att man kan separera de här 22 isomererna. Vi har under en följd av år syntetiserat och bytt till oss dessa isomerer. De separationsmetoder som vi idag har i form av högupplösande gaskromatografi ger oss en bra indikation på att det verkligen är 2,3,7,8-tetraklordioxin när vi säger att det är det.

Jag tror att det här är bra som inledning, och sedan kan vi komma in på speciella detaljer.

- Thure Svensson Du sa att man tillsätter en standard. Är det tillräckligt att tillsätta bara en enda standard? Det skulle förutsätta att man har samma förlust, oavsett ämnesgrupp och isomer.
- Christoffer Rappe Vi sätter till 2,3,7,8-tetraklordioxin, 2,3,7,8-tetraklordibensofuran och oktaklordioxin hittills. Nu har vi faktiskt fått "the dirty seven" av dibensofuranerna genom bytesverksamhet, och jag tror att inom en ganska nära framtid har vi även de andra fyra dioxinerna i "the dirty dozen" som kol-13-märkta föreningar. Då kan vi jämföra "recovery" för varje isomer.
- Jag tror inte att vi skall ha alla 210 som kol-13-märkta. Om vi har de 12 plus kanske en heptaklordioxin och en heptaklordibensofuran samt oktaklordioxin och oktaklordibensofuran, det blir alltså 16 standardsubstanser, då tror jag vi har den frågan löst. Hittills har det inte varit så.
- Thure Svensson Så summan av kardemumman är att i dag "spikar" ni med tre referens-substanser?
- Christoffer Rappe Sedan en månad tillbaka "spikar" vi med - vad blir det - 11 olika standardsubstanser och snart är vi uppe i 16.
- Olle Ramnäs Varierar "recovery" för de olika enskilda ämnena? Finns det en signifikant variation?

- Christoffer Rappe Ja, i en del fall. Jag skall redogöra för ett fall, ett sedimentprov från Hudson River. Vi delar prov med ett laboratorium i Amerika i en typ av ringförsök. Vi analyserade och var ganska förbryllade. Vi hade 80 - 90% "recovery" av oktaklordioxinen och mindre än 1% "recovery" av tetraklordibensofuranen. Vi trodde vi gjorde något fel. Efter att ha hållit på och slitit med provet i några veckors tid kontaktade jag det andra laboratoriet. De hade samma problem. Det är det värsta fallet. Därför påstår jag att sedimentprover är speciellt besvärliga.
- I andra prover - humanprover, biologiska prover - har vi i allmänhet 60% - 80% "recovery" av det vi sätter till. Vi har gjort en stor "recoverystudie" på icke kontaminerad fisk från en sjö i Västerbottensfjällen. Mängden dioxiner och dibensofuraner i fisken låg under detektionsgränsen. Vi har "spikat" 10 ppt och 100 ppt av ett 30 - 40-tal isomerer och då låg "recovery" mellan 60 och 90%.
- Thure Svensson Jag vill ställa en fråga till Jan Bergström. Ert laboratorium gör ju också analyser av dioxinhalter. Vilka referenssubstanter har ni använt vid upparbetningen från början av 1983 och framåt?
- Jan Bergström Man skall vara medveten om att de analyser som vi gör har en väsentligt mer begränsad målsättning. Vi har tagit som utgångspunkt att "fingerprintet" från förbränning i de undersökningar som hittills har redovisats är mycket konstant. Då kan vi, genom att vi har ett antal referenssubstanter, ge en bild av hur förbränningen i en viss anläggning har fungerat vid ett visst tillfälle. Vi "spikar" med en tetraklordioxin; vilken minns jag inte för ögonblicket.
- Thure Svensson Är den kol-13-märkt eller klor-37-märkt?
- Jan Bergström Den är klor-37-märkt. Utbytet varierar från mycket höga siffror till bara 20%. Vi har just gjort den från andra sammanhang vanliga observationen att t ex flygaskor kan ha mycket stor affinitet till den komponent man tillsätter. Jag hade ett fall ganska nyligen, där vi konstaterade att vi överhuvudtaget inte alls kunde hitta den tillsatta mängden tetraklordioxin. Vi fick inget utbyte alls på flygaskan. Den extraktionsmetodik vi utnyttjar gav inte möjlighet att återfinna något av den tillsatta mängden.
- Thure Svensson Från vilket datum började ni använda den här "spikningsmetodiken"? Är det i år eller var det för två år sedan
- Jan Bergström Det är för flera år sedan.
- Jan Johnsson Har jag uppfattat det rätt, om jag säger att det här tyder på att det man sysslar med när man analyserar är i många

fall en ytterst osäker verksamhet. Man överskattar inte mängderna, men mycket kan försvinna som man inte upptäcker. Det man tillsätter kan försvinna och det betyder att det kan finnas åtskilligt som kommer till den "naturliga" vägen som inte heller upptäcks.

- Christoffer Rappe Jag tror inte det är ett allmänt problem. I och med att vi bestämmer återfinningsgraden vid varje enskild analys, vet vi när vi har ett osäkert resultat. I de allra flesta fall har vi en återfinningsgrad som ligger mellan 50% och 95%. Ibland får man en återfinningsgrad på över 100%. Den interna standard som Jan Bergström använder anser vi olämplig att använda därför att det finns en vanligt förekommande förorening som har samma molekylvikt, nämligen 328. Ifall vi använder denna standard i Östersjölax återfinner vi ungefär 250%, därför att Östersjölaxen innehåller den här föroreningen. Därför använder vi kol-13 i stället för klor-37.
- Jan Johnsson Det här betyder att man kan missa en del dioxinförekomster i sediment och flygaska. När man diskuterar spridningsvägar har man alltså betydande osäkerhetsmoment?
- Christoffer Rappe Ja, det stämmer i vissa fall då man inte kan göra en hundra procentig upplösning. Det gäller t ex jord, sediment och flygaska. Alla biologiska prov löser vi upp hundra procentigt så att vi har en lösning utan fasta partiklar. Vid upp-
arbetning av sediment och flygaska har vi en fast fas kvar efter extraktionen, och denna kan då innehålla en restmängd.
- Det har diskuterats i tio år att elda kol-14-märkt klorfenol och se om man får någon kol-14-radioaktivitet inuti en sotpartikel. Ingen har gjort det. Man säger: Om det finns inbakat i en partikel, har det då samma biologiska effektivitet? Är det inte så att det vi lyckas extrahera med kokande toluen i två dygn representerar det som är biologiskt aktivt. Det som sedan finns kvar kan kanske bara ha ett mera akademiskt intresse - inte ett praktiskt toxikologiskt intresse.
- Jan Johnsson Kan dioxiner finnas redan i avfallet och då kanske på fasta partiklar?
- Christoffer Rappe Det har gjorts en ganska omfattande undersökning vid ett laboratorium i provinsen Ontario i Canada. Man har analyserat dioxininnehållet både i soporna och i det som kommer ut ur sopförbränningsanläggningen. Man fann en betydande utsläppsökning och att mönstret är helt annorlunda. Det är helt andra dioxiner.
- Det är hepta- och oktaklordioxiner som går in med soporna. Det är tetra- och pentaklordioxiner och dibensofuraner

som kommer ut. Studien är omfattande och gjord med sofistikerad metodik med bl a intern standard.

Göran Petersson

Nu när dioxinproblemet har börjat diskuteras så mycket kommer det naturligtvis att bli starkt ökade krav på fler analyser. Frågan är hur detta skall lösas. Christoffer Rappe talar om att bygga ut sin analysavdelning. Menar du att man bör ha analyser av den kvalitet som ni klarar uppe i Umeå, eller kan man klara sig med lägre kvalitet? Det finns ju två alternativ. Antingen kan ni utvidga er analysverksamhet, eller också kan man tänka sig att man utökar analysverksamheten på andra håll.

I anslutning till det vill jag fråga: Tycker du att det är viktigt att analyser i en politiskt och ekonomiskt känslig fråga utförs på ett fritt forskningslaboratorium? Är det kanske olämpligt att sådant görs av konsulter och under styrning av myndigheter? Kan det vara en anledning till att ni själva vill stå för så mycket som möjligt av analysverksamheten?

Christoffer Rappe

Vi vill inte alls stå för så mycket som möjligt! Under den här 13-14-årsperioden har vi dock skaffat oss en viss erfarenhet av analyserna. Vi har gjort många observationer, och allt har vi inte publicerat. Vi har arbetat i tio års tid med att syntetisera de här substanserna, lära deras kemi, litet av deras fysikaliska beteende osv.

Jag tror att utvecklingen går därhän att vi kommer att mer och mer koncentrera oss på "the dirty dozen" och med den teknik som vi nu har diskuterat. Vi ägnar inte så stort intresse åt att kvantifiera t ex alla de andra 37 tetra-klordibensofuranisomererna. Ändå måste man ha den gaskromatografiseparation som vi har, för annars kan man inte skilja ämnena åt.

Göran Petersson

Man har hela tiden en gradskala med olika mycket påverkan av ekonomiska faktorer och av myndigheter osv. De flesta anser väl att forskare vid högskolor är de mest fristående och konsulter mer beroende ekonomiskt av uppdragsgivare osv. Kan det vara en viktig faktor?

Christoffer Rappe

Det tycker jag är en viktig faktor. Samtidigt som vi nu är hårt pressade - vi skall göra så många analyser som möjligt - så håller vi på att utveckla analysmetoder för t ex sedimentstudier. Hur skall vi göra en bra sedimentupparbetning? Eftersom vi är en forskningsorganisation har vi möjligheten, att också satsa på intressanta forskningsupp-
gifter och inte fastna alltför mycket i rutinanalyser.

Sedan har vi problemet med instrumenteringen. Eftersom vi är en akademisk institution lyder vi inte under samma lagar som man gör i det fria näringslivet. Vi kan inte låna

pengar på samma sätt som ett konsultföretag. Söker vi pengar inom de normala forskningsfonderna diskvalificeras vi också. "Skall de få en miljon till sin vetenskapliga utrustning? De tjänar ju pengar!" Är man litet elak kan man säga, att vi diskvalificeras både inom forskningsorganisationerna när vi söker pengar och inom den normala kapitalmarknaden. Vi har fördelar, men vi har den här nackdelen också. Jag tror vi kan lösa det, men det kanske fordras litet mer is i magen än för en normal universitetsprofessor.

Jan Bergström

Jag uppfattar det så, att hela den här frågan är ekonomiskt styrd oavsett om man är konsult eller om man arbetar på ett universitet. Första problemet är ju att man måste kunna motivera att de begränsade resurserna man har sätts in på ett visst område. Först därefter kan man bygga upp den kompetens som behövs. Givetvis är det så, att arbetar man som konsult så är man helt styrd av de kontrakt man har. Då blir det bara undersökningar som någon är beredd att satsa pengar i. Det är ju uppenbart.

Jag är inte så där alldeles entydigt övertygad om att det skiljer så mycket om man arbetar vid universitet. Det gäller att motivera sina ansökningar så att man får tillfälle att bygga upp resurser för att kunna svara på frågorna där också. Vi har ett laboratorium i Umeå, som har jobbat länge med problemet. Sedan uppstår debatten, och då står vi där helt plötsligt med ett enda laboratorium som kan göra jobbet och andra som är mer eller mindre diletanter på just det specifika området.

Jan Johnsson

Vad kostar en analys?

Christoffer Rappe

I genomsnitt 1000 dollar. Så länge dollarn har gått upp har summan varit konstant. Hur det blir när dollarn går ned, det kan du själv räkna ut. Summan gäller för ett sopförbränningsprov, där man skall titta både på partiklar och på gas. Egentligen är det tre analyser och därför blir det dyrare än t ex ett fiskprov.

Jan Johnsson

Kan man klara sig med mindre komplicerade analyser för att följa t ex en förbränningsanläggning? Vad säger Jan Bergström?

Jan Bergström

Ja, jag uppfattar situationen så att vi i ett inledningskede, tills vi har klarlagt hur sambanden ser ut, kommer att behöva många analyser av hög kvalitet och med hela isomerspecificiteten. Jag hoppas att man skall kunna använda forskningsinsatsen till att klarlägga, på samma sätt som vi har lyckats göra med t ex polyaromatiska kolväten, att det finns distinkta parametrar som styr, så att man sedan i den dagliga eller i den periodiska kontrollen av anläggningars funktion inte behöver göra så här stora och dyra insatser. Vi har en bra bit kvar innan man kan svara på om det är en realistisk ansats.

- Thure Svensson Rappe säger 1000 dollar. Hur många dollar säger Jan? Du har väl något lägre taxa?
- Jan Bergström Jag har överhuvudtaget inte gjort några prov där jag bara har studerat dioxiner och dibensofuraner. Jag har enbart arbetat med kontroll av förbränningsanläggningar. I de fall där vi har tittat på dessa ämnen, så har vi gjort en stegvis upparbetning av proven, där vi har tittat på summan organiskt material och delat upp det i PAH och klorbensenner, klorfenoler och sedan i slutskedet dioxiner och dibensofuraner. Ett sådant prov kostar totalt i dag - bara för organiska ämnen, där jag då med den kapacitet vi har definierar tetraklor- och pentaklordioxiner och dibensofuraner - drygt 20.000 kronor.
- Thure Svensson Om vi nu räknar bort allt annat och bara tittar på dioxin-delen?
- Jan Bergström Då skulle jag säga 6500 kronor eller något i den storleksordningen.
- Thure Svensson Då får man alltså veta summan av tetra- och pentaklorisomerer?
- Jan Bergström Och ett par specifika isomerer.
- Christoffer Rappe Jag håller helt med Jan Bergström att det inte alls är en attraktiv framtidsvy att vi skall stå och enbart analysera prover från förbränningsanläggningar. Jag hoppas också att det skall finnas andra parametrar som är enklare att följa för att kunna bedöma risken.
- Samtidigt hoppas jag att vi kan börja lära oss att via biologiska eller andra prover, t ex markprover eller sedimentprover, få en uppfattning om riskerna med olika utsläppskällor. I stället för att bara mäta i skorstenen vill jag peka på möjligheterna att ägna mer och mer intresse och mer och mer resurser åt att följa biologiska parametrar. Analysera på fisk, analysera på komjölk eller vad man nu vill välja runt omkring olika potentiella riskkällor. Jag tycker att resurser för detta bör friställas genom att man mäter enklare parametrar i skorstenen.
- Göran Löfroth Om vi går tillbaka till analyssidan finns det två typer av prover. Den ena är att man tar en fisk eller ett sedimentprov eller humanmjölk och "spikar" provet med någonting och sedan analyserar det. Sedan har vi prover där man stör systemet för att man skall få provet, och detta sker just vid rökgasprovtagning. I och med att jag har arbetat med provtagning av emissionsgaser för bestämning av PAH och nitro-PAH så känner jag till de stora problemen med artefaktbildning under provtagningen, och sådana kan vi

också ha på dioxinsidan. Då man samlar partiklar eller kondensat, passerar under provtagningen reaktiva gaser över provet och genom provet. De reaktiva gaserna kan innehålla klor och kan ge en klorering.

Dibensodioxin kan t ex om den fastnar på filtret eller i kondensatet, kloreras av någon aktiv klorförening så att vi successivt får mono-, di-, tri-, tetra-, osv -klordibenso-dioxin. Indikationer på att det här kan ske har publicerats av en amerikansk grupp.

Christoffer Rappe Såvitt jag förstår är detta en hypotes, och jag tror jag kan bevisa att den är osann. Jag kanske kan litteraturen litet bättre.

I den amerikanska studien avviker mönstret av tetra- och pentaklordioxinisomerer markant från det man finner i en normal förbränningsanläggning. Dessutom hade man i denna studie ett mycket högt överskott av klorväte. Stellan Marklund och jag publicerade också för sex å sju år sedan ett arbete där vi förbrände 2,4,6-triklorfenol som vi hade renat och omkristalliserat tio gånger. Vi fann ingen högre klorerad dioxin än tetraklordioxinen. Om vi eldade penta-klorfenol, som var renad på precis samma sätt, fann vi däremot hela mönstret av dekloreringsprodukter. Din tes stämmer inte för kloreringen, men jag anser att dekloreringen är en mycket, mycket viktig del i bildningen av det mönster av dioxiner och dibensofuraner vi ser.

Göran Löfroth Jag skulle vilja påstå, att det verkliga beviset skulle man kunna få genom att under provtagningen sätta till dina märkta substanser.

Christoffer Rappe Då kan jag säga att vi nu i filtret innan provtagning sätter till kol-13-märkt standard. Vi sätter till sådan också i slutadsorbenten (XAD). Utav det vi satte till på filtret återfinns vi bara 10% på filtret, 45% i kondensatet, och 45% i XAD. Av oktaklordioxin är 50% kvar i filtret och 50% kommer i kondensatet. Sedan Umeåundersökningen i november arbetar vi helt och hållet med att sätta till kol-13-märkta substanser för att få en kvalitetskontroll på provtagningen.

Göran Löfroth Jag skulle vilja påstå, att det bästa sättet vore att försöka föra in dom i gasfas i proven.

Christoffer Rappe Det kan vara förenat med vissa svårigheter. De kol-13-märkta substanserna kostar 2000 dollar för 0,1 µg.

Göran Löfroth Det här är någonting som verkligen måste bevisas och det till sista decimalen!

Christoffer Rappe Vad vi analyserar och ser är hela tiden sekundärt bildade produkter, det håller jag med om, och här måste man verkli-

gen ha den detaljerade bilden av olika isomerer och jämföra dessa med varandra.

Thure Svensson

Vi får väl tro att det vi analyserar fram och ser, är den faktiska verkligheten. Jag vill fråga Göran Löfroth: Hur noggrant skall man analysera? Hur många isomerer skall man ta fram? Finner du att det är viktigt att man har en så bra isomerspecifik analys att man åtminstone under den närmaste framtiden tar fram halter på samtliga av de 12 mest toxiska substanserna, för att kunna göra en bra riskbedömning?

Göran Löfroth

En sak är riskbedömning som myndigheter, politiker och allmänhet utövar. Då behöver man de tolv och några till kanske. Det kan ju hända att vi hittar någon ny biologisk effekt. En annan sak är att få veta vad som händer och då får vi inte begränsa oss. Jag anser att vi i Sverige behöver minst en specialist - det är då Rappe. Jag skulle gärna se att vi hade ett par ställen med sofistikerad analysutrustning, och sedan då ytterligare några ställen där analyser kunde göras lite grövre.

Jan Bergström

Jag tänkte kommentera provtagningen. Det är ju så - jag har jobbat med provtagning i många år - att det har i huvudsak inte bedrivits någon målmedveten forskning rörande provtagning. För varje ny ämnesgrupp som har väckt intresse har man utnyttjat ett provtagningssystem från tidigare studier, möjligen något anpassat till den nya ämnesgruppen.

När vi diskuterar förekomsten av sådana här klorerade föreningar blir frågan mycket påtaglig: Finns det behov av en ny, specifik provtagningsteknik för att undvika att man går på pumpen av de skäl som Löfroth nämnde. Jag har för egen del gjort bedömningen att är det nu så att de aktuella komponenterna kännetecknas av sin stabilitet och av att de överlever förbränningsförhållanden vid hög temperatur och att vi vid provtagningen arbetar i ett rökgasavsnitt, där temperaturen är väsentligt lägre, då är inte det första jag tänker på att jag omvandlar ämnena och ändrar på mönstret.

Det som är alldeles uppenbart och det som för varje provtagare eller bedömare av provtagningssystem måste vara klart är, att man inte någon gång får ta ett resultat från ett provtagningssystem - t ex fördelningen mellan partikelbundet, kondensat och ej kondenserbar andel i en absorbent - som intäkt för vad rökgasen innehåller. Det blir en helt provtagningsspecifik fördelning. Vad vi måste sträva efter är, att man har enhetliga provtagningssystem så att man kan säga om fördelningen är lika från gång till gång eller från anläggning till anläggning. Då kan vi dra slutsatser. Då är det också min åsikt att summan är korrekt även om fördelningen är artificiell.

Än viktigare är att ingen förleds att ta data ifrån rökgasprovtagning, t ex på fördelning gasfas/partikelfas, till intäkt för vad man skall förvänta sig i miljön. När vi kommer upp i en skorsten och ut ur skorstensmyningen och sänker temperaturen, får vi en omsättning av de aktuella ämnena från gasfas mot partikelfas. Nu talar jag om dioxiner, men det gäller även andra organiska föreningar och vissa metaller.

- Christoffer Rappe Jag har ett argument till, och det är att om nu Löfroths hypotes skulle bidra till någon väsentlig del av det totala resultatet, då är det ju faktiskt lite underligt att vi finner så gott som identiska mönster av dibensofuraner och dioxiner i aska, slagg, flygaska, det partikelbundna och i gasfasen. Det kan ju vara så att moder natur gav oss bara ett sätt att göra alla de här isomererna, men eftersom vi har så väl överensstämmande mönster verkar det kanske mera vara en speciell typ av reaktioner. Dock skall jag då säga, att i slaggen och askan är det betydligt mera av oktaklorisomererna.
- De idéer vi har är att det kan bero på nedbrytning från oktaklorisomererna till hepta-, hexa-, osv substituerade isomerer. Detta ger samma mönster hela tiden. De isomererna är helt annorlunda än de som bildas vid i varje fall normal klorering. Jag vet dock inte hur gasfasklorering med saltsyra vid 1000^o C sker; Det har ingen studerat. Det förefaller mig märkvärdigt att vi skulle få exakt samma isomerer om vi bryter ned oktaklordioxin till tetraklordioxin som när vi klorerar icke klorerad dibensofuran eller dioxin.
- Thure Svensson Kort fråga till både Rappe och Bergström och korta svar: Förekommer de här ämnena partikelbundna eller i gas- eller aerosolfas när de har kommit förbi rökgasfläkten och är på väg upp i skorstenspipan - temperatur under 200^o C?
- Christoffer Rappe Förr eller senare blir de partikelbundna, anser jag. När de har lämnat skorstenen har de en stark tendens att adsorberas på småpartiklar.
- Göran Löfroth Det är inte nödvändigtvis partiklar som kommer från just den anläggningen utan också andra partiklar i luften.
- Jan Bergström Svaret kan inte vara entydigt, därför att det är uppenbart, att vi har större andel i gasfas av en tetraklor-substituerad än av en oktaklor-substituerad förening. Det visar också provtagningen. Man får mycket större andel partikelbundet av de högkokande jämfört med de mindre klorerade, med lägre kokpunkter.
- Thure Svensson Runda procenttal?
- Jan Bergström I provtagningssystemen för rökgas, filtrerad vid 160^o C: 90% partikelbundet av oktaklorisomererna och 50% eller till och med därunder av tetraklorisomererna.

Bildning och källor

Jan Johnsson

Vi lämnar detta första avsnitt och går över till bildnings-sätt och källor. Vi tänkte generellt få svar på hur dioxiner och dibensofuraner bildas och vilka källor vi har omkring oss i naturen och i industrin?

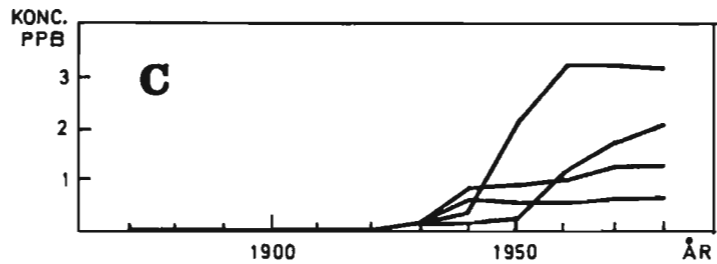
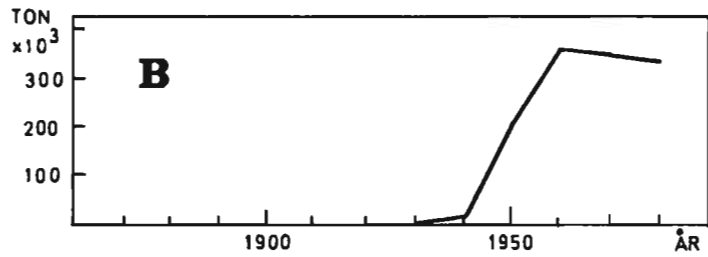
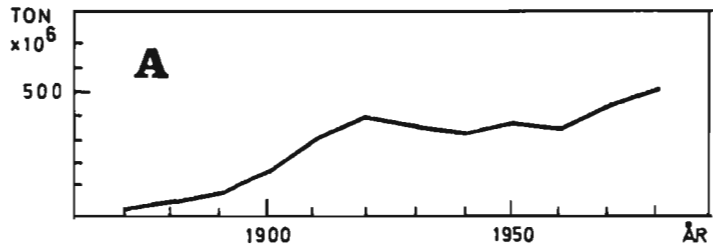
Christoffer Rappe

Jag tror att reaktionerna som leder till dioxiner och dibensofuraner är ganska komplicerade, och att det är flera konsekutiva reaktioner. Den hypotes jag tycker verkar bäst för tillfället är att under förbränningsprocessen kan man få aktiva kol-klorradikaler, som ganska snabbt förenar sig och ger hexaklorbensenen. Hexaklorbensenen kan sedan reagera med luft eller annat syre i systemet och ge antingen pentaklorfenol, eller kondensationsprodukter mellan pentaklorfenol och klorbensener, i form av oktaklordioxin och oktaklordibensofuran. Beroende på betingelserna kan dessa sedan sönderdelas. Jag har tidigare nämnt att vi har visat, att från ren pentaklorfenol får vi mellan en tredjedel och hälften av lägre klorerade produkter än den förväntade oktaklordioxinen.

Tittar man noga på sådana mönster ser man att det inte finns god parallellitet eller ingen parallellitet alls mellan kloreringsgraden i det man förbränner och kloreringsgraden av de bildade dioxinerna och dibensofuranerna. Vi har tittat på pyrolys av dels polyvinylklorid och dels hexakloreten. Tetra-, penta- och hexaklordibensofuranerna, men även de dioxiner som vi finner ifrån dessa produkter som innehåller en klor på två kolatomer, respektive sex klor på två kolatomer och inget enda väte, är identiska. Man skulle vänta sig att hexakloreten bara skulle ge en oktaklorerad förening. Men mönstret av tetraklordioxiner och tetraklordibensofuraner är identiskt antingen man har en klor eller sex klor. Det intressanta är att detta mönster är så gott som identiskt med normalmönstret från söföbränning, där vi har mindre än 1% klor.

Det detaljerade mönstret är detsamma antingen vi utgår från en produkt som innehåller långt under 1% klor eller en som innehåller 90% klor. Jag tycker detta tyder på att det inte kan vara någon direkt reaktion, utan bildningen måste gå via flera led. Vi har också börjat titta på nedbrytningsmönstret av oktaklordioxinen och oktaklordibensofuranen enbart. Jag skulle inte bli förvånad ifall vi finner exakt samma mönster av tetraklordibensofuraner och tetraklordioxiner även där. I så fall har vi bevisat att det rör sig om nedbrytningsprodukter. Det vi normalt ser är alltså troligtvis ett nedbrytningsmönster. Sedan kan vi börja diskutera vilka potentiella källor det finns.

- Jan Johnsson Man kan alltså tänka sig att dioxinerna vid industriell produktion kan uppkomma i samband med förbränning av olika slag. Kan de också uppkomma i naturen genom t ex fotokemiska reaktioner?
- Christoffer Rappe Ifall vi tar de fotokemiska reaktionerna så studerade Buser och jag för sex, sju år sedan (Busers avhandling) den fotokemiska nedbrytningen av oktaklordioxin och oktaklor-dibensofuran. Det intressanta var att 2,3,7,8-isomererna bildades inte. Det verkar som om de farliga kloratomerna försvinner vid den fotokemiska reaktionen så att det bildas mindre farliga komponenter. Detta avviker ganska avsevärt från vad vi ser i naturen där de farliga isomererna nu påvisas. Försöken med oktaklordioxin gav 1,4,6,9-tetraklordioxin, och de farliga 2,3,7,8-isomererna var borta. Det verkar i det fallet som om de fotokemiska reaktionerna är snälla för oss.
- Däremot tror jag att de pyrolytiska reaktionerna är viktiga oberoende av vad vi har för slag av klorhaltigt utgångsmaterial. Jag tror mera på organiska klorföreningar än oorganiska, men jag kan inte utesluta att även oorganiskt klor i form av natriumklorid kan ge dioxiner och dibensofuraner. Jag tror dock att huvudparten av vad vi ser kommer ifrån organiskt bundet klor. Ett av bevisen är att man ingenting finner i sediment före 1937. Ungefär i slutet på 30-talet började den stora tillverkningen av klororganiska föreningar.
- Man har sagt i en utvärdering i Canada att 90% av dioxinerna i den canadensiska miljön skulle komma från skogsbränder. Den sjö i Västerbotten, som vi tar vår fisk från, är ren. Varför skulle det inte finnas dioxiner från skogsbränder i den Västerbottensjön ifall det var den huvudsakliga källan i landet? Jag tror inte så mycket på skogsbränder. Jag kan inte utesluta möjligheten att en ringa del kan komma från skogsbränder (oorganiskt klor), men jag tror att huvudparten kommer från klororganiska produkter som omger oss i form av polymerer, lösningsmedel och annat.
- Jan Johnsson Får jag komplettera det där med skogsbränderna. Det har ju hänt en del i naturen sedan 1937 och framåt. Tänk på andra föroreningar som i stor utsträckning sprids i skogen! Det kan inte vara sådant som gör att gamla skogsbränder inte skapade dioxiner, men att man nu kan få det i skogsbränder?
- Christoffer Rappe Ja, men då kommer vi in på den allmänna situationen, och då är det ju intressant att nämna, att det finns många universella luftföroreningar som innehåller klor: klorbensener, trikloretylen och perkloretylen från bl a kemtvättar. Vi har freoner, som också är klororganiska föreningar.



A. Kolförbrukningen i USA under tidsperioden 1870 - 1980.

B. Produktionen av syntetiska klorerade organiska ämnen i USA under tidsperioden 1870 - 1980.

C. Totalkoncentrationen av dioxiner och dibenzofuraner i 4 olika sedimentprover från Lake Huron i USA svarande mot sedimentavlagringar under tidsperioden 1870 - 1980.

Källa: J. Czuczwa och R. Hites, Environ. Sci. Technol. 18(1984)444

ar, fast de också innehåller fluor. Vi har tillsatser i bensin. Vi har ju blytillsatser och för att få bort blyavlagringar i motorn sätter vi till halogenföreningar. Det finns många sådana organiska klorkällor. Jag tror absolut det är möjligt att en skogsbrand nu använder luft som är mer kontaminerad än en skogsbrand för femtio år sedan. Men då är det ändå klororganiska föreningar som är orsaken och kanske inte så mycket natriumklorid, som man kan påvisa i träd.

- Göran Löfroth Jag tror nog att du är ute och cyklar här! Om vi tittar på klororganiska föreningar, så har vi faktiskt en naturlig produktion av klorerade metaner i en biologisk process. Tittar man på halter globalt eller regionalt, så är det de stora klororganiska komponenterna i luften. De har alltså funnits före oss.
- Thure Svensson Jag skulle önska att experterna talar om när det är teori, när det är hypotes och när det är ren spekulatión. Annars blir allting som om det vore Guds sanning. När Christoffer säger att det bildas oktaklorerade ämnen, som sedan bryts ned, är det en hypotes du har eller är det internationellt accepterade vetenskapliga fakta?
- Christoffer Rappe Det är en studie som vi har publicerat för sex år sedan, och så vitt jag vet är det ingen som har kritiserat den. Vi har andra data, som inte är publicerade. I varje fall för den termiska nedbrytningen av oktaklordioxin till bl a 2,3,7,8-tetraklordioxin har vi vetenskapliga belägg, som, såvitt jag vet, inte någon har kritiserat.
- Thure Svensson Jag har en följdfråga: Är bildningsmekanismen via radikal-mekanismer internationellt accepterad?
- Christoffer Rappe Jag sa, att det är den hypotes jag själv har. Jag använde ordet hypotes. Det är den hypotes jag själv för tillfället tycker är bäst.
- Thure Svensson Jag har sett liknande teorier i internationell litteratur också, och det var därför jag ville ställa frågan.
- Christoffer Rappe Ifall du tänker på reaktionsmönstret som finns i litteraturen (Hutzinger), så blir inget mera bevisat för att man ritar upp alla potentiella möjligheter. Valda delar där har vi bevis för, andra inte.
- Jan Johnsson Tydligt är det så att bildningsmönstren är mycket osäkra. Man kan ju fråga sig: Hur får vi dioxiner i biologiskt liv här i Sverige? Vi har förbränningen. Kan de komma till Sverige på annat vis? Jag tänker på livsmedel som importeras och som besprutats och på kemiska ämnen som vi själva använder.
- Christoffer Rappe Det är klart att den möjligheten finns. En bestämd isomer, som är nummer två i toxicitet bland "the dirty dozen",

1,2,3,7,8-pentaklordioxin, finns i alla biologiska prover vi har analyserat. Den finns inte rapporterad som förorening i något tekniskt preparat som skulle direkt kunna ha kontaminerat livsmedel eller biologiska prover. Den finns däremot som en ganska markant del i alla prover vi har analyserat från förbränningsanläggningar. För tillfället har vi ingen bättre förklaring till att vi finner denna speciella isomer i biologiska prover än att det finns ett samband mellan vad vi finner och olika typer av förbränningsanläggningar, inte minst sopförbränningsanläggningar.

Jan Johnsson Importerar vi dioxiner med t ex livsmedel?

Christoffer Rappe Vi håller på att analysera internationell ost. Vi har inte resultaten än. Ett bra sätt att få mjölk från olika länder, är att gå till ostdisken. Vi köpte ost ifrån så många länder vi kunde. Vi gör det inte bara för att vi tycker om ost utan därför att vi har funnit vissa ämnen i komjölk. Jag tror det finns dioxiner i livsmedel, framförallt då i mjölkprodukter och fisk.

Dessutom finns ju möjligheten av en långväga lufttransport. Intressanta försök har gjorts på sediment i en sjö som ligger i Isle Royal, som är en nationalpark i Lake Superior. Vi har analyserat fisk från samma sjö. Vi finner dibensofuraner i både fisken och i sedimenten i denna sjö, som ligger ungefär hundra kilometer från närmaste industriella bygd. Det visar i varje fall att dioxinerna är tillräckligt stabila för att klara en transport på några hundra kilometer. Därför kan vi också ha en bakgrund som kommer via lufttransport från andra länder.

Göran Löfroth Det är ju självklart nästan! Andra ämnen, som transporteras på samma sorts partiklar, överlever ju transporten.

Per Berg Jag vill inte släppa det här med bildning. Ni syntetiserar ju föreningarna. Under vilka betingelser gör ni det?

Christoffer Rappe Vi utgår ifrån bifenylysystem eller difenyletersystem. Dessa har vi byggt upp genom sekvenser av reaktioner för att i det sista steget knäppa ihop ringarna och då får vi antingen dioxin eller dibensofuran. Under detta arbete har vi, och även andra, noterat helt nya kemiska reaktioner. Mycket tidigare än väntat får vi en dioxin eller dibensofuran, vilket tyder på att dessa ämnen är termodynamiskt så stabila så att de kan bildas i reaktioner som vi organiska kemister inte känner till.

För framställningen använder vi en palladiumkatalysator. Syntetiskt gör vi alltså inte dioxinerna pyrolytiskt utan under kontrollerade reaktionsbetingelser.

Per Berg Du nämnde palladiumkatalysatorer. Har ni provat andra katalysatorer?

- Christoffer Rappe Vi har provat några andra. I de fallen gick det inte så bra. Jag vill minnas att vi hade någon Raney-nickel.
- Det som är intressant där är japanska arbeten som visar att ifall man har rostfritt stål med nickel och värmer kan man få ett ganska gott utbyte av dibensofuraner från PCB i en metallkatalyserad reaktion.
- Per Berg Jag ville bara ha klart här från början, att när ni syntetiserar så gör ni det under helt andra betingelser än vad vi kan förvänta oss i förbränningsanläggningarna.
- Christoffer Rappe Absolut! Det är delvis en säkerhetsåtgärd: Vi vill inte göra konventionell organisk kemi på klorerade dioxiner. Det är sådant man undviker. I sista steget tar vi 10 mg eller 1 mg och knäpper ihop och får en dioxin. Vi behöver ju bara milligram- eller mikrogrammängder.
- Jan Johnsson Vi har en åhörare som vill ställa en fråga. Vi brukar inte släppa in sådana. Låt oss pröva en gång.
- Björn Heed Jag heter Björn Heed och är från institutionen för Energiteknik. Vi står för storskalig förbränning. Stenkol, brun- kol och alla andra kolsorter innehåller vatten. Vintertid kan detta vatten frysa och det blir svårt att lasta och hantera kolet. Därför gör man normalt så att man saltar kolet med vägsalt. Jag undrar: Finns det anledning att misstänka att denna klortillförsel till bränslet kan vara skadlig med tanke på dioxinbildning?
- Christoffer Rappe Anledning att misstänka? Svar - ja! Kvantifiering är väl lite svårare.
- Göran Petersson Jag tycker att de kemiska förbränningsmekanismerna är väldigt centrala i det här sammanhanget, och jag skulle vilja fråga Jan Bergström: Ställer du upp på de hypoteser som Rappe har redogjort för eller vill du föra fram några alternativa hypoteser när det gäller de kemiska bildningsmekanismerna vid förbränning?
- Jan Bergström Jag har inte någon bättre förklaring. Jag är för dålig kemist för detta. Jag säger bara att det jag ser tekniskt från storskalig förbränning stämmer bra. Den här förklaringsgrunden ger goda möjligheter att beskriva de förlopp som vi ser i praktiken. Jag kan alltså se hur förbränningen kan orsaka att vi hittar dioxiner och dibensofuraner.
- Göran Petersson Så det mesta händer kemiskt i gasfas?
- Jan Bergström Nej, det vill jag däremot inte skriva under på att det nödvändigtvis är gasfasreaktioner. Så mycket vet vi ju inte.
- Vi var ju inne på katalysatorfunktioner och liknande. Jag vill nog hålla öppet för att det är mycket som kan hända

på ytor och i partiklar. Bildningsvägen över klorbensener, klorfenoler, och kanske många mellansteg fram till oktaklordioxin och oktaklordibensofuran som sedan dekloreras ställer jag upp på. Det finns mycket som talar för den.

Göran Petersson Jag tänker speciellt på bildningsmekanismer via klorradikaler. Det låter som om de förutsätter gasfas.

Christoffer Rappe Ja, vid bildningen av klorbensener. Sedan kan man tänka sig ytkatalyserade reaktioner. Det har påvisats att i varje fall när det gäller tetraklordioxin är det inte troligt att bildningen sker i gasfas. Jag har föreslagit att samma beräkningar utförs på oktaklordioxin för att se om den kan bildas i gasfas. Det kan ju finnas gasfasreaktioner i början och sedan ytkatalyserade reaktioner, och vi ser alltså summan av alltihop. Det kan också vara en växling mellan gasfas- och ytreaktioner.

Jan Bergström När vi för några år sedan talade om detta, var Christoffer Rappe relativt klar över att det behövdes vissa speciella klorerade föreningar som utgångsprodukter för dioxinbildning. Sedan har utvecklingen gått vidare och idag säger Christoffer Rappe att bildning är mindre sannolik för oorganiskt klor än organiskt klor. Jag ställer upp på detta. Det låter sunt. Det som är viktigt att veta när vi funderar på från vilka källor vi skall förvänta oss att hitta dioxiner är att vi har organiskt bundet klor i många källor. Det finns till exempel massor av kol med organiskt bundet klor. Jag menar att vi kan förvänta oss att hitta den här typen av föreningar från många olika typer av förbränning där vi ännu inte har gjort det, eller där man har väldigt lite material för att påstå att de finns.

Per Berg Vilka källor har egentligen påvisats för dioxiner och dibensofuraner? Var någonstans har ni varit ute och tagit prover? Kan jag få en uppräkningslista av ett antal typer av verksamheter, där man kan påvisa de här ämnena i någon form av utsläpp?

Christoffer Rappe Traditionellt har vi tillverkning av 2,4,5-triklorfenol från 1,2,4,5-tetraklorbensenen. Sedan har vi tillverkning av andra klorfenoler, antingen detta sker via hydrolys av klorbensener eller via klorering av fenol. De tekniska penta-, tetra- och triklorfenolerna kan framställas på bägge sätten. Dioxin-dibensofuranmönstret verkar vara lite olika mellan olika tillverkningsprocesser. Det finns bl a olika katalysatorer. BT-kemi hade till exempel en viss katalysator när de gjorde sina klorfenoler.

Dioxiner finns också i klorerade difenyletrar. Dessa används som pesticider, bl a som herbicider för risodlingar. En japansk studie visade att dioxinhalten var ganska höga, liksom i klorfenoler, där vi diskuterar halter om-

kring 100 - 1000 ppm. Dock kan man inte påvisa 2,3,7,8-tetraklorisomeren i de klorerade difenyletrarna. Detsamma gäller alla klorerade fenoler som vi analyserat. Vid en gräns på ungefär 0,5 ppb har vi inte kunnat finna 2,3,7,8-tetraklordioxin. Vi har under senaste tiden studerat produkter från USA, Tyskland, Japan och Kina. Den ena anläggningen efter den andra i Västvärlden stängs. Nu börjar man istället med produktion i Kina.

Vi har också produkter som har framställts från klorfenoler, t ex hexaklorofen som diskuterats ganska mycket.

PCB är ju klassisk som källa till dibensofuraner. Mängden i PCB varierar mellan 1 och 30 ppm. Vi har utvecklat en ny analysmetod för PCB. När vi studerade tyska PCB så visade det sig att det kanske var tio gånger mer dibensofuraner i Bayers Chlophen-produkter än vi tidigare trodde.

Sedan har vi alla pyrolytiska reaktioner som ger dioxinbildning från klorfenoler, framförallt klorfenolsalter och fenoxisyrer. Det verkar dock vara väldigt lågt utbyte från fenoxisyrestrar. Klorbensener och klorerade difenyletrar ger också dioxiner och kanske gäller det generellt alla kloraromatiska föreningar.

Så småningom började vi studera pyrolys av alifatiska föreningar. Det finns negativa data för koltetraklorid och kloroform. Jag tror de försöken bör återupprepas för att analysmetodiken var inte så bra som den är idag. Vi har nu börjat titta på PVC, hexakloretan och andra klorerade lösningsmedel. De duger som föregångare, prekursorer, till både dioxiner och dibensofuraner. Som jag sa tidigare är mönstren så snarlika att det är värt att uppmärksamma. En grupp från Naturvårdsverket har visat att också klorerade paraffiner kan omvandlas till (icke identifierade) dibensofuraner. Det har blivit en ändring: Jag tror man är på väg att säga att de flesta kloralifatiska föreningar kan ge upphov till dibensofuraner (främst) och dioxiner under pyrolytiska betingelser.

Per Berg

Pyrolytiska reaktioner tolkar jag som olika typer av förbränning. Kan någon av er kvantifiera utsläppen från dessa olika källor eller ange storleksordningar så att man kan rangordna dem?

Christoffer Rappe

Jag kan väl säga, att vi kan ha sopförbränningsanläggningar som är som SAKAB. Vi kan också ha en anläggning, där man eldar PVC-haltigt skrot, som är i storleksordningen som SAKAB i totalutsläpp.

Thure Svensson

Den enda källa, som man med säkerhet har påvisat, är sopförbränningsanläggningar. Sedan misstänker man många andra; kemisk industri, träprocessindustri och utlandet.

Det är alltid trevligt att kunna skylla på att allting kommer från utlandet. Det måste mätningar till för att få bevis. Till dess vi har sådana får man nog tala om hypoteser även om det är goda gissningar i många fall.

Spridning och omvandling

Jan Johnsson

Fortfarande känner jag tveksamhet när det gäller andra möjliga källor än sopförbränning. Jag tror vi skall försöka att ägna lite mer tid åt sådana källor, samtidigt som vi diskuterar hur dioxiner kan spridas från olika källor.

Jan Bergström

Jag skulle vilja peka på skillnaden mellan halter och utsläpp. När vi talar om dioxiner och dibensofuraner, arbetar vi med haltnivåer som är väldigt låga. Det betyder att det är först på senare år som vi har lärt oss att hitta de här komponenterna. Det innebär också helt naturligt att vi har börjat att söka dem i sådana källor där man först kunde förvänta dem. Hantering av miljöfarligt avfall och förbränning av miljöfarligt avfall har varit den först utpekade källan. Söken och I skolen i finna! Det gjorde man också. Det har länge varit bekant att man vid förbränning av vissa speciella högklorerade material får den här typen av föreningar.

Man har gått vidare och konstaterat att avfall innehåller klor, klorerat material, och man söker och finner låga, men distinkta halter av dioxiner från sopförbränning. Sedan har man då också gjort - vad skall jag kalla det - spridda icke-systematiska försök att gå vidare.

Jag minns så här i efterhand, med stort missnöje egentligen, den diskussion som föregick "Kol-Hälsa-Miljö"-utredningen. Där kommer vi in just på konsultens dilemma. Redan 1978 diskuterade jag de här problemen i samband med SAKAB-utredningen och koncessionsförhandlingen där då det gällde högklorerat avfall. Några år efteråt kom "Kol-Hälsa-Miljö"-utredningen, och i det sammanhanget var ju polycykliska aromatiska kolväten mycket intressanta. Jag försökte då också säga att skall vi satsa så mycket pengar, låt oss då också studera de klorerade aromatiska föreningarna. Trots att man hade fyrtio miljoner i budget ströks detta.

Sedan fann vi hela spektrumet av klorerade aromater (klorerade naftalener och klorbensener och liknande) när det inte brinner bra i samband med kolförbränning. Med den teknik som vi hade tillgänglig då kunde vi inte detektera några dioxiner eller dibensofuraner. Detta är en haltfråga. Jag kan för den skull inte säga att dålig kolförbränning är en mindre källa än dålig sopförbränning. Om vi eldar en miljon ton sopor med ett visst utsläpp av dioxiner och dibensofuraner, men i världen eldar några hundra miljoner ton kol med kanske hundra gånger lägre halt i rökgaserna, så blir ju utsläppet lika fullt detsamma. Det blir bara en fråga om i vilken grad som man sedan kan räkna med att

det i spridnings- och omvandlingsledet har betydelse att ämnena kommer ut i olika halter.

När vi går vidare till torv finner vi att klorhalten är lägre i torv än i avfall. Därför hittar vi också mycket lägre rökgashalter. Sedan är torven kanske litet homogenerare som bränsle, så att den är lättare att elda, och därför är det kanske bättre förbränningseffektivitet på de anläggningar vi har provat.

Min allmänna tes för ögonblicket är: Söken och I skolen finna! Jag tror att många verksamheter, som vi idag inte alls har studerat, kommer att ge oss skäl att i framtiden diskutera dioxiner och dibensofuraner så länge vi diskuterar deras förekomst och alltså inte halter. Väsentligt är att avgöra om det finns en trend i miljön att vi har ökande förekomst av dioxiner. Då är vi på väg att råka in i ett problem. Eller är det faktum att vi nu upptäcker dem på så många ställen bara är en följd av förbättrad analysteknik och av att vi har fokuserat intresset på dem. Det vet jag inte idag.

Christoffer Rappe

Jag håller helt med om att de nya källorna är värda att uppmärksamma. De data som finns i litteraturen är främst Hites' tidigare nämnda studier av sediment, som visar på att dioxiner började förekomma omkring 1937. Hites jämförde också i sin publikation med hur mycket kol som eldades i USA. Det visade sig att största mängden kol eldades före 1937. Det är mycket dålig parallellitet mellan hur mycket kol som har eldats och halterna i sedimenten.

En dansk undersökning visade att den samlade mängden av dioxiner från de fyrtiotal sopförbränningsanläggningar som då fanns i Danmark var 16 - 17 kg. Man använde ett visst ekvivalenttänkande och kom fram till att i storleksordningen 3 kg TCDD-ekvivalenter per år emitterades från de danska anläggningarna. Jag skulle kunna kritisera den här studien - de har kommit alldeles för högt. Jag nämner den bara därför att jag tycker det är intressant att jämföra dessa 3 kg med vad en canadensisk forskare frågade sig: Vad fordras för att ha jämvikt i Lake Ontario med de aktuella halterna? Han räknade på uppehållstid osv. För att fisken i Lake Ontario, som håller 10 ppt, skall vara i jämvikt, fordras det ett tillskott på 5 g per år till sjön. Mer än 5 g ansåg han ger en ökning och mindre än 5 g en minskning.

En mycket dålig skattning av de danska utsläppen säger 3 kg per år. Vi kan jämföra Östersjön med Lake Ontario. Det är i varje fall inte fel på någon tiopotens. Skall vi ha jämvikt behövs alltså 5 g. Det är då väldigt intressant att se om det finns en tidstrend eller inte. I Hites' sedimentstudie verkade uppgången komma fram till slutet på 60-talet.

Sedan verkar det ha jämnat ut sig. Kanske kan det bero på ökat intresse för miljövården i USA och Canada, men det är en annan sak. Det är alltså mycket små källor som kan påverka ett ekosystem, när vi diskuterar pg.

- Göran Löfroth Jag skulle vilja skjuta in en sak. Vi har en stor skillnad mellan de nordiska länderna när det gäller sopförbränning. Danmark och Sverige bränner mycket sopor. Vi har också hört att i Danmark kan det vara hemska anläggningar. I Finland och Norge bränner man lite hushållsavfall.
- Göran Petersson Jan Bergström nämnde "Kol-Hälsa-Miljö", som av någon anledning inte ville ta upp dioxinanalyser. Man frågar sig av vilken anledning för övrigt? Det finns fler projekt, där man skulle kunna tänka sig en inriktning mot dioxinanalyser. Naturvårdsverket har ett projektområde kallat "Luftföreningar i tätortsmiljö". Där vet jag att Göran Löfroth är inblandad. Vad jag förstår har man inom det projektet inte arbetat särskilt mycket med dioxinanalyser. Det borde ju vara ett viktigt problem i tätortsluft. Har du några kommentarer till varför dioxinerna har kommit bort i det sammanhanget?
- Göran Löfroth De har inte kommit bort, för vi kom på ett tidigt stadium fram till att det finns ämnen i luft som har receptoraffinitet. Det här projektet är lågfinansierat i förhållande till vad dioxinanalys kostar. Varje tiotusen kronors analys skulle vara ett knivhugg i ryggen på projektet. Det finns inte medel för att göra sådana analyser. Dioxiner borde ha varit ett projektområde lite tidigare i Sverige, kanske till och med före "Kol-Hälsa-Miljö".
- Göran Petersson Jag vill gå vidare med olika tänkbara källor. Man har diskuterat eventuell bildning från bilavgaser. Vi eldar papper som är klorblekt och därför bör innehålla en del klor. Vi har stekning av t ex fläsk med mycket salt (natriumklorid). I går hörde jag talas om eldning av stora mängder spillolja med ett klorinnehåll på flera procent. Är det så att här finns en massa dolda tänkbara källor som kanske tillsammans ger väldigt stora utsläpp?
- Christoffer Rappe Ja, jag är övertygad om att det finns många hittills okända källor. Du har nämnt några av dem. Man skulle kunna räkna upp ännu flera.
- Göran Petersson Vilka tror du är värst av dem som vi har nämnt och som man inte har studerat?
- Cristoffer Rappe Det blir spekulationer. Jag tycker man skall titta på var vi använder största mängden klor och sedan börja pricka av.
- Göran Löfroth Kopplat med förbränningseffektivitet något också då?
- Christoffer Rappe De enda tätortsluftstudier jag känner till är gjorda i Binghamton. Med anledning av problemet med "State Office Build-

ing" där, har "New York State Department of Health" utvecklat en luftprovtagare. Eftersom vi har en bättre analysmetodik än vad de har, analyserar vi proven. De tog prov ifrån byggnaden och de tog också vanlig luft från taket på en byggnad som låg i motvind från den aktuella byggnaden. I den vanliga tätortsluften hade vi ungefär 1 μg TCDD-ekvivalenter/ m^3 . Inuti byggnaden var det 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Eftersom just 14 var gränsvärde, var frågan ifall man skulle dra 1 från 14 och öppna byggnaden.

Dessa analyser visar att med den provtagningsmetodik som vi nu har, kan vi börja studera tätortsluft. Vi är involverade i ett analysprogram tillsammans med staden Hamburg, som har en del dioxinproblem, och de sätter nu upp luftprovtagare som vi har bytt oss till. Det är en mycket intressant frågeställning av ett annat slag än när det gäller biologiskt material.

Vi har också analyserat en serie prover åt amerikanska naturvårdsverket, EPA, i Chicago. Det intressanta var att präriejorden från sydvästra delen av Minnesota innehöll påvisbara mängder av framförallt hepta- och oktaklordioxiner. Storleksordningen var 60 ppt av oktaklordioxin i opåverkad jord. Jag tror att det är någonting som vi kanske kan ha som bakgrund i andra delar av den industrialiserade världen. Det finns alltså metodik, och det finns all anledning att börja göra analyser.

Det kanske mest intressanta i den tidigare diskuterade danska studien var jordprover på olika avstånd från en sopförbränningsanläggning. Nära anläggningen låg halterna på 150 eller 200 ppt och sedan klingade de av. När man kom nio kilometer bort uppmätte man 2000 ppt. Jag tror det säger mycket om problemet. Man följde alltså hur halterna klingade av från anläggningen. Sedan kom man till en punkt där halterna var åtminstone tio gånger högre. Man säger bara att det tydligen är en annan källa som inverkar.

- Göran Petersson Har man gjort någon analys på vanliga bilavgaser med bly och dikloretan i bensinen och jämfört med bilavgaser från bilar med katalytisk avgasrening utan klorinnehåll i drivmedlet?
- Christoffer Rappe För ett antal år sedan besökte jag Volvo och lyckades då diskutera detta. Vi fick två prover, ett från en diesebil och ett från en försöksbil för blyad bensin. "Dow" påstod att i bilavgaser (ljuddämparsot) fanns det dioxiner/dibensofuraner. Med den metodik vi då hade lyckades vi inte finna någonting. Det här provet har kommit bort. Jag har kontaktat Volvo igen, men trots deras ofantliga resurser skrev de i sitt brev att de inte hade pengar för att skaka en ljuddämpare och skicka sotet till oss.

- Göran Löfroth Får jag tillägga, att jag tror Volvo bara kan ta partikelprov, och det vore ingen nytta med det på bilavgaser.
- Christoffer Rappe Nej, men det som fanns i litteraturen var sotstudier.
- Göran Löfroth Det har gjorts analyser på luft i USA, två stora samlingsprover, i S:t Louis och Washington. Jag roade mig med att göra en överslagsberäkning. Summan tetra-, penta-, hexa- och heptaklordioxiner bestämdes. Jag fick fram att om man gör en uppskattning av de här städernas storlek och av meteorologiska faktorer, produceras det sammanlagt ungefär 100 g per år av dessa klordioxiner. Skulle den beräkningen vara rimlig för en 1 - 2 miljonersstad för att förklara de lufthalter som man har uppmätt? Samlingsproverna togs under mycket lång tid?
- Christoffer Rappe Mönstret där, såvitt jag kommer ihåg, påminner om pentaklorfenol, och eftersom pentaklorfenol tillverkas i S:t Louis, är det en intressant observation. Jag skulle vilja se analyser från andra städer än just S:t Louis och Washington utförda parallellt av flera olika grupper.
- Thure Svensson Här nämndes Naturvårdsverkets projekt "Luftföroreningar i tätortsmiljö" och varför man där inte studerat dioxinerna. Det pågår nu diskussion om en viss omprioritering mot dioxinfrågan.
- Göran Löfroth Ja, då kommer jag att behöva slå igen butiken!
- Thure Svensson Jag vill inte säga vad resultatet blir, för beslut är inte tagna ännu. Det är vad gruppen själv har kommit fram till.
- Ett tillägg om den danska undersökningen, som enbart bygger på väl tilltagna uppskattningar. I Miljöstyrelsen har man dragit slutsatsen av dessa uppskattningar och gör nu mätningar på de två största sopförbränningsverken för att få klarhet.
- Sedan tycker jag det är mycket viktigt att ytterligare understryka vad Jan sa. En sak är hur många nanogram som kommer ut per kubikmeter. Det viktiga är att få fram vad som kommer ut per tidsenhet och att få fram det årliga utsläppet. Det är bara det att vi har inte mätningar. Den 28 mars kommer den första mätningen från en sopförbränningsanläggning under normaldrift i och med att Umeåmätningarna presenteras.
- Olle Ramnäs Vi skall under den här rubriken diskutera omvandling också. Dioxiner och dibensofuraner är mycket persistenta. Vilken halveringstid har de? Anrikas de så att det blir mer och mer i miljön? Försvinner de och vilka omvandlingsmekanismer har man? Hur tänker man sig att de nedbryts?

Christoffer Rappe

De data som finns är lite förvirrande. För tidiga jordprover från Florida rapporterades en halveringstid på under ett år. Efterhand har andra analysmetoder kommit in i bilden och för tillfället pekar väl data på att halveringstiden i samma sandiga jord är 10 - 15 år. Jag har en känsla av att den här halveringstiden kommer att öka och öka.

Det är en markant skillnad i halveringstiden i biologiskt material. Här är det beroende på vilket djur man har och vilken dos man ger. Ger man höga doser - på smågnagare har man gjort en studie av TCDD med radioaktiv inmärkning - visar data på att halveringstiden rör sig om tre veckor till ett par månader. Större djur verkar ha längre halveringstid. Diverse förgiftningsfall i stall och ladugårdar där man haft pentaklorfenol har studerats. Hos nötkreatur kom man fram till att halveringstiden låg på, vill jag minnas, sex månader ungefär.

Det finns en undersökning av en enda apa som man har studerat i detta sammanhang. Analysen är gjord i Oregon och halveringstiden i apan var nära ett år. Då var det ganska låga doser. När det gäller humanprover är det svårt att göra systematiska studier. Man får analysera de olyckor som inträffat. I samband med förgiftningskatastrofen på Taiwan med PCB och dibensofuraner analyserade vi blod från samma individer med ett års mellanrum. Vi fick inte tag i fettprover den gången. Vi fann att under ett år så gick halterna av de mest toxiska penta- och hexaklordibensofuranerna - ned med ungefär 15%. Samtidigt vet vi att halten av heptaklordibensofuran samt hepta- och okta-klordioxin i svenska sågverksarbetares blod på ett år gick ned 80 - 90%.

Vi har också fått analysera ett fettprov från en av de tyska arbetare som exponerades 1953 i samband med olyckan i BASF:s fabrik. Vi har inte själva tagit provet. Jämför vi det med de prover vi har från Sverige, så visar det 40-faldigt högre halt. Om man antar att halveringstiden för apa gäller för människa, då skulle den här arbetaren för 30 år sedan ha haft omkring 5% dioxin; han har 100 ppt nu. Det är i varje fall omöjligt med ett års halveringstid. Jag tror att man för människan, när vi kommer ned i ppt-halter, har en halveringstid på mellan tre och fem år. Det finns inte några data. Vi kanske får mer data i samband med analys av Vietnam-veteraner. Vi är involverade i ett sådant projekt i staten New Jersey.

Från New Jersey skall vi nu få ett 30-tal prover, både fett och blod, som vi skall analysera under den närmaste 6-månadersperioden. Man har låtit de här killarna fasta i 48 timmar för att se om det påverkar blodhalten. Man har använt en ny nålbiopsimetod och tagit ut 6 - 10 g utan något större operativt ingrepp. Det skall bli väldigt intressant. Pro-

verna är kodade och vi vet inte någonting. Det skall vara tio Vietnamveteraner och tjugo kontroller. De tio skall faktiskt ha hört till dem som i Vietnam sprutade och pumpade och blandade "Agent Orange".

Göran Löfroth

Det ger ju ingen halveringstid, för då skall de följas i tio år.

Halveringstid är ju en sak. En annan sak är ekopersistensen i allmänhet och hur ämnena kommer till oss. I bägge fallen är det också skillnader mellan isomererna. Det är mycket stora skillnader på persistensen i olika system, även om man bara jämför de tolv mera giftiga isomererna.

Vi får också komma ihåg när du nämner vissa halveringsförlopp, att för de flesta isomererna, som har en rätt så hög persistens, ser man åtminstone två faser i nedbrytningen. Det gäller nästan oavsett dosen, men det är särskilt utpräglat vid högre dos. Det går rätt så snabbt i början, men sedan kommer den där halveringstiden, som man faktiskt måste räkna med i det långa loppet. Jag skulle vilja lägga den på år för de mera persistenta komponenterna.

Göran Petersson

Vad vet man om spridningen i näringskedjor? Jag undrar också: När man nu har begränsade analysresurser, kan man då utnyttja paralleller med vad som är känt om PCB när det gäller spridning i näringskedjor och i ekosystemen?

Christoffer Rappe

Jag tror inte det. Vi har analyserat komjölk från Schweiz. I utsläppen finns det ungefär hundra dioxin- och dibensofuran-komponenter. Kon har gått och betat rakt nedanför plymen. I komjölken finner vi bara tio komponenter, men de tillhör gruppen "the dirty dozen". För PCB är reduktionen inte lika markant. Jag tror man tappar kanske hälften. Här tappar vi 60 av 70 redan från röken till kon.

Det är precis samma mönster som vi har i Östersjön, i human fettvävnad och i modersmjölk. Tidigare trodde vi att vi tappade dessa isomerer i olika steg i näringskedjan. Vi behöver inte ha hjälp av näringskedjan och fiskarna. Det räcker med bara nedfallet. Nu kan ju kon vara ett specialfall - den har fyra magar. Därför skall vi tillsammans med Ulf Ahlborg ge en blandning av tjugo väl valda dibensofuran- och dioxinisomerer och faktiskt en bifenylen också till råtta, hamster och marsvin. Vi vill se om det sker samma snabba reduktion i dessa djur så att de icke-toxiska ämnen försvinner lika snabbt som mjölkanalyserna visar på. Är det så, kan vi inte dra paralleller med PCB, där vi fortfarande i den yttre miljön har 20 - 30 olika isomerer. Samtidigt vet vi att ungefär samma kloreringsmönster ger de stabila PCB-isomererna och de stabila dioxin- och dibensofuranisomererna. Det är när vi inte har två oklorerade

- kolatomer i bensenringarna intill varandra, dvs när det inte finns möjlighet till epoxidering.
- Göran Petersson Hur är det med de akvatiska näringskedjorna då? Är det likadant där, att man kan anta att dioxinerna inte sprids lika effektivt som PCB? Finns det kanske helt andra spridningsvägar som man inte har tänkt på förut?
- Christoffer Rappe Ja, i Hudsonfloden fann vi faktiskt en isomer som inte tillhör "the dirty dozen". Jag vill minnas det var 1,2,4,7,8-pentaklordibensofuran som fanns i en sköldpadda. Den dibensofuranen finns i sopförbränningsprodukterna, men fanns inte i komjölken. Vi fann den alltså i en sköldpadda som lever i bottensedimentet. Jag tror att i akvatisk miljö, för sedimentlevande varelser, finns det möjligheter för direktexponering via sedimenten. Det är annorlunda än i fallet med kon som äter av nedfallet. Där går det genom matkanalen.
- Göran Löfroth Jag skulle vilja påpeka en skillnad mellan PCB, DDT och de här ämnena. De är alla rätt så fettlösliga. Men dioxinerna har på grund av sin struktur en större affinitet till ytor, som jag tror gör att spridningsmönstret blir något annorlunda.
- Thure Svensson Komjölksundersökningarna är i och för sig intressanta. Min slutsats är att man bör analysera några fler prover innan man uttalar sig allt för mycket om trender.
- Man måste kanske observera att det finns rätt mycket av heptaklordioxinisomerer. En av dessa, 1,2,3,4,6,7,8-isomeren, är relativt toxisk. Kan vi vara säkra på att "the dirty dozen" skall vara tolv, eller skall det gå tretton på dussinet?
- Christoffer Rappe Det beror på om det är i Californien eller New York. I Californien är det tretton i dussinet och i New York är det tolv. Man stöder sig på olika biologiska data och olika modeller.
- Jan Johnsson Vad man saknar är mer systematiska undersökningar. Man tar det man tycker är intressant på olika håll. Det är väl bra att man har kontakter över hela världen, men man skulle vilja ha en systematisk undersökning för Sverige, där man verkligen frågar sig: Vad skall undersökas och hur skall det undersökas?
- Christoffer Rappe Ja, det kanske låter planlöst. Men hur skall man göra? När vi studerar modersmjölk, har vi velat ta med mödrar som för 25 - 30 år sedan registrerades på barnkliniken i Umeå som fiskallergiker. Vi har blivit kontaktade av en moder utanför Stockholm, som säger att hon är vegetarian och att hon själv odlar sina grönsaker. Hon lämnar en väldigt god

bild på vad hon äter. Vi har fått hennes mjölk. Skiljer hon sig från andra eller inte? Det är inget systematiskt. Men vad kan vi göra?

Jag har begärt i min ansökan till Naturvårdsverket att man skall sätta till en styrgrupp som skall hjälpa oss att välja ut vad som är intressant att undersöka. Jag tycker inte att det är bara vi kemister som skall göra det. Vi har ingen utbildning på att göra epidemiologiskt väl planlagda undersökningar. Hittills har man inte visat något intresse. Hittills har vi fått göra vad vi själva vill och har då kommit på det här med modersmjölken. Vi håller också på med ost och annat som vi själva tycker är intressant. Vi skulle vilja se en styrgrupp nationellt och kanske också internationellt.

När det gäller modersmjölk så ordnade WHO en konsultation, som det heter, i Holland i januari månad. Jag presenterade där de data vi hade, och man diskuterade situationen för modersmjölk allmänt. Man kom då fram till att framförallt när det gäller dioxiner och dibensofuraner så var halterna i modersmjölk mycket högre än vad man kunde anse tolerabelt. Detta möte uttalade ett allmänt önskemål om att i ett tiotal länder skulle ett tiotal prover analyseras så snart som möjligt. Då är frågan: Vem skall betala? WHO har inga pengar och vi har inga pengar för detta. Det finns ett intresse, och man kan också säga att det inom WHO säkert finns folk som kan lägga upp en sådan här studie. Sedan kommer det till själva genomförandet.

- Thure Svensson För sådana systematiska studier som ordföranden efterlyste är det ganska stora pengar det är frågan om. Här räcker inte Sverige. Vi har inte kapacitet, vare sig med laboratorium eller med hjärnor, utan här måste det till ett internationellt arbete. Det finns vissa trevare via OECD. Nackdelen är bara att det brukar gå långsamt när det gäller internationellt arbete. Men det är på gång.
- Per Berg Det förvånar mig lite att du så sent efterlyser en styrgrupp. Ni har ju en medicinsk fakultet i huset, och det skulle väl bara vara att gå över och intressera någon där att åtminstone vara med i planläggningen.
- Christoffer Rappe Jag uttryckte mig nog väldigt diffust. De trettio prover av fettbiopsier vi har analyserat i Umeå, har vi gjort i samarbete med Hardell, som är epidemiolog. Inom universitetet och de projekt vi har där, har vi den här styrningen och diskussionen. När det gäller just modersmjölk har vi det inte. Modersmjölken har vi gjort oplanerat. I vår studie av fettvävnad finns epidemiologer, onkologer och kirurger som har valt ut proverna. De står för hela planläggningen inom ett projekt stött av Arbetarskyddsfonden. Vad jag efterlyste var en samlad planering när det gäller t ex modersmjölk, komjölk, punktutsläpp osv.

Jan Johnsson

Vi får väl i alla fall konstatera att behovet av en planmässig undersökning verkar väldigt påtagligt. Det är klart att det kostar pengar, men man skulle ju kunna starta med att tala om hur man borde lägga upp en sådan undersökning och vad man borde undersöka för någonting. Man har en känsla av att åtgärder mot dioxinfaran också kan komma att kosta mycket pengar och därför helst bör baseras på systematiska undersökningar.

Miljö- och hälsoeffekter

- Jan Johnsson Vill Göran Löfroth berätta litet om vad man vet om hälsoeffekterna av dioxiner?
- Göran Löfroth Då måste man gå tillbaka till slutet av 60-talet, när en amerikansk forskare sprutade in hormoslyr i ägg och fick deformerade kycklingar. Det publicerades 1969. Då började den stora dioxindebatten. Därefter utvecklades renare preparat av 2,4,5-T. Lite senare upptäckte man dibensofuraner i PCB. Sedan kom den japanska olyckan och den i Taiwan. Fortfarande var analysmetoderna väldigt outvecklade, så det enda man tittade ordentligt efter på dioxinsidan var 2,3,7,8-TCDD. Effekterna man fann var bl a fosterskador i olika organismer. Det behövdes rätt så höga doser i förhållande till andra biologiska effekter. De andra biologiska effekter som man snabbt kom på var enzyminduktion. Det innebär att organismen uppvisar en förhöjd aktivitet av vissa enzymer. Oftast har enzymaktiviteten en lite annorlunda karaktär än normalt. Det här har sedan kopplats ihop med cancerframkallande verkan. Finns det några andra hälsoeffekter ni är intresserade av?
- Olle Ramnäs Ja, genotoxiska effekter allmänt.
- Göran Löfroth Jag var med om ett arbete rörande genotoxiska effekter redan från starten på tidigt 70-tal. Vi fick tillgång till lite TCDD, då det inte fanns så väldigt många välutvecklade metoder. Redan på den tiden använde vi Salmonellastammar för bakterietester, men vi gjorde det inte på det sätt som man gör idag. Det var tur, för annars hade vi inte sett någonting. Många som gjort försök senare påstår att vi inte kan ha haft rätt, men de har inte använt samma metodik. Vi kunde visa att det fanns en viss mutagen effekt. Vi kunde också lägga fram hypotesen att den beror på att den här molekylerna har en viss storlek - den passar in i genomet, i DNA, och kan ge en störning där. Det är inte den typ av genotoxisk effekt som vi talar om när någonting reagerar och kemiskt ändrar DNA, utan det här är en effekt av typ jämvikt. Vi kunde bara se den vid mycket höga halter. Dessutom måste det vara väldigt rena försöksystem, vilket man har missat när man senare har försökt att upprepa eller göra något liknande. De dioxiner man sätter till, fastnar lätt överallt. Att använda plastapparat är rena fånigheter om man håller på med dioxiner. Biologerna har plastskålar!
- Om man tittar i litteraturen på genetiska effekter, finns tabeller med plus och minus här och där, men man diskuterar inte. Som jag beskrivit så finns sannolikt för 2,3,7,8-TCDD en, vad man i vetenskapligt språk kallar,

interkalerande effekt. Andra dioxiner kan ha liknande effekter. Det har med strukturen att göra. Jag tror för övrigt att en liknande koppling kan finnas mellan molekylstruktur och s k receptoraffinitet.

Detta att dioxin interfererar någonstans på DNA/RNA-nivå kan vara ett skäl till missbildningar. Det är inte fråga om missbildningar som går vidare i generationer. Att ur de data som finns räkna fram några säkra doser tror jag är omöjligt. De doser som behövs i de system där man har effekt är ganska så höga.

Vid lägre doser på däggdjur har vi då enzyminduktion och affinitet till den specifika receptorn. Där skulle jag vilja säga att hela den toxikologiska utvärderingen av dioxinerna kommer, vad jag kan förutse, att baseras på användning av receptoraffinitet och enzyminduktion som kriterier.

Per Berg En stickfråga. Vilken typ av skador har man kunnat konstatera?

Göran Löfroth Det är speciellt skador på biokemiska förlopp. Sedan kan man ju få cellulära skador, organskador och kroppskador. Klorakne är troligen en följd av enzyminduktionen. Hela orsakskedjan tror jag ingen är kapabel att utreda.

Enzyminduktionen bör alltså också kopplas till uppkomsten av tumörer. Då skall man definiera de här ämnena såsom kocarcinogener/promotorer. De kan inte verka som initiatorer. Det innebär en stor och distinkt skillnad. För initiatorer räknar vi hela tiden med en dos-responskurva, som bara går ned till noll när dosen är noll. För kocarcinogener och promotorer har vi däremot en effekt som är noll även när dosen är över noll. Då är frågan vilken som är den högsta dos som inte ger någon effekt och vid vilken dos effekten kommer.

Jan Johnsson Det finns ofarliga halter?

Göran Löfroth Det skulle man vilja säga. Men då är frågan hur man skall göra de här beräkningarna. Det laboreras med allehanda modeller. Jag har inte fått tag i alla, och det uttrycks också kryptiskt hur man har gjort, får jag lov att säga. Ibland undrar man om de här tabellerna är hemliga papper. Jag tror att i de flesta fall har man nu, både internationellt och nationellt, lagt på säkerhetsfaktorer som är litet väl höga.

Thure Svensson Jag tänkte komma till säkerhetsfaktorerna. Det är ju så att man nu har fastställt ett tolerabelt intag för varje vuxen. I Danmark tycker man att det skall ligga på 5 pg per dag och kg kroppsvikt. Holländarna säger 4 pg, och tyskarna tar till ordentligt; de säger 1 pg. Schweizarna diskuterar

åtminstone för närvarande preliminärt 1 - 100 pg. Är de här värdena överhuvudtaget vettiga?

Göran Löfroth

Det ser ut som om alla egentligen har utgått från en enda cancerstudie som är gjord av Kociba (Kociba et al., Toxicol. Appl. Pharmacol. 46 (1978) 279). Genom att han använder sig av doser som skiljer sig från varandra med en faktor tio, kan man få värden som är nästan tio gånger för låga. Antag han har en viss dos som inte ger någon effekt. Om han hade råkat att hamna lite högre upp i sitt dosval, skulle allting kunnat bli nästan tio gånger högre.

Min allmänna bedömning är att man har varit väl konservativ, d v s väl försiktig och använt säkerhetsfaktorer på 1000 eller mera.

Det ser ju också ut som om människan - och vi har haft tillräckligt många olyckor för att dra slutsatser - är den minst känsliga kända djurarten.

Thure Svensson

Skulle du hellre förordade en säkerhetsfaktor på 10 eller kanske 1?

Göran Löfroth

Nej, inte 1, det skall man nog passa sig för. Den vanliga faktorn vi brukar använda ifrån djurförsök till människa är 10 x 10. Då skall jag säga att det man utgår ifrån här är alltför magert - det är för få testade doser - och det är också för få djurarter. Man bör inte välja marsvin som är de mest känsliga.

Thure Svensson

Dricker man t ex en liter av den schweiziska konsumtionskomjölken per dag är man uppe i 0,5 pg/kg kroppsvikt och dag.

Christoffer Rappe

Diskuterar man med Kociba själv, så säger han att det han observerat för dosen 1 ng/kg egentligen inte är tumörer. Det finns alltså även där en osäkerhet i tolkningen av Kocibas studie.

Jag skulle vilja säga, att om man väljer enzyminduktion som ett gott mått på effekter, då finns det andra väldigt intressanta isomerer. 2,3,6,7-tetraklordibensofuran har japanerna funnit vara väldigt aktiv när det gäller enzyminduktion. Den finner vi aldrig i biologiskt material, och då blir det inte så intressant. Den diskussionen kom upp i samband med Binghamton. Efter en längre diskussion beslöt man sig för att inte ta med denna dibensofuran, trots att den har en hög enzyminduktion. Den och 2,3,4,6,7-pentaklordibensofuranen står på någon slags väntelista. Vi har nu syntetiserat 10 mg av 2,3,6,7-tetraklordibensofuranen för att Ulf Ahlberg skall börja studera den. Vi tyckte att den var så intressant att den egentligen borde vara med.

- Göran Löfroth Jag har förstått att amerikanerna sneglar på enzyminduktion och receptoraffinitet, men de har en del andra tester också. Stämmer det inte riktigt, väntar de hellre.
- Christoffer Rappe Amerikanska EPAs studiegrupp anser väl ändå att man inte skall ha det här tröskelvärdet.
- Vi hade långa diskussioner när det gäller dricksvatten, då man måste ta med bioackumulationsfaktorn också. Även där valde man en stor säkerhetsmarginal. Man kom då fram till helt orealistiska värden. I varje fall om man jämför med modersmjölk eller med vanlig mejerimjök, där man ligger tio- till hundrafalt över.
- Göran Löfroth Amerikanerna är rent hopplösa när det gäller dos-responskurvor för cancer!
- Göran Petersson Jag vill komma in på jämförelsen med PCB när det gäller effekter också. Både PCB och dioxiner ger enzyminduktion och därmed troligen en påverkan på hormonbalansen. Då är vi inne på ekologiska effekter och beteendestörningar. Det är naturligtvis väldigt intressant när det gäller många djurarter och kanske när det gäller människan också. Kan det vara så att dioxinerna kan vara lika allvarliga ur den här aspekten som PCB eller kanske till och med värre?
- Göran Löfroth Vi vet ju inte absolut säkert mekanismen bakom faunaskador av PCB och DDT. Man tror att enzyminduktion spelar in, men halterna är höga och ligger på ungefär den nivå där man närmar sig nervskador. Dioxinhalterna är mycket lägre.
- Göran Petersson Vet man någonting om storleken när det gäller enzyminduktion av dioxiner i jämförelse med t ex PCB?
- Göran Löfroth Det är mycket möjligt att vi skulle kunna hitta miljöer där det i faunan har ansamlats så mycket dioxiner att de ger en enzyminduktion. Här behövs studier av emissioner och halter.
- Thure Svensson Jag tänkte fråga rakt på sak: Vad gör ni som är experter på det här när ni har kommit fram till att TDI-värdet antagligen är alldeles för konservativt? Kan man vänta sig att det blir en förändring av värdet, antingen genom er eller internationellt genom WHO? Skriver man upp TDI-värdet med en eller två tiopotenser, då kan man ju säga, att problemet inte var så farligt.
- Göran Löfroth Den här uppskrivningen brukar sällan ske genom forskare i första hand, utan det är politiskt-administrativa beslut. De flesta värden sätts när man vet halter. I det här fallet har det ju faktiskt kommit fram värden innan man visste särskilt mycket och man biter sig väl i tummen. Jag tror

- att själva forskningen bara kommer att ge anledning till successiva små förändringar.
- Thure Svensson Men det är ju ni som skall ge politikerna råd och råg i ryggen!
- Göran Löfroth Jag tror att du har missuppfattat vår betydelse. När det passar så används våra data, när det inte passar så används de inte.
- Jan Johnsson Man kommer kanske att fråga hur stora utsläppen är, hur mycket de kostar att reducera och hur mycket vi har råd med. Och så sätter man ett värde efter detta. Det är ju inte så sällsynt.
- Vad händer med människan? Det är viktigt. Hon får klorakne, men i övrigt kan man inte säga någonting. Varför är då det ena värdet bättre än det andra?
- Göran Löfroth Människan får inte levertumörer.
- Christoffer Rappe Det är intressant just det du säger. I Kocibastudien är det just levertumörer som är så att säga den toxikologiska slutpunkten. I alla uppföljningsstudier från olyckor som har skett, inklusive Seveso, diskuteras inte levertumörer. Har-dell diskuterar mjukdelssarkom. De enda som diskuterar levertumörer är vietnameserna.
- Göran Löfroth Levertumörer i djur är suspekta, mindre suspekta när det gäller råttor, och mycket suspekta när det gäller möss.
- Jan Johnsson Är de halter man har, när man kan konstatera skador på människor, mycket höga? Är det vi sysslar med i Sverige helt ofarligt?
- Christoffer Rappe Nej, dosen vid Yushu-katastrofen rör sig om mindre än 1 mg på hela människan, och offren är efter 15 år fortfarande väldigt sjuka. Då är ändå alla isomerer inräknade. Går man på "the dirty dozen" så är man nere, vill jag minnas, i 60 µg. Det var också en engångsdos och det var 60 µg på hela personen. Yushu-katastrofen är väl den som har visat de största effekterna, och där skedde upptaget tillsammans med maten. I de industriella katastroferna var det däremot hudexponering eller inandningsexponering.
- Thure Svensson För att undvika missuppfattning vill jag säga att jag absolut inte tycker att de här ämnena är helt ofarliga. Man ser visserligen inga akuta faror eller risker, men möjligen långsiktiga, vilket gör att man måste inse problemets allvar och inte får nonchalera det. Innebär detta att vi har lite tid på oss?
- Göran Löfroth Om det visar sig att de doser vi nu får ger skador, då finns det ingen återvändo. Det är som med barn till rökan-

de föräldrar. Skadorna uppstår när de sitter i vardagsrummet när mamma och pappa röker. Det är inte att vänta och se inte!

Jan Johnsson Man pratar ofta i sådana här sammanhang om vem som har bevisbördan. Man kan väl kanske konstatera så mycket, att det inte har visats att de utsläpp vi talar om här i Sverige är farliga. Å andra sidan är det inte bevisat att de är ofarliga. Var bör man lägga bevisbördan i en sådan situation?

Göran Löfroth Det är en uppgift för det medicinska-naturvetenskapliga området i första hand. Där har man ju kommit fram till att det finns risker. Så långt är man överens. Sedan går bollen alltid vidare till politisk/administrativ nivå. Avgörande är hela tiden, som jag ser det som forskare, ett tryck från allmänheten.

Göran Petersson Den här diskussionen blir som de flesta andra diskussioner om effekter begränsad till just de ämnen som man pratar om för dagen. Det är viktigt att också ta hänsyn till samverkande effekter med annat som vi utsätts för. Vad kan detta betyda när det gäller dioxinerna?

Göran Löfroth Vi vet att vi har en samling naturligt förekommande ämnen i t ex vegetabilier som är enzyminducerande. De är sådana att de bryts ned snabbt. Dioxinerna är däremot väldigt persistent. De ger ett konstant tryck med enzyminducering, när de väl har kommit upp i tillräckligt höga halter. Vi har ett mellanting i PAH, polycykliska aromatiska kolväten. Vi har nyligen hittat ett antal nitrerade PAH, som ligger minst i samma potensnivå som 2,3,7,8-TCDD. De är troligen inte lika persistenta. Vi får verkligen hoppas det.

I och med att vi har naturliga ämnen, som har en viss affinitet till receptorn - det är troligen flera receptorer - så finns det också molekylärbiologiska tankegångar om att dessa naturliga ämnen utgör ett skydd mot en kontinuerlig enzyminduktion. Genom en tävlan om vad som skall sätta sig på receptorn förhindras de mera persistenta dioxinerna att sätta sig fast permanent.

Jag kan väl tillägga, att i vanlig stadsluft finns det, räknat som receptoraffinitet i stort, oförklarliga mängder av dioxinliknande ämnen. Dessa okända ämnen motsvarar en ekvivalensnivå av 3 ng 2,3,7,8-TCDD/m³ luft. Hade vi den mängden TCDD i luften vore det allvarligt.

Christoffer Rappe Vi har ju möjligheten att det finns både synergistiska och additiva effekter.

Kanske finns också antisnergistiska effekter. Vi är med i en studie i USA. Vi och även andra har analyserat och

påvisat 2,3,7,8-tetraklordioxin i jorden. Det fanns väldigt mycket av andra isomerer, bl a tetraklordibensofuraner, men även oktaklordioxinen och oktaklordibensofuranen. Man gav letala doser räknat på TCDD till marsvin. Inget av försöksdjuren avled. Efteråt extraherade man jorden, satte till en känd mängd av enbart 2,3,7,8-tetraklordioxin, gav samma jord till försöksdjuren, och då dog sju av sju. Antingen har vi antisynnergistiska effekter eller också åldringsfenomen i jorden. Kanske binds dioxinerna så hårt till jorden att även om vi kemiskt sett kan påvisa dem i letala doser, så dör inte djuren.

Jan Johnsson Detta kan ju tyda på att dioxiner kan finnas i omgivningen men bundna så att varken människor eller djur skadas?

Christoffer Rappe Ja, och då är beräkningsmetoden med TCDD-ekvivalenter felaktig!

Jan Johnsson Det är ju också så, att just de höga halter, där man har påvisat risker, klingar av relativt snabbt. Då är vi tillbaka till att de halter vi diskuterar i Sverige kanske inte är giftiga. Det verkar förfärligt osäkert.

Christoffer Rappe Det är väldigt svårt för våra myndigheter att göra en toxikologisk bedömning av dioxiner på annat sätt än man gör vid andra toxikologiska bedömningar. Nämligen att utifrån djurstudier och med hjälp av säkerhetsfaktorer beräkna tolerabla dagliga doser. Som jag ser det är det mycket svårt att säga att på grund av att vi hamnar högt, så måste vi arbeta med en annan modell.

Jan Johnsson Är det inte ovanligt osäkert när det gäller dioxiner?

Christoffer Rappe Jag tror inte det.

Göran Löfroth Nej, det är inte mer osäkert än för många andra ämnen.

Avfallsförbränning – teknik och utsläpp

Jan Johnsson Ja, då skall vi gå över till dioxinproblemet vid sopförbränning. Vi börjar med bildning och mätningar, och diskuterar sedan spridningsvägar. Tekniska faktorerers inverkan vid sopförbränning blir väl därefter en central fråga.

Per Berg Jag skulle vilja börja med några klagörande frågor om mätningarna. Vid vilka typer av avfallsförbränning har mätningar gjorts? Var i förbränningsanläggningarna har dessa mätningar gjorts? Jag är intresserad av rökgaser, slaggsprodukter och rökgasreningsprodukter.

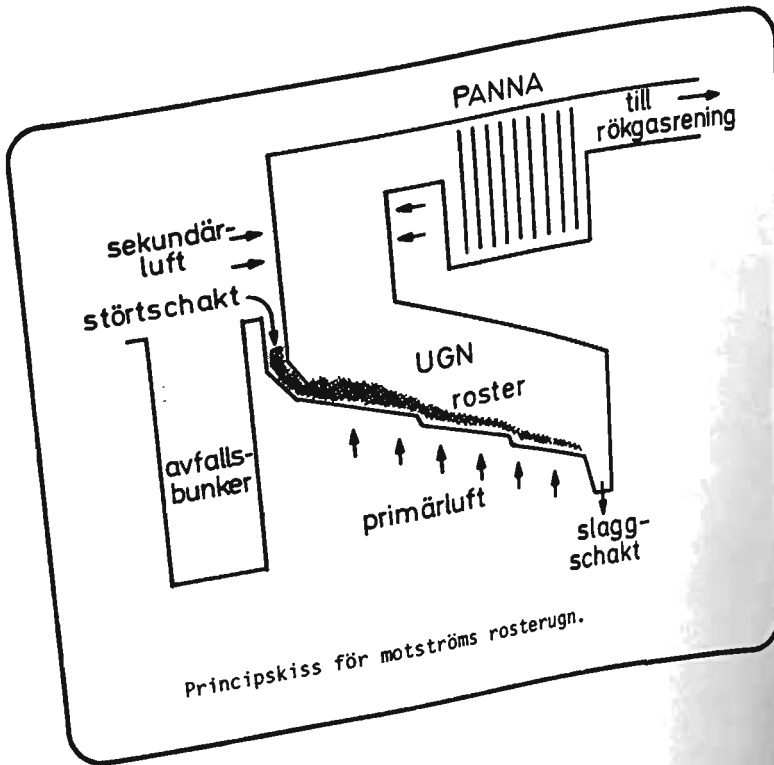
Jan Bergström De första prover där man påvisade dioxiner togs på flygaska. Det är lätt att få prover på flygaska från elektrofilter eller vilken typ av utrustning man nu har. Ute i världen finns många relativt sent publicerade undersökningar, som egentligen bara försöker visa samband mellan förbränningsförhållanden och vad man hittar i flygaskan.

Senare har man börjat utnyttja modernare provtagningsutrustning framtagen under 70-talet. Den var ursprungligen tänkt för polycykliska aromatiska kolväten från energiproduktionsanläggningar. Sådan provtagningsutrustning har utnyttjats för att ta prover på rengasen, alltså det som släpps ut. Vid sopförbränning tänker vi ju nu på energiproduktion med en ugn och en panna, där man sänker rökgastemperaturen. Då får man en rökgas, som brukar hålla 250^o C. Ett fåtal anläggningar kyler rökgaserna mera.

Vid italienska och amerikanska undersökningar, är det inte ovanligt att man saknar värmeåtervinning på anläggningarna. Det är fråga om ren destruktion. I dessa fall sprutar man på kallvatten i en skrubber och får snabbt ned den heta förbränningsgasen till låg temperatur. Vanligen blir rökgastemperaturen under 100^o C, och då har man tagit proverna vid denna temperatur.

Många undersökningar redovisar inte dessa förutsättningar klart. Det kan bero på att dioxiner och dibensofuraner hittills oftast har studerats av analytiker. Det är inte förbränningsfolket som har utfört studierna utan vid de flesta undersökningar är det analytiker som har fått proven. Det är därför ett besvärligt kapitel att tolka många av de uppgifter som finns.

Från senare tid finns det emellertid systematiska studier gjorda. Idag tror jag man kan göra bedömningen av sopför-



Klorinnehåll i svenskt hushållsavfall

Fraktion	Andel (%)	Klorhalt (%)
Komposterbart	35	1,1
därtill blöjor	6	0,5
Plaster	4	1,8
Papper	12	0,3
Övrigt brännbart	20	0,8
Glas	23	-
Metall		
Övrigt icke brännbart		

Källa: Lagerkvist och Karlsson, Integrerat transportsystem för källsorterat hushållsavfall, Högskolan i Luleå, 1983:28

bränningen relativt enhetlig. Jag menar då sopförbränning kopplad till energiproduktion. Ren destruktion är ju främmande för svenska förhållanden. Det förekommer bara i samband med några mindre ugnar för sjukhusavfall och liknande.

Alla våra egna provtagningar har vi gjort med en utrustning som filtrerar bort partiklarna vid en konstant temperatur. Vi har normalt valt 160^o C. Sedan kondenserar man gasen och fångar upp en del i kondensatet. Som sista fälla används en XAD-2-adsorbent för det som inte har kondenserat. Man analyserar vanligen allt som samlingsprov. Fördelningen mellan de tre posterna är provtagningsstyrd. Bortsett från SAKAB-undersökningen är alla våra prover tagna på rengas. Normalt sett är det ju utsläppen som man har frågat efter.

Per Berg

Nästa fråga gäller under vilka förhållanden de svenska proverna är tagna. Vad jag vet är de tagna under idealiska förhållanden vid trimmade anläggningar i de flesta fall. Den studie som har gjorts i Umeå, och som kommer att publiceras i dagarna, är en av de få där man har studerat en anläggning vid normaldrift. Avestaproverna var väl också tagna vid ganska normal drift. Man säger att man råkade få in något som skulle vara avvikande. Den typen av avvikelser – om det var blöta löv eller något liknande man råkade få in – förefaller normala.

Jan Bergström

Det där är en tendentiös beskrivning, som jag mycket starkt vill motsäga. Från DRÄV-undersökningarna finns det i och för sig bara två stycken prover, så jag vill inte framhäva analyserna som klarläggande för dioxinfrågan. Själva frågeställningen kring det här med trimmad eller icke trimmad anläggning är viktig. Vi har här i landet ett antal sopförbränningsanläggningar, som har gått ett flertal år. Det betyder att personalen har lärt sig att köra dem och skaffat sig hjälpmedel för att kontrollera driften.

Vid DRÄV-undersökningen har man bara hängt på utrustningen; inte styrutrustning, utan kontrollutrustning. Man har hängt på en datalogger, och sedan har vi under många veckor i följd gjort kontroller av hur driften varierar. Man har valt representativa anläggningar med goda driftsförhållanden men inte särskilt intrimnade anläggningar. Det är inte frågan om att man har sagt: "Kör nu extra bra för nu skall vi prova".

I SYSAV-fallet har vi t ex arbetat tio veckor, då det har hängt extra utrustning i anläggningen. För personalen har det naturligtvis varit helt anonym utrustning; ett antal sladdar och ett antal extra instrument. Man har använt första veckan till att tala med personalen, t ex fråga: "När Du skruvar på det där spjället, då händer det här. Gör ni

så här normalt?" Under första veckan - det håller jag gärna med om - har man alltså, eftersom det funnits extra instrumentering, haft en diskussion med personalen om deras åtgärder var de rätta eller inte. Sedan har anläggningen gått i åtta till nio veckor till, och under den tiden har en stor mängd provtagningar utförts. Vid tre tillfällen under den tiden har även provtagningar på organiska ämnen utförts. Men personalen har inte haft någon information om provtagningsdag.

- Per Berg : Har den som tagit provet varit informerad om dataloggerns resultat när han tagit provet, och har provtagningsdagen varit bestämd i förväg?
- Jan Bergström Just i fallet med SYSAV har provtagningarna anpassats till att man skulle köra RDF under den vecka proverna togs, så man visste alltså vilken vecka det var. Det viktiga är att jag inte vet om anläggningen har gått sämre eller bättre än normalt när provet har tagits.
- Per Berg RDF (Refuse Derived Fuel) är alltså en fraktion brännbart material. Det utgörs till minst 70 % av papper och plaster. Återstoden, ca 30 %, är föroreningar, främst matavfall.
- Hur lång tid hade man på sig för att köra in sig på förbränning av RDF innan man tog prover i SYSAV?
- Jan Bergström SYSAV hade inte lagringsmöjlighet för långtidsdrift med RDF. Man har en liten separeringsanläggning jämfört med det totala avfallsflödet. Det betyder att RDF kunde köras max 48 timmar om jag minns rätt. Det blir naturligtvis också övergångsperioder i början och i slutet. Under en sådan 48-timmarsperiod har prov tagits. Av resultaten framgår att förbränningseffektiviteten var en smula sämre när man eldade RDF än när man eldade normalt avfall. Det beror på att RDF har en annan konsistens och därför fungerar lite annorlunda på rostern. Hade man kört en vecka så skulle man ha kunnat möta detta med bättre trimmad utrustning. I SYSAV-fallet har pannan alltså inte brunnit bättre när man eldade RDF. Det gäller inte heller i Linköpingsfallet. RDF fungerar nämligen i vissa avseenden mindre bra på den här typen av roster, som är avsedd för osorterat avfall. Rosterkonstruktionen har funnits och utvecklats ända sedan 50-talet eller något sådant. När man nu på senare år har ändrat bränslesammansättningen så radikalt, som man gör med RDF, fungerar rostern inte riktigt på samma sätt.
- Per Berg Har ni tagit prov från SYSAV enbart i samband med förbränningen av RDF? Jag tänker då på dioxiner och dibensofuraner.
- Jan Bergström Vi har tagit två mycket kortvariga stickprover över några timmar; ett från Linköping och ett från SYSAV. Vilket bränslet var, det vågar jag nu inte säga.

- Thure Svensson Enligt Naturvårdsverkets "PM över dioxinutsläpp vid avfallsförbränning" till koncessionsnämnden för miljöskydd i februari i år, utgjordes bränslet vid dioxinmätningarna från SYSAV av obehandlat normalt avfall.
- Jan Bergström Ja, vi tog tre prover totalt på organiska ämnen, och ett av dem har gått vidare till Rappe för analys.
- Per Berg Så att problemen med att köra RDF på SYSAV betyder inget för dioxinanalyserna?
- Jan Bergström Nej!
- Per Berg Under vilka förhållanden togs prover för dioxinanalys i Linköping? Det var uppenbarligen så att man eldade RDF där?
- Jan Bergström Ja, där eldade man RDF kontinuerligt under tre veckors tid. Det betyder att man naturligtvis inte hade samma intrimningsproblem; övergång mellan olika bränslen var inte aktuell. Där kan man säga att ugnen fungerade så bra som den kan med den bränslekonsistens som det här sorterade bränslet ger. Det är alltså mycket en fråga om hur bränslet sprids över rostern.
- Per Berg Har man i något av dessa fall gjort analyser av mängden ingående klor i anläggningen?
- Jan Bergström Inte mängden ingående klor, men mängden saltsyra i rökgasen.
- Per Berg Ja, men inte mängden klor i aska och flygaska samtidigt?
- Jan Bergström Jo, klorbalanser finns. Vi har i samband med de här försöken inte gjort något försök att bestämma vare sig klorid- eller klorhalt i avfallet och inte heller tungmetallinnehåll. Vi har istället studerat de mer homogena utgående flödena. Jag kan summera utgående flöden men inte ingående.
- Per Berg Kan man överhuvudtaget ställa upp något samband mellan mängderna klor som hanteras i en anläggning och bildningen av dioxiner och dibensofuraner?
- Jan Bergström Det finns inte tillräckligt underlag för att kunna göra detta för en enskild anläggning. Det finns några försök gjorda, där man medvetet har tillsatt PVC. Man har, tror jag, till och med tredubblat halten PVC i avfallet, och man har ändå inte kunnat finna någon förändring av dioxin- och dibensofuranhalterna i utsläppen.
- Christoffer Rappe Dibensofuranerna mättes inte då - bara dioxiner! Och i rapporten nämns inget om bakgrundsvärden. Man såg ingen förhöjning, men man utgick från två stora värden för

en vanlig anläggning, som kan ge minneseffekter mm. Jag tycker att den rapporten säger väldigt litet.

Jan Bergström Då det gäller RDF innehåller det inte mindre klor än vanligt avfall. Det skulle ju vara tänkbart med skillnader för olika separerade avfall. Det blir i varje fall lika mycket saltsyra i rökgasen och i flygaskan när vi eldar RDF som när vi eldar oseparatorat.

Per Berg Det hänger samman med det separationsförfarande vi har. Tillverkning av RDF i Sverige sker på ett sådant sätt att man inte kan förvänta sig något annat resultat.

Jan Bergström Avfallsseparering har ju debatterats under lång tid. Det finns många tillstånd för verksamheter där man tänkt sig 100 % utsortering. Det som för dig och mig är tekniskt klart har inte varit tekniskt klart för våra tillståndsgivande myndigheter och lika litet för de som har köpt anläggningarna.

Per Berg Vi skall vänta med separationstekniken ett tag. Har det gjorts några analyser för virvelbäddspannor avseende dioxiner och dibensofuraner?

Jan Bergström De enda analyser som jag känner till på virvelbäddspannor är de som gjordes 1981 för Eksjö's bubblande fluidbädd. Man sa att förbränningen var jättebra och kallade dit oss för att mäta. Vi konstaterade att det i bästa fall var en "eldsvåda inom murade väggar".

Per Berg Jag vill minnas att när man flyttade syremätaren så fick man bättre kontroll på vad som pågick i pannan?

Jan Bergström Ja, det var ett av skälen till den dåliga styrningen.

Vad som hände 1981 på sommaren var att man samfällt konstaterat att det brann mycket bra i fluidbädden i Eksjö. Det skulle då innebära räddningen för den framtida sopförbränningen. Alla kommuner skulle naturligtvis skaffa sig fluidbäddar. Vi fick ett anslag ifrån STU för att åka dit och kontrollera. Vi kom dit och kunde omedelbart se att det var inte alls bra. Vi kunde inte bara åka hem, därför att anslaget gällde att visa att anläggningen var bra. Jag var tvungen att ta ut prov på den.

Jag är fullt medveten om att det provet, som togs i juni 1981, inverkat väldigt negativt för fluidbäddteknikens framtid. Naturligtvis fick sopförbränningen sig en stöt också. Man kan ju få vilka provresultat som helst för en anläggning, som inte brinner. Ändå kunde jag inte bara komma hem och påstå att det inte stod rätt till. Då hade jag inte blivit trodd. Jag måste ha bevis.

Sedan gjordes omfattande ombyggnader och förändringar i driften. Framåt oktober konstaterade man att förhållandena hade förbättrats radikalt jämfört med juniresultaten. Fortfarande är naturligtvis bubblande fluidbäddar och avfall ingen bra kombination. Eksjöanläggningen var inte heller efter förbättringarna så särdeles bra.

Även om det inte upptäcktes någon dioxin i höstproverna, så visst fanns det dioxiner i rökgasen. Det är bara det att vi hade förbättrat förbränningen, så att halterna var nedpressade under den detektionsgräns som vi i Studsvik då hade.

Per Berg Har det gjorts mätningar i någon virvelbäddsanläggning med modern analysteknik?

Thure Svensson I Sundsvall mäter man efter påsk -85, om man får i ordning pannan.

Jan Bergström Då skall man veta att anläggningen i Sundsvall tekniskt sett inte kan jämföras med den i Eksjö. Det är distinkta skillnader i tekniken mellan bubblande och cirkulerande fluidbäddar. Främst turbulensen är radikalt annorlunda.

I en bubblande fluidbädd har man just så hög lufthastighet att man får sandbädden att flyta, dvs fluidisera. Luftens hastighet får inte vara så hög, att bädden lyfter och försvinner. Det betyder att man har en maximal hastighet på förbränningsgasen, när den kommer upp ur bädden, på kanske tre meter per sekund. Kommer man över fyra eller fem meter per sekund, så försvinner bädden.

Det som däremot kännetecknar den cirkulerande bädden - den som finns i Sundsvall t ex - är just att man bygger den så att luften rör sig med sig bädden. Genom att man sedan återför materialet kontinuerligt får man en cirkulerande bädd.

När man har en förbränningsgashastighet på några få meter per sekund och sandbädden finns kvar på plats, då får man problem eftersom inblandningen av bränsle aldrig blir till 100 % homogen. Man får "paket" av förbränningsgas, som kommer upp ur bädden. Ett sådant "paket" har kanske syreunderskott samtidigt som ett annat bredvid har kraftigt syreöverskott. En förbränningsgas på 800^o C är högviskös och seg och blandar sig inte lätt. Det betyder att det behövs en kraftig turbulens, stor kraft, för att få de två gaspaketen att verkligen i stor utsträckning blandas vid passagen genom fribordet. Där ligger alltså begränsningen med en bubblande bädd. Man har inte byggt den för att åstadkomma stor turbulens, dvs god blandning av olika gasbubblor som kommer upp. Det heter ju också

bubblande bädd. Gasen bubblar upp ur bädden, ibland med syreöverskott och strax bredvid med luftunderskott. I den cirkulerande bädden kommer man undan detta dels genom högre hastighet generellt dels genom att bädden följer med; det blir alltså en mycket kraftigare turbulens. Det blir också en lokalt jämnare fördelad turbulens, även om viss obalans mellan ena och andra sidan av bädden fortfarande kan finnas.

Göran Petersson Då förstår jag att du har - även om det fortfarande saknas mätningar - ganska bestämda uppfattningar om hur man skall gradera de olika typerna av förbränning; de olika fluidiserande bäddarna och den vanliga rosterförbränningen?

Jan Bergström Ja, jag har ganska klara uppfattningar om hur jag skall gradera anläggningar. Jag uppfattar det så att det mindre är en fråga om ugnstyp än om hur ugnen är byggd och hur den körs.

Per Berg Man brukar karaktärisera förbränning med utgångspunkt från tre T:n - Temperatur, Turbulens och Tid. Under senare tid har vi tillfogat Tryck. Kan du ge en beskrivning av villkoren för dioxin- och dibensofuranbildning i avfallsförbränningsanläggningar utifrån dessa fyra variabler?

Jan Bergström När det gäller trycket finns det tekniskt sett idag bubblande bäddar som är satta under tryck. Det är givet att någon inverkan lär naturligtvis ett tryck på 20 bar ha på förbränningen. Min bedömning är att andra faktorer, dvs främst temperatur och turbulens blir klart dominerande.

Temperaturen är vid avfallsförbränning i bubblande bäddar en mycket kritisk faktor. Min erfarenhet är att man har ett mycket snävt temperaturintervall att arbeta inom. Vid för hög temperatur sintrar nämligen bädden, inte beroende på att sanden sintrar, utan på att avfallet ger en lågsmältande aska. Temperaturgränsen kan då variera - för olika avfall med olika sammansättning från t ex olika delar av landet. Detta styr vilket temperaturintervall man praktiskt kan arbeta inom för att få anläggningen att gå på bästa sätt.

Turbulensen tror jag också är en väldigt viktig faktor. Den kommer an på hur anläggningen är utförd; om den har rökgasåterföring, hur man tar in sekundär- och primärluft och hur man får flödena att balansera. Man måste titta på den enskilda anläggningen för att kunna göra någon bedömning.

Tiden är i praktiken fastlagd av anläggningens utformning och påverkas sedan bara av lastvariationer. Man utformar anläggningen för en viss uppehållstid.

I bäddar tror jag att uppehållstiden blir helt betydelselös av det enkla skälet att avfallets sammansättning ger en varierande andel fribordsförbränning. Ett avfall bestående av mycket fluffigt material kommer i viss mån, beroende på hur jag blandar in det i bädden, att ryka med och ge mycket fribordsförbränning. Det betyder att förbränningen från stund till stund flyttas i anläggningen, från att ske djupt nere i bädden till att ske långt upp i fribordet, där uppehållstiden för bränngasen sannolikt är väldigt kort.

Per Berg

Det är detta som är intressant. För att förbränna avfall i en fluidiserad bädd skall man ha ett väldigt homogent material, som har aerodynamiska egenskaper liknande sandens. Annars riskerar man att radikalt förminska gasuppehållstiden från det att materialet förgasas till det att oxidationsprodukterna lämnar anläggningen. Jag undrar: Riskerar man att komma ned till enstaka tiondelar av en sekund som gasuppehållstid för delar av materialet?

Jan Bergström

Ja, men jag har inget entydigt svar i dag på om detta är negativt eller positivt. Jag skulle faktiskt vilja säga att jag har goda argument för att säga att kort uppehållstid är lika gynnsam som lång. Det beror på att utsläppen av dioxiner och dibensofuraner från en förbränningsanläggning är summan av bildning och nedbrytning. Om vi förutsätter att bildning måste ske, så blir det självklart väsentligt att ha lång uppehållstid för att bryta ned bildade dioxiner och dibensofuraner. Om vi genom kort uppehållstid undviker bildningen, kan detta vara en bättre lösning.

Jan Johnsson

Har du praktiska försök som stöder detta?

Jan Bergström

Nej, det har jag inte. Det är konsekvenser av hur anläggningar fungerar i praktiken. Som stöd för detta skulle jag vilja hänvisa till en anläggning, som Christoffer och jag har pratat om vid några tillfällen. Vid Norsk Hydro (f d Kema-Nord) i Stenungsund finns en förbränningsanläggning för högklorerat avfall, s k VCM-tjära. Detta bränsle, om vi skall kalla det bränsle, innehåller 50 % klor. Mätresultat därifrån finns beskrivna i en officiell rapport som finns i koncessionsnämndens handlingar. Jag har själv skrivit den. I och för sig undersöktes väldigt få prov. Det frapperande med resultaten är att den ugnen inte ger samma spektrum av dioxiner och dibensofuraner som vanlig sopförbränning. Det finns väsentligt större andel av oktaklorföreningarna.

Christoffer Rappe

Det finns mer lågklorerade ämnen från förbränningen av rökfacklan med hexakloretan än från VCM-tjäran. Jan och jag spekulerade över att just den korta uppehållstiden skulle kunna förhindra nedbrytning av oktaklorföreningarna till de farliga tetra- och pentaklorisomererna.

Jan Bergström

Vad som skiljer den anläggningen från andra som vi studerat är den korta uppehållstiden. Naturligtvis skall vi också säga att det är flytande bränsle, som förs in med brännare. Därigenom undviker man säkerligen i ganska stor utsträckning just reducerande zoner; i varje fall mycket bättre än vad man kan göra i rostugnar och fluidbäddar.

Per Berg

Skillnaden är väl främst homogeniteten som ju inte finns för avfall. Karaktäristiskt för avfall är just dess inhomogenitet. Det är väl det minst homogena material man kan tänka sig, speciellt så som det stuvats in i en förbränningsanläggning, där man dessutom blandar flera olika typer av avfall. Det kan vara hushållsavfall, industriavfall, eller i stort sett vad som helst. Det enda dessa material har gemensamt är att de råkat föras till anläggningen på ett eller annat sätt. Skälet brukar vara att någon vill bli kvitt det hela. Därvidlag vill jag påstå att våra avfallsförbränningsanläggningar, även om vi tar ut lite energi ur dem, i första hand är destruktionsanläggningar.

Jag mår för övrigt illa varje gång ni kallar avfall för bränsle, vilket det sannerligen inte är! I bästa fall är det brännbart material. Bränsle är det sannerligen inte.

Nästa fråga är vad inhomogeniteten i avfallet har för betydelse för dioxinbildningen? Kan man påvisa att t ex RDF, som i sammanhanget är ganska homogent, skulle vara lättare att förbränna utan dioxin- och dibensofuranbildning än normala säcksopor?

Jan Bergström

Svaret skulle vara ja om det vore så att man hade byggt anläggningar för att elda RDF. Det finns ingen anläggning byggd för RDF. Man har i och för sig på många håll sagt att man skall elda RDF. Vid upphandlingen har någon förr eller senare sagt: Om nu sorteringsanläggningen inte går, måste vi klara av att elda i alla fall. Så har det blivit en vanlig sopugn.

Det som finns idag på sopförbränningsidan är alltså ugnar som har anpassats genom "trial and error"-metoden under många år för att klara den samhällets baksida som soporna är. Dessa ugnar skall klara både gamla kylskåp, PVC, kablar och allt annat som kommer med. Man har naturligtvis anpassat anläggningarna för att få en jämn förbränning och för att få ut så mycket energi som möjligt.

Sedan har vi då nyligen konstaterat att rökgaserna även innehåller dioxiner. Givetvis fanns det tidigare ingen tanke på att begränsa dioxinutsläppen. Som anläggningarna ser ut i dag har jag inte någon förhoppning om att RDF skulle vara gynnsamt. Det är istället så att just genom "pusher"-funktionen och rostfunktionen är det lite svårare att hålla hög och jämn förbränningseffektivitet för RDF.

- Göran Petersson Jag skulle vilja försöka att ifrågasätta detta att en jämn fördelning av bränsle skulle vara att föredra, även om man nu lyckas få en bra konstruktion på ugnen. Förutsättningen för bildning av dioxiner är ju att man har klor, kanske företrädesvis organiskt klor, tillsammans med andra komponenter i bränslet. Kanske kan det vara så att det är en fördel att ha bränslet inhomogent. Då får man höga koncentrationer av klor på vissa ställen och höga koncentrationer av annat material på andra ställen där klor kanske saknas. Vid t ex en rosterförbränning så kanske totalresultatet kan bli gynnsamt genom att det inte finns rätt proportioner av klor i mikromiljöerna vid förbränningen?
- Jan Bergström Ja, det där kan jag inte motsäga i och för sig. Inhomogeniteten tror jag främst har betydelse i förhållande till luftflödet. Om anläggningen är rätt utrustad kommer luften jämt fördelad genom rosten, medan andelen brännbart bränsle inte alls behöver vara jämnt fördelat ens om det är volym- och massmässigt lika. En plåtburk fordrar inte alls samma syremängd för att brinna som t ex plast.
- Det man klart kan säga om klor är att man i SAKAB-anläggningen ser ett ganska tydligt samband mellan mängden kloraromater i rökgasen och klormängden i bränslet.
- Thure Svensson Jag vill gärna gå tillbaka till dioxinmätningarna i SYSAV i Malmö och Linköping och ställa en litet eldfängd fråga, eftersom vi håller på med sopförbränning.
- Naturvårdsverket säger i februari i år i sitt yttrande och PM till koncessionsnämnden för miljöskydd: "Dessa anläggningar var då intrimmade och optimerade och kördes på ett gynnsamt sätt". Det är avfalls- och återvinningsenheten vid tekniska avdelningen på Naturvårdsverket som står för det yttrandet. Det gäller alltså med hänsyn till mätningarna omfattande tre prov från SYSAV och två prov från Linköping.
- Miljökonsulterna i Studsvik analyserade dessa prov och fann att inga spår av klorerade dioxiner eller dibensofu₃raner kunde detekteras. Detektionsgränsen var 0,25 ng/m³. Samma prov från SYSAV och Linköping har senare analyserats vid Umeå universitet och resultaten återges i ovan nämnda PM från Naturvårdsverket.
- I SYSAV-fallet kommer man, om man räknar i TCDD-ekvivalenter (enl Eadon), fram till 0,4 ng/m³ trots att man där har en effektiv rökgasrening genom kalkinblåsning och elektro- och slangfilter. Linköping, som har ett vanligt elektrofilter, ligger på 0,3 ng/m³ för det ena provet och 0,8 ng/m³ för det andra. SAKAB, som också har mycket effektiv rökgasrening genom kalkinblåsning m m, ligger på 2,8 ng/m³ som månadsmedelvärde under 1984 vill jag min-

Mätningar vid Ålidhemsverket i Umeå

Ålidhemsverket är en förbränningsanläggning för hushållsavfall i Umeå. Under november 1984 genomfördes en mätserie omfattande 17 rökgasprover samt 2 prov på flygaska och slagg. Inget speciellt urval av bränsle eller några andra extraordinära åtgärder vidtogs för att erhålla gynnsamma förbränningsbetingelser. Man försökte att efterlikna normaldrift så mycket som möjligt. Mätningarna utfördes vid en av två identiska avfallsugnslinjer.

En sammanfattning av mätningarna framgår av separat tabell. De högsta dioxinhalterna uppmättes vid uppeldningen. Eldning med stödoilja minskade väsentligt utsläppen under uppeldningen. Vid normalförbränning påverkades inte dioxinmissionen av eldning med stödoilja. En sänkning av ugnstemperaturen med ca 200^o C ändrade inte dioxinutsläppen. Detta kan ha berott på förekomsten av kalla stråk i ugnen vid normalförbränning. I dessa kalla stråk tror man den största dioxinmängden bildas.

Elektrofiltrets förmåga att avskilja dioxiner var minimal. Antingen lossnade dioxinerna från partiklarna på filtret eller också satt dioxinerna bundna på de små partiklar som ej avskiljdes av filtret.

Den totala dioxinmissionen från Ålidhemsverket beräknas vara ca 4g/år vid en eldning av 65.000 ton hushållsavfall/år.

Ovanstående material samt tabellen har hämtats från rapporten "Rökgasmätningar vid avfallsförbränning vid Ålidhemsverken i Umeå". Rapporten beräknas utkomma under sommaren 1985 och kan beställas från Umeå Energiverk.

Medelvärden av dioxinutsläpp (TCDD-ekvivalenter) från
mätningar i november 1984 vid Alidhemsverken i Umeå

	ugns- temp. °C	dioxinhalt i rökgasen ^b		
		ng/m ³ ^c	µg/h	µg/ton bränsle
normaldrift	790	10	255	70
normaldrift med 20-40% bränslekross	760	10	284	53
drift vid låg ugnstemperatur	530	11	154	64
drift vid låg ugnstemperatur och med stödoilja	630	10	189	68
uppeldning (fas 2)	-	54	1070	411
uppeldning med stödoilja	-	12	302	144
nedeidning	-	9	407	-
SAKAB ^d	-	2,8 ^e	74 ^e	18 ^e

- a) Medelvärde av högsta och lägsta temperatur för flera provserier.
b) TCDD-ekvivalenter enligt Eadon.
c) Normalkubikmeter torr gas med 10% CO₂.
d) Medelvärde från SAKAB:s anläggning i Norrtorp under mars-april 1984.
e) Bidrag från hexaklordioxiner och hexaklordibensofuraner ingår ej.

nas. Motsvarande värde för två prov från Avestas avfallsförbränningsanläggning ligger på 84 respektive 40 ng/m³.

Då kommer jag till min fråga. Kan man anse att de här proven från Malmö och Linköping överhuvudtaget är verklighetstroga och representativa för utsläppen från de två anläggningarna? Jag vill ha svar både från Jan och från Christoffer.

- Jan Bergström : Jag uppfattar dem som representativa för förbränningen vid mättillfället. Jag vill inte säga, att de är representativa för svensk sopförbränning. Det är helt omöjligt.
- Thure Svensson : Men om vi håller oss till dessa två ugnar?
- Jan Bergström : För ugnarna i Linköping och i SYSAV, ser jag ingenting som motsäger att de i normalfallet ligger med de här utsläppen. De var inte trimmade för tillfället, men de körs trimmade som energiproduktionsanläggningar för att krama ut det bästa möjliga ur "bränslet". Optimering ur energiproduktionssynpunkt är liktydig med optimering för effektiv förbränning.
- Thure Svensson : Kan jag få ett litet kortare svar? Är de här mätvärdena representativa för utsläppen i dag i de två anläggningarna?
- Jan Bergström : Ja, det anser jag.
- Christoffer Rappe : Jag skulle vilja se flera mätningar innan jag säger att resultatet är generellt giltiga. Det verkar vara en väldigt stor variation mellan anläggningar. Frågan är hur nära farliga betingelser en anläggning ligger när den ger så här lågt värde? Jag flög över Linköping och såg ett svart lager som utgick ifrån anläggningen i den förhärskande vindriktningen. Det svarta täcket låg på snön, och sotnedfallet visar i varje fall att det har skett något annat än bra förbränning.
- Jan Bergström : Det är ju Leca (Svenska Leca AB)! Det här är en typ av debatt, som är ovärdig, i detta sammanhang. Det du kan se på marken är stoftnedfall, eller hur? Det är inte dioxiner!
- Gärstadverkets anläggning är dimensionerad med elektrofilter för stoftutsläpp lägre än 50 mg/m³. Jag skulle kunna ta gift på att utsläpp över 300 mg/m³ icke har förekommit sedan anläggningen startade. Däremot kan det mycket väl vara så att man överskridit 50 mg/m³, det håller jag med om. På några hundra meters avstånd råkar det stå tre stycken Leca-ugnar, som ännu inte har fått några hårda villkor på stoftutsläpp och som dessutom har en dammande tillverkning. Jag förstår mycket väl att man ser utbredningen ifrån Gärstadverket. Det är en lokaliseringsfråga.

- Jan Johnsson Hur känslig är egentligen en sådan här anläggning för störningar? Som du säger Jan, så försöker man köra den trimmad så effektivt som möjligt. Det är en naturlig strävan, men man kan ju inte hålla den nivån hela tiden. Anläggningens miljöfarlighet beror kanske mest på vad som händer ibland när det är semesterar och det kommer in vikarier och när olika komponenter inte fungerar och när man sätter dem bak och fram och allt vad man kan göra. Detta skall väl räknas in i normala förhållanden? I och för sig är det väl rätt när du säger att man inte hade manipulerat anläggningarna, men man skötte dem å andra sidan mönstergillt.
- Jan Bergström Jo, men vem investerar flera hundra miljoner i anläggningar för att sedan inte sköta dem mönstergillt?
- Jan Johnsson Men du vet, så fort människor är inkopplade så händer då och då någonting, de vrider på fel ventil eller fel knapp eller något sådant, och då kommer det ut skit!
- Thure Svensson En trendfråga. I Linköpingfallet gjordes prov med RDF som "bränsle" och nu bränner man vanliga sopor. Anser du fortfarande att det är samma utsläppsnivåer, oavsett om man kör RDF eller vanliga sopor?
- Jan Bergström Ja, jag har inget argument för att säga att det skulle vara någon skillnad.
- Björn Heed Jag vill göra en kommentar angående virvelbäddsförbränning och det här med trimmade pannor. Virvelbäddsförbränning i den här stora skalan är så ny att vi inte vet ens hur vi skall trimma för bästa energiresultat ännu. Mätresultaten för olika typer av utsläpp från fluidbäddar är starkt spridda därför att vi inte vet hur anläggningarna skall köras.
- Sedan måste jag också undra över dioxinmätningarna vid sopförbränning. Här har talats om förbränning av RDF, som jag vill kalla ett bränsle, eftersom det är väl homogeniserat och torrt. Det är väl ganska vågat att därifrån dra några slutsatser om förbränning av våta, blandade och osorterade sopor. Sådana slutsatser med utgångspunkt från mätningar som är gjorda på RDF tycker jag är härresande.
- Thure Svensson I SAKAB-undersökningen, som är mycket omfattande i varje fall, har man visat att vid kalkinblåsning minskar utsläppen av dioxiner och dibensofuraner i rökgaserna med 50 %. SYSÄV kör med kalkinblåsning och Linköping med enbart elektrofilter. Båda ligger på samma utsläppsnivå. Verkar det riktigt?
- Jan Bergström Det är ju väsentliga skillnader i den teknik som tillämpas på de båda ställena. Den spridning eller variation som jag

förväntar mig mellan olika prov från en väl fungerande förbränning, kan svara mot en faktor 2, 3 eller 4. Det uppfattar jag fortfarande som samma värde. För SAKAB vid samtidig provtagning före och efter skrubber, har vi påvisat en avskiljning. Det föranleder mig inte att förvånas över annat resultat vid en helt annan typ av stoftavskiljning, som inte alls har samma temperatursänkning. Det är viktigt att SYSAV inte hade någon temperatursänkning vid rökgasreningen.

- Thure Svensson Vi skall komma ihåg att från myndigheternas sida är vi intresserade av normalutsläpp. I det ingår hur pannan faktiskt körs i daglig drift. Vid kontrolltillfällen körs alla anläggningar lite bättre än i vanliga fall.
- Jan Bergström Om det är myndighetens uppfattning, så skulle jag faktiskt vilja ifrågasätta myndigheten. Det måste naturligtvis vara så att om vi känner oro för ett utsläpp, skall vi förse anläggningen med sådana kontrollparametrar att vi kan begränsa utsläppet.
- Jan Johnsson Det händer olyckor oavsett hur mycket vi kontrollerar. Kanske behövs kontinuerliga prov under mycket lång tid, särskilt som vi egentligen inte vet vad det är för faktorer som påverkar och styr dioxin- och dibensofuranutsläppen.
- Christoffer Rappe Jag blev avbruten av Jan och fick inte riktigt svara färdigt på Thures tidigare fråga! Det finns tydligen en faktor på 200 mellan de lägsta värdena och de högsta värdena. Jag köper inte argumentet att de lägsta värdena är normaldrift, och att det alltid är någon olycklig omständighet när de är 200 eller 20.000 (holländska värden) gånger högre. Det är därför jag vill ha fler mätvärden.
- Jan Johnsson Du vet - olyckor ingår i normaldrift.
- Per Berg Jag har nått förbränningsanläggningarna "avfallsvägen" och är väl förtrogen med hur stora variationerna är där. Jag diskvalificerar fullständigt alla former av slutsatser ifrån dessa tre mätningar på anläggningar, som varit hårt trimmade med speciellt välinformerad personal. Jag stöder detta uttalande med Jans beskrivning av första veckan med analysinstrumenten inkopplade samt Naturvårdsverkets remissyttrande refererat av Thure. Det har gjorts en mätning på en anläggning under så kallade olyckliga förhållanden med värden som avviker avsevärt från de andra. Man har enbart gjort mätningar på den renade rökgasen, inkl. dess partiklar. Man har inte studerat värdet av kalkinblåsning vid SYSAV. Man vet inte vad affiniteten mellan dioxinerna och den ökade mängden partiklar vid kalkinblåsningen innebär.

Det finns alltså en hel rad nya frågetecken. Vad jag kan konstatera är att den stora spridningen i värden är till-

räckligt allvarlig för att man skall betrakta de högsta värdena som intressanta och inte de lägsta. Det har naturligtvis ett visst intresse att se att man kan pressa ner värdena, men jag skulle vilja se om det håller över en längre tid.

Jan Bergström har visat på någon form av samband mellan klorlast och klorerade dibensodioxiner för SAKAB-anläggningen. Spridningen är våldsam. Frågan är då: Hur ser det ut för en avfallsförbränningsanläggning? Jag vill ställa den frågan mot bakgrund av att japanska forskare mycket elegant visat hur natriumklorid spjälkas upp under katalys av kiselsyra och aluminiumtrioxid vid så låga temperaturer som under 700^o C. De har studerat vätekloridbildning som en indikation på hur natriumklorid spjälkas i ett labförsök. Då frågar man sig: Vad innebär närvaron av så mycket natriumklorid som finns i soporna för dioxinbildningen?

- Christoffer Rappe Det finns knappast data som går att tolka åt någotdera hållet. Till och med försöket med ökad tillsats av PVC anser jag är relativt värdelöst, eftersom man inte har dokumenterat vilka bakgrundsvärden man har. I en sådan ugn som då användes tror jag man har stora "minnes effekter" från tidigare "eskapader". Mig veterligt finns det inga data som kan ge svar på frågan.
- Per Berg Om man jämfört med normalt ökar mängden PVC i soporna till det dubbla, ökar klorinnehållet bara med 15-20%. Om man tog bort natriumkloriden skulle klorinnehållet i soporna åtminstone halveras.
- Christoffer Rappe Det är väl olika bud där. Jag var i Tyskland och där ansåg man att det kanske var en tredjedel av klorinnehållet som var natriumklorid, en tredjedel som var PVC och en tredjedel som man inte riktigt visste vad det var.
- Per Berg Det är Tyskland!
- Jan Bergström Jag uppfattar förekomsten av dioxiner och dibensofuraner som beroende av hur bra man har lyckats elda i det enskilda fallet. Om man eldar bättre, kommer man naturligtvis att åstadkomma en bättre slutförbränning. Kanske kan man till och med undvika pyrolyszoner så att man påverkar bildningen.
- För att sedan komma vidare tror jag vi måste arbeta med enkla modeller. Låt oss därför testa om det är så att klorlasten också är en tung faktor. Gäller liknande samband som för SAKAB, där vi har sett att i varje fall klorbensenerna är direkt relaterade till klorlasten? Jag håller helt med om att när man tittar på dibensofuran- och dioxinhalterna, blir det en väldigt stor spridning. För klorbensenerna är sambandet väsentligt bättre.

- Göran Löfroth Jag har här ett arbete (Lahaniatis et al, Chemosphere 10 (1981) 1321) som visar att de misstänkta prekursorerna, klorbensener och klorfenoler bildas när man eldar polyeten och natriumklorid i laboratorieförsök.
- Göran Petersson Bör man dela upp klorlasten i oorganiskt klor och organiskt klor. Skulle det vara intressantare att studera klorlasten på det sättet?
- Christoffer Rappe Det tycker jag. Jag tror att de organiska klorföreningarna är mera effektiva prekursorer än de oorganiska salterna.
- Per Berg Efter vad jag har förstått, är det oklart vart de dioxiner och dibensofuraner som bildas vid sopförbränning egentligen tar vägen. Vissa mängder går ut via rökgaserna och mäts som partikelbundet och gasformigt gemensamt i klump. I Sverige har det i varje fall inte gjorts några mätningar på både rökgaser och stoft och aska samtidigt i samma anläggning. Vilken spridningsväg är egentligen viktigast?
- Sedan har det sagts att vissa flygaskor har en tendens att binda de här ämnena hårt till sig. Skulle man då kunna rena rökgaserna ifrån dioxiner och dibensofuraner genom att höja partikelhalten, t ex som man gör i Malmö i deras våttorra kalkskrubber?
- Jan Bergström Den är helt torr - inte våttorr. Det är en helt annan teknik. Tekniskt korrekt kan du ju vara!
- Christoffer Rappe Den huvudsakligaste spridningen anser jag sker via luften. Jag anser att man för tillfället kan bortse ifrån spridning från deponier via urlakning. Anledningen är de erfarenheter vi gjorde vid Surahammarsbranden. Där fanns ganska mycket släckvatten. I ett prov av släckvatten med suspenderad aska hade vi av storleksordningen 10 ppt av dibensofuraner. När vi filtrerade genom ett mycket enkelt filter och sedan analyserade vattenfasen låg halten under 0,1 ppt, trots att den teoretiska vattenlösligheten för en tetraklordioxinisomer ligger på 200 ppt. Jag tror inte man löser ut dibensofuraner och dioxiner från t ex sotpartiklar med vatten. Därför har vi inget större deponiproblem. Jag tror att den spridningsväg vi behöver ta hänsyn till är spridning via luft.
- Det är också min övertygelse, att oberoende av om dioxinerna lämnar skorstenen i gasfas eller på partiklar, så är de efter en liten stund partikelbundna. Detta gäller när de blir så att säga ekologiskt intressanta; när de kommer ned till marken och när man bör ta hänsyn till dem i olika sammanhang. Det är därför kanske inte så intressant att lägga ned analyskapacitet på att bestämma ifall de är gasformiga under en viss tid. Bestäm totalhalten och räkna med att de sitter på småpartiklar när de sprids med luften ut i den yttre miljön.

Sedan har vi kanske också ett arbetsmiljöproblem i anläggningarna.

Jag vill tillägga att nästa vecka har vi resultaten från Umeåundersökningen klara med 17 eller 19 olika prover som är tagna under olika betingelser. Där har man analyserat både rökgaser, stoft och aska.

Göran Löfroth

Jag håller i stort sett med. Man skall ändå vara lite försiktig, därför att vi kan få vattenspridning via småpartiklar som vandrar med vattensystemen.

Christoffer Rappe

Jag sa, att det inte är något deponiproblem och då förutsätter jag att man lägger en deponi så att man inte får urlakning med partiklar.

Jan Bergström

Slutsatsen håller jag också med om, men det kan vara farligt att göra jämförelsen just med sot. Vid moderna sopförbränningsanläggningar är andelen oförbränt, andelen sot i flygaskan, väldigt liten. Sotet kan ju fungera som aktivt kol och därmed ha andra bindande egenskaper än vad partiklarna som man genererar vid sopförbränning har.

Jag tror ändå att dioxinerna binds hårt till partiklar. Det gäller för andra typer av organiska föreningar. Vi har ju haft en stående debatt om PAH under många år, om hur man på ett rättvisande sätt skall bestämma vad som finns i partiklarna från koleldade anläggningar. Samla ihop tio forskare som jobbar med den här analystekniken, och de har tio olika svar på hur man skall extrahera och få ut det rätta värdet.

Klart är alltså att flygaskpartiklar med stor effektiv yta har en stor affinitet till den här typen av föreningar och binder dem relativt hårt. Om man ökar partikelytan vid rökgasrening, t ex genom att blåsa in kalk, och samtidigt sänker temperaturen, så har man förutsättningar för att få adsorption.

Jag tror ändå inte vi får snegla på att lösa ett dioxinproblem genom att diskutera rökgasrening. Jag tror vi måste lösa det vid förbränningen. Försämrar vi förbränningen kan vi som jag upplever det, obehindrat få halten av de här komponenterna i rökgasen att snabbt öka med tio-potenser. Vid rökgasreningen har vi kanske 50,60 eller 70 % avskiljning. Det betyder att rökgasreningen för mig i varje fall mera blir ett skydd vid de tillfällen då det går snett vid förbränningen. Som jag ser det, är det alltså inte så att huvudåtgärden skall sättas in på rökgasrening.

Thure Svensson

Kan man diskutera så enkelspårigt att vi löser allting om vi ändrar pannorna och får förbränningen effektiv? Jag

tror att man får satsa på rökgasrening också. Eller menar du att om man bara sköter förbränningen supereffektivt, 24 timmar om dygnet, då blir utsläppen lika med noll.

Jan Bergström

Nej, inte lika med noll. Jag vill göra en direkt jämförelse med PAH. Ett forskarlarm om PAH kom 1978 och då började den stora PAH-debatten. Under ett par års tid hade vi en debatt som inte så särdeles mycket skiljer sig från den nuvarande dioxindebatten. Då konstaterade vi efter en tid att varje anläggning som sköttes kunde köras med PAH-utsläpp, som var mindre än säg $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Man valde i analys-tekniken att lägga detektionsgränsen vid $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Det betydde att efter en tid kom det bara mätningar som visade att man låg under den nivån när man eldade. Då glömdes debatten bort, men PAH har ju inte blivit mindre farligt sedan dess. Mitt problem som tekniker är att man i många anläggningar inte har genomfört några ytterligare åtgärder. Det betyder att utsläppen säkert är i huvudsak desamma i dag som de var på 70-talet.

Thure Svensson

Nu tycker jag att du använder lång tid för att köra rundgång. Jag är också intresserad av tidsaspekten. Hur många år tar det innan man har kommit fram till hur ugnen ska se ut och köras för att det skall stämma? För t ex kalkinblåsning behövs bara 1 à 2 år.

Jan Bergström

Jag håller med om att det går säkert att få säljare som åtar sig att leverera sådan utrustning snabbt. Jag skulle vilja se hur många år det tar att få den att fungera.

Det som är problemet här, är att vi enligt min uppfattning, fokuserar intresset på hjälpmedel. Vi komplicerar anläggningen genom att diskutera t ex kondensering. Det är fel att börja diskutera kondensering som teknik för att klara dioxinproblem, då vi i stället borde se till att utnyttja den nuvarande kunskapen om hur man uppnår effektiv förbränning. Den är inte utnyttjad. Därför tror jag att vi kan förändra förbränningen så att vi klarar de dioxinnivåer som krävs. Det är det jag vill ha sagt. Tala om för mig vilken halt av dioxiner som är godtagbar ur ekonomisk och hälsomässig synpunkt, så tror jag att man klarar detta i förbränningen och inte med rökgasrening.

Thure Svensson

Då löser du inte vad en Regering har sagt när det gäller SAKAB. Den sa noll!

Jan Bergström

Det är en feltolkning!

Per Berg

Jag håller med om att man skall lösa problemen i förbränningsanläggningen. Egentligen skulle man flytta lösningen ytterligare ett stycke. Man skall lösa problemet så nära källan som möjligt. Att bygga rökgasreningssystem är egentligen hokus pokus, eftersom man bara flyttar över

problemen. Hela förbränningstekniken är en slags överföring av problem. Soporna överförs till rökgaser och askor. När rökgasen börjar bli för besvärande skall man ha rökgasrening, och då får man produkter utifrån det. I bästa fall blir de fasta och i sämsta fall skall man kondensera och då får man en vätska. Räknar man den sammanlagda mängden som går ut från anläggningen, så är det i stort sett lika mycket som man tar in. Då frågar man sig vad det är för nytta med det hela?

Huvudfrågan blir: Är det realistiskt att vi kan förändra förbränningsförhållandena så radikalt och få så jämna förhållanden med nuvarande inleveranser av sopor att vi kan hålla dioxinvärdena på en acceptabelt låg nivå?

Jan Bergström

Ja, om du talar om vad som är en acceptabelt låg nivå. Varje kemist vet att det är mycket få reaktioner som går hundraprocentigt i en riktning. Jag har svårt att tro att någon, här i varje fall, skulle påstå att vi kan få ett dioxinutsläpp på noll. Det tror jag är en helt orealistisk tanke så länge vi har denna typ av material som innehåller klor, och där vi jobbar med teknisk förbränning.

Jag menar att det är en ekonomisk fråga hur bra förbränningen skall göras. Vi skall komma ihåg att bara för femton år sedan, skulle förbränningsanläggningar köras med, säg 0,1 - 0,2 % oförbränt i rökgasen, därför att det var gynnsammast. Sedan fick vi miljödebatten och vände på de här 0,1 procenten och konstaterade att det var 1.000 ppm. Då började vi säga: Vi skall inte köra med 1.000 ppm - vi skall köra med 100 ppm eller lägre. Sedan uppfann vi PAH som problem och siktade in oss på att ta ned halterna ännu mer så att de skulle bli ointressanta. Det är klart, att anläggningen blir dyrare att driva med de hårdare kraven.

Jag säger samma sak nu: Ge teknikerna besked om hur långt de kemiska reaktionerna skall drivas, så att halten av dioxiner och dibensofuraner kommer ned på det du kallar acceptabel nivå. Tala om det så åstadkommer vi förbränningsanläggningar som klarar detta. Det är då möjligt att de blir så dyra att någon annan teknik blir gynnsammare för avfallshantering. Jag upplever det nog så att vi har samma problem kring all förbränning. Jag tror att det här är den väg vi får gå så länge vi behöver förbränna.

Jan Johnsson

Man kommer kanske att göra så att man frågar: Om vi väljer den här nivån, vad kostar det? Det blir dyrt. Då tillåter vi en högre haltnivå!

Jan Bergström

Ja, det är möjligt att det är den pragmatiska verkligheten.

Jan Johnsson

Man kan ju inte tala om exakt vad som är hälsofarligt.

- Jan Bergström Precis! Då får man en motsvarighet till SAKAB-förhållandet. I stället för att säga att utsläppet skall vara noll, så säger man: Kör ett och ett halvt år och visa hur bra resultatet blir. Vi sätter gränsen därefter - underförstått.
- Thure Svensson Det har kommit ett gränsvärde, även om det inte klart kallas gränsvärde, genom Naturvårdsverkets PM till koncessionsnämnden. Jag vill hårdra det för att få fram lite debatt här. Man säger där att mätningarna av dioxiner vid avfallsförbränning visar stora variationer. Man säger också att det är klart att halter på 1_3 ng/m^3 , räknat som TCDD-ekvivalenter, och på $0,05 \text{ ng/m}^3$ för 2,3,7,8-tetraklordioxin kan uppnås idag vid de bästa anläggningarna. Läser man det här hårt, kan man säga att här föreslår Naturvårdsverket ett gränsvärde. Anser du att det finns någon sopförbränningsanläggning som klarar att hålla dessa värden under en längre tid i dag?
- Jan Bergström Nej, inte skulle jag råda någon att godta det som villkor!
- Per Berg Frågan är vad som är dagens teknik när det gäller en sopförbränningsanläggning. För det första har vi de gamla rosteranläggningarna, som till stor del är ett oxidationskemiskt kaos och blir det än mer ju blötare sopor vi lägger in och ju mer vi blandar. De flesta har elfilter, någon har slangfilter och någon har kaklinblåsning. Sedan har vi alla fluidbäddar. En del är avsedda att elda sopor i och vid andra funderar man över om man inte kunde hålla sopor i dem också. Man har tankar på att bygga kondensationsanläggningar, men ännu finns ingen i full skala.
- Om du säger att du skulle kunna lösa dioxinproblemet med dagens teknik, ingår naturligtvis rökgasreningstekniken. Man kan ju knappast bygga upp en förbränningsteknik utan behov av åtminstone stoftavskiljning. Med tanke på kravet att minska utsläppen av sura gaser behövs också någon form av neutralisering av rökgaserna. Det kan vara kalkinblåsning, vått, torrt eller våt-torrt. Hur det går till är inte så intressant. Var sätter du gränsen för din förbränningsteknik? Tänker du fixa allt i pannan?
- Jan Bergström Vi måste vara medvetna om att för svavel, klor och alla metallerna kommer vi alltid att behöva ha rökgasrening. Sedan är det bara att formulera utsläppskraven, så formulerar jag den fungerande anläggningen för rökgasrening.
- När det däremot gäller hela spektrumet av organiska föreningar, alltså oförbränt och produkter bildade vid förbränningen, då är det ett annat problem. Då är det avgörande vad som händer sekund för sekund i högttemperaturområdet främst, alltså i ugnen. Formulera kravet på vad vi det här året skall reducera, så vill jag påstå att det går att åstadkomma utrustningar för att möta det kravet. För den

- organiska sidan - nedbrytningsprodukter och bildade produkter - anser jag att problemet inte skall lösas med rökgasrening. Rökgasreningen kan däremot vara ett extra skydd i vissa lägen.
- Jan Johnsson Det måste vara riktigt, därför att även om man löser rökgasreningen så får man ändå det som avskiljs som restprodukter. Då får man rundgången som Per beskrev. Man bör alltså lösa problemet i själva förbränningen.
- Thure Svensson Om man kan det inom en rimlig framtid.
- Jan Johnsson Javisst. Men Jan säger att man kan det!
- Thure Svensson Ja, men det finns andra experter som har annan uppfattning.
- Göran Löfroth Under förmiddagen kom vi fram till att vi inte känner till alla källor. Jag vill gå tillbaka till de framförda tankarna om att bildningen kanske sker via oktaklorföreningar som sedan avkloreras. I de få analyser som finns från vedeldning hittar man i avskrap från skorstenar mycket oktaklorföreningar och litet av de andra. Det går bra ihop med teorin om kort uppehållstid vid hög temperatur. Det är just vad vi har i små vedugnar, där tiden är väldigt kort för avkloreringen. Jag tycker att allting börjar stämma och att man ser en klar bild.
- Vi får bara hoppas, att avkloreringen ute i naturen ger vänliga produkter. Rappes data tyder ju faktiskt på det.
- Vi måste verkligen hålla i minnet att det finns andra spridningskällor än sopförbränning.
- Christoffer Rappe Många av dem är ändå förbränningar av andra slag, och då är problemen närbesläktade.
- Göran Petersson Apropå teorierna om att man tappar kloratomer nämnde Jan Bergström exemplet från Norsk Hydro. Som en motpol finns ju SAKAB, där man har en mycket lång förbränningstid. Kan detta förhållande ligga bakom de dioxinproblem som man har haft vid SAKAB? Det kanske är en felaktig tanke som anläggningen i SAKAB bygger på, och som man skall vara väldigt försiktig med att överföra till sopförbränningsanläggningar?
- Jan Bergström Om uppehållstiden har den här inverkan, då är ur dioxinsynpunkt en SAKAB-anläggning, dvs den traditionella utformningen av förbränningsanläggningar, klart ogynnsam. Anläggningarna har ju inte kommit till ur den här synpunkten, utan för att kunna hantera fasta avfall i blandad form. Det är svårt att se hur man i förbränningsanläggningar skall kunna åstadkomma både att smälta ned 200-li-

ters fat och samtidigt ha kort uppehållstid. Det är liksom motstridande uppgifter. Det finns i SAKAB-materialet, så långt jag ser det nu, ingenting som talar emot tankegången att den långa uppehållstiden kanske är ogynnsam jämfört med en kortare uppehållstid.

- Göran Löfroth Om man har en god förbränning bildas det också lite. Om man startar från en låg nivå tror jag inte det betyder så mycket om dessa små mängder avkloreras.
- Christoffer Rappe Sedan har vi också det, att efter fyra kommer tre och två, och tri- och diklorföreningarna är inte så farliga.
- Per Berg Hur lång tid tar det innan man kommer dit?
- Christoffer Rappe Det är nästa steg. Det kan ju finnas en optimal tid för bildning av otrevligheter, och om tiden är kortare eller längre får vi de mindre farliga ämnena.
- Jan Bergström Om man låter den här tanken slå rot, ifrågasätter man det gamla argumentet: "Cementugnar: Jättebra - lång uppehållstid". Jag är faktiskt inte alls övertygad om att man bara kan säga att lång uppehållstid är fördelaktig.
- Jan Johnsson Problemet, när vi diskuterat allt det här, det är ju att åtgärder förutsätter att vi vet hur det praktiskt fungerar och vilka faktorer som bestämmer.
- Kan vi övergå till att diskutera spridningsvägar?
- Göran Petersson En viktig fråga är långdistansspridning i luft. Man har diskuterat att man kanske har samma problem med dioxinerna som med tungmetallerna och de försurande ämnena, dvs att spridning från land till land betyder ganska mycket. De fotokemiska rektionerna och den fotokemiska nedbrytningen är väldigt viktiga då. Rappe nämnde att det tydligen är så att kloratomerna i de farligaste positionerna bryts ned snabbast fotokemiskt?
- Christoffer Rappe Nej, studierna av de fotokemiska processerna är gjorda i lösning. Det är en helt annan situation än fotokemisk nedbrytning i fast fas eller gasfas, där det finns mycket få data. För en fotokemisk nedbrytning i lösning fordras en proton, för man skall ju ersätta en kloratom med ett väte.
- Lyckligtvis är det så att estrar av typen fenoxisyraestrar är en mycket bra protonkälla i lösning. Därför har vi kanske undsluppit ett dioxinproblem, som vi annars skulle fått från dioxinspridning med hormoslyr som var en ester.
- Vi vet mycket litet om vad som händer vid en fotokemisk nedbrytning av dioxiner bundna på partiklar. Där finns det inte någon effektiv protonkälla. Vi vet inte hur ljuset kommer till osv, och det är en helt annan typ av fotokemi.

- Göran Löfroth En långtransport tror jag säkert på, särskilt här i norra Europa. Under vissa årstider har vi faktiskt rätt så mörkt. Även om det är god fotokemisk aktivitet vid dagsljus, har vi 18 timmar på ett dygn när aktiviteten inte är så hög. Om ämnena sitter på en partikel, sitter de åtminstone delvis väl skyddade. Vi vet att PAH kan brytas ned fotokemiskt, men ändå har vi en långtransport av PAH från kontinenten som är bevisad flera gånger om. Tittar man på långtransporterade partiklar - ett lämpligt antal prover - kommer man att hitta dioxiner, om man har god detektionsförmåga. Det är det ingen diskussion om.
- Göran Petersson Reaktioner med hydroxidradikaler bör väl vara viktigast vid den fotokemiska nedbrytningen i luft. Nedbrytningen brukar alltid gå mycket snabbare när man har få kloratomer än när man har många. Man skulle misstänka att dioxinmönstret förskjuts genom nedbrytning i luft så att de högklorerade dioxinerna ökar i mängd jämfört med de lågklorerade?
- Christoffer Rappe Experimentella data i ett par artiklar från "Dow" tycks peka på motsatsen. Man har tagit prover på olika avstånd från en förbränningsanläggning och finner olika mönster som man tolkar som en avklorering.
- Göran Petersson Det förefaller egendomligt. Det är ju väl känt hur livslängden för enkla klorkolväten varierar. De som är högklorerade har en mycket längre halveringstid än de som innehåller bara en à två kloratomer. Jag tycker det borde vara logiskt att dra paralleller här gentemot dioxinerna.
- Jan Johnsson Vi förutsätter ju att de dioxiner och dibensofuraner, som vi har i rökgaserna från sopförbränningen, på något sätt är orsak till de dioxinhalter som vi mäter i modersmjölk och i sälar och på annat håll. Hur kommer de från det ena till det andra?
- Thure Svensson När det gäller lokala källor har vi en preliminär komjölksundersökning från Schweiz, som indikerar en geografisk variation, d v s högre dioxinhalter i mjölk från kor som betat i närheten av avfallsförbränningsanläggningar och liknande industrier. Dessa resultat är indikationer och det är fortfarande alltför få prover. Det behövs fler prover innan man kan få fram hur lokala källor bidrar.
- Göran Löfroth Även om man kan förklara dioxinförekomst i människa via komjolk och vissa lokala källor, tror jag det finns många andra spridningsvägar. Om partiklarna t ex hamnar i vattenmiljö, så har vi där partikelätande organismer, som sedan äts av högre organismer. Partiklar som kommit in i någon organism börjar att malas sönder, och vi får en "extraktion" av organiska ämnen. Detta är känt för många andra ämnen. Celler, djur och andra levande organismer är fak-

- tiskt rätt så bra extraktorer. De kan vara lika effektiva som en extraktion med toluen.
- Christoffer Rappe Det finns något försök som visar att muslunga var betydligt bättre än kemisten på att extrahera stoft.
- Göran Löfroth Vi har haft den här diskussionen för organiska ämnen på dieselpartiklar. Då kunde man visa att det inte är vatten som extraherar, utan lipidfaserna.
- Jan Johnsson Kan man få i sig dioxiner genom att andas luft?
- Göran Löfroth Ja, det är så klart. Tro då inte att bara för att dioxinerna sitter så väldigt hårt på stoft, så kommer de som har andats in stoftet inte att kunna ta upp ämnena. Använd i det här fallet den värsta modellen som är att man tar upp allt som man andas in. Just för dioxiner finns inga studier, men det finns för andra organiska ämnen.
- Vi får också komma ihåg att partiklar inte bara sitter där tills man spottar upp dem. Nu för tiden spottar för övrigt folk sällan upp partiklar utan man sväljer dem. De partiklar som inte går vägen upp genom svalget, går faktiskt in i kroppen via lymfan. Det ger en lång residenstid.
- Göran Petersson Spridningen till kor och komjölk sker tydligen genom att partiklar med dioxiner torr- eller våtdeponeras på gräs. Man anser väl att detta är den viktigaste spridningsvägen från sopförbränning till människan för närvarande. När nu dioxinerna hamnar på gräs i form av partiklar tvättas de kanske ganska lätt bort av regn? Det hade varit en annan sak om det rört sig om en direkt adsorption av gasformiga dioxiner.
- Göran Löfroth Uttvättningen med regn är faktiskt inte effektiv. Man har tittat närmare på det här i strålningsbiologiska sammanhang.
- Thure Svensson Jag tror det finns en undersökning som visar att regn betyder just ingenting.
- Christoffer Rappe Vi får inte glömma bort fisken. Halterna i fisk är oftast högre än i mejeriprodukter. För fisk har vi en långväga transport och en bioackumulation.
- Göran Löfroth Har ni gjort några studier av Västerhavsfisk?
- Christoffer Rappe Ja, den var betydligt bättre.
- Per Berg Det är viktigt att vi kan ta till vara dioxinernas hårda bindning till partiklar i en deponeringssituation. Vi kan tydligen vara ganska säkra på att vi inte flyttar över problemet så att vi får en deponi som sedan ligger och läcker dioxiner.

- Det stora problemet verkar vara dioxiner på partiklar som sprids med luften.
- Jan Johansson Är höga skorstenar ett problem?
- Per Berg Ja, man får lägre halter, och det blir svårare att spåra dioxinerna.
- Thure Svensson Man får en mer diffus spridning.
- Christoffer Rappe Det är viktigt att fastställa att det verkligen sker långväga transporter. Provtagningen är nog ganska enkel.
- Göran Löfroth Vi har provtagningsstationer i Sverige för långväga transporter, t ex Rörvik på Västkusten som drivs av IVL (Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning).
- Thure Svensson FOA har en lång serie partikelprover. De har hållit på i ungefär tio år att mäta radioaktivitet hos insamlade partiklar.
- Göran Petersson Här är väl provtagningsproblemen mycket stora. Man har ozon och kväveoxider och många andra reaktiva ämnen i atmosfären. De bör kunna ge en nedbrytning av dioxinerna när man nu måste suga mycket stora luftmängder genom någon typ av filter.
- Göran Löfroth Ja, då får man gå till den konventionella provtagning vi har när vi tittar på PAH och liknande ämnen. Man har en dygnsprovtagning på mellan 1.000 och 2.000 m³ luft. Under normala förhållanden, med inte alltför höga halter av ozon och kväveoxider, accepterar vi den. Vi får väl acceptera denna provtagning för dioxiner också tills någon kommer på en felaktighet.

Riskavfall och åtgärder

- Per Berg Jag skall börja med en enkel fråga, som sannolikt är svår att besvara. Finns det något samband mellan dosering av t ex impregnerat trä eller andra potentiellt miljöfarliga produkter i förbränningsanläggningarna och utsläppen av dioxiner?
- Christoffer Rappe Jag deltog i en undersökning i USA av en anläggning, där man hade bränt klorfenolhaltigt avfall. Där fann vi magnifika mängder dioxiner och dibensofuraner. Det intressanta var att vi fann dioxiner i askan men inte dibensofuraner. Förhållandet mellan dioxiner och dibensofuraner var ungefär 10:1 i rökgaserna, men i askan var förhållandet säg 100:1. Det var ingen parallellitet mellan dioxiner och dibensofuraner i askan och i de rökgasprover vi analyserade. Det tolkade vi så att dioxinerna är en direkt dimeriseringsprodukt, i detta fall från pentaklorfenol. Dibensofuraner bildas inte så att de kommer ned i askan utan mer i flammorna.
- Per Berg Det var alltså ingen vanlig avfallsförbränningsanläggning?
- Christoffer Rappe Det var ingen avfallsförbränning, utan mera riskavfall.
- Thure Svensson Kan man förklara dioxinutsläppen från sopförbränningsanläggningarnas skorstenar med att dioxiner redan finns i avfallet? Hur stor andel tror man i så fall destrueras? Eller är halterna vi uppmäter enbart ett resultat av att dioxinerna bildas under förbränningen?
- Christoffer Rappe Vi har tidigare diskuterat en kanadensisk undersökning. Mönstret av de dioxiner som fanns i avfallet och de man fann i utsläppen var ganska skilda. Kanadensarna drar i alla fall slutsatsen att merparten nybildas.
- Thure Svensson I den amerikanska sedimentundersökningen (Hites *et al.*, Science 226 (1984) 586) utesluter man väl att dioxinerna i sedimenten kan komma från skogsbränder och från läckage vid klorfenolframställning etc?
- Christoffer Rappe Jo, men sedan har vi en undersökning från "Dow", där man ser på slam från Chicagoutställningen 1933. Vad jag förstår är det ett klorerat slam. Studien visar bara att dioxiner bildats och att man i slammet hade prekursorer som kunde kloreras.
- Thure Svensson I en del publikationer utnämns PVC som syndabock för dioxinbildningen vid sopförbränning. Finns det vetenskapliga fakta som underbygger detta frånsatt att man har påvisat dioxinbildning vid pyrolys av PVC. Här gäller det ju en så komplex apparatur som en sopförbränningsugn?

- Christoffer Rappe Nej, inte annat än att mönstret vi ser från laboratorieför-
söken med PVC, och även med Saran (polyvinyldenklorid),
överensstämmer väldigt väl med det mönster på hexaklordi-
bensofuraner och pentaklordibensofuraner vi ser i en sop-
förbränningsanläggning. Mönstret blir likartat för flera
andra källor också. Det här skall alltså inte tolkas så att
jag säger att PVC är den enda källan, men det är en tänk-
bar källa.
- Thure Svensson PVC är med andra ord endast en klor-källa.
- Göran Löfroth Får jag ta upp ett riskavfall som man har glömt bort. Fram
till 1972 använde man PCB i självkopierande papper. Så-
dant användes mycket under 60-talet. Det hamnade då i
arkiv. De arkiven går definitivt inte till pappersbruk för
återanvändning. Man skyr dem som pesten, för PCB i en
massaanläggning skulle kunna gå till kartonger och där-
ifrån till matvaror. Sedan ett antal år finns det nu arkiv
från 50- och 60- och början av 70-talet som skall förstör-
as. Där har vi en potentiell risk. Ingen har kunnat svara
mig på vart dessa arkiv tar vägen! Det är ju fråga om
procentmängder av PCB i de där papperen.
- Thure Svensson Man skulle alltså få mycket höga dibensofuranhalter vid
förbränning.
- Göran Löfroth En skjuts någon gång då och då, ja.
- Göran Petersson Jag vill anknyta till PVC-diskussionen, nu när vi också
skall fundera på olika åtgärdsalternativ. Jag vill helt en-
kelt fråga: Motiverar de här problemen att man går över
till att klassa PVC som miljöfarligt avfall och övergår till
de speciella hanteringsrutiner som är förknippade med det?
- Christoffer Rappe Jag tror det är väldigt svårt för lekmannen att skilja mel-
lan PVC och polyeten. Som jag ser det så måste man då
behandla all plast som PVC.
- Göran Petersson Kanske kan man stämpla "PVC" på PVC-plast. Visst skulle
det vara möjligt att införa någon typ av märkning; åtmins-
tone för material som kvantitativt sett är betydelsefulla.
Därmed skulle man kunna underlätta en separering.
- Thure Svensson Om du följer den tanken fullt ut, måste du stämpla allting
som innehåller klor. Vi är fortfarande inne på att göra
PVC till någon speciell syndabock. Det är en kloreringskäl-
la; någonting som gör att det finns klor närvarande vid
förbränning. Det finns ju många andra saker. Sedan är jag
litet rädd att vi kan tro att vi har sådana befogenheter att
vi kan ändra helt och hållet på marknadskrafterna.
- Göran Petersson Nej, men det är ju faktiskt så att man klassificerar t ex
lösningsmedelsavfall som miljöfarligt avfall, och det är un-

gefär samma uppdelningssvårigheter där som när det gäller PVC. Jag tycker inte alls att det skulle vara omöjligt.

PVC är naturligtvis en viktig klorkälla här. Sedan får man fundera på andra åtgärder när det gäller andra klorkällor. Där skulle jag vilja fråga Per Berg en sak. En viktig källa när det gäller oorganiskt klor är ju matavfall. Kan man tänka sig att vid källan eller före sopförbränningen ta undan matavfall och använda det till metanjäsning eller kanske något annat? Då skulle man ju kunna dra undan en massa klor ifrån sopförbränningen?

Per Berg

Det är självfallet tänkbart. Vi har kommit långt med källsorteringsförsök, som innefattat matavfall och annat biologiskt nedbrytbart material. Vi kan då avsevärt reducera klormängden från hushållssoporna, alltså det som kommer från hushållen direkt. Vi får hålla isär hushållssoporna från allt annat som körs till avfallsförbränningsanläggningar.

Det finns få vettiga analyser på hur mycket klor vi kommer åt. Analyserna är relativt enkla men provtagningsförfarandet mycket komplicerat. I hushållsavfallet skulle vi kunna reducera klormängden med åtminstone 50 % genom att föra undan matavfallet i vad vi kallar tekniskt möjlig mängd. Det innebär att någonstans omkring 75 % av matavfallet skulle vi kunna plocka undan. Under förutsättning att vi bygger upp fungerande system och ett trovärdigt omhändertagande. Detta är inte enbart en teknisk fråga utan här är folk i gemen i hög grad involverade. Det gäller särskilt kvinnorna, eftersom det visar sig att de sköter avfallshanteringen i hemmen. Det ställs höga krav på att hela omhändertagandet bär någon form av trovärdighet. Kan vi göra det meningsfullt att ta undan matavfall från soporna, kan vi också få bort i storleksordningen 75% under förutsättning att det finns fungerande, bekväma och lätthanterliga tekniska servicesystem för kvinnorna.

Jan Johnsson

Detta verkar mycket mer komplicerat än de förbrännings-tekniska lösningar som Jan talar om?

Per Berg

Nej, jag föreställer mig att det är mycket enklare. Jan beskriver en typ av teknik som är lite grann på låtsas, där man ex förutsätter en viss homogenitet som vi inte har i soporna. Vi har vid försök tydligt visat tydligt att källsortering fungerar. Det är frågan om en social process på ungefär samma sätt som det är att bli kvitt tobaksrökningen. Vid försök i full skala bland 33.000 personer har vi visat att vi kan få till stånd en sådan social process, där människor tar undan material ifrån soporna, under förutsättning att det finns någon mening med det. Jag skulle egentligen behöva resterande tid för att redogöra för det här. Det finns dokumenterat i ett antal rapporter från avfallsgruppen.

- Jan Johnsson Fungerar det praktiskt?
- Per Berg Det fungerar i praktiken. Man reducerar klorhalten i hushållssoporna med gissningsvis 50 % genom att hålla undan 75 % av matavfallet. Matavfallet är inte det enda i hushållsavfallet som innehåller klor, utan vi har klor även i plaster som PVC och i en del annat.
- Jan Johnsson Vi har många andra klorkällor i sopförbränningsstationerna än hushållsavfall.
- Christoffer Rappe Som dessutom kan vara effektivare prekursorer till dioxiner.
- Per Berg Eftersom vi inte vet vilket klor som är aktivt vid dioxinbildning, kan vi ännu inte förutsäga effekten av olika klorinnehållande material. Vi kan bara säga, att vi relativt enkelt kan ta bort halva klormängden genom att föra bort matavfall från hushållsavfall. Vi kan komma åt ännu mer av klormängden genom att ta bort klorblekt papper, t ex kontorsavfall. Vi kan komma åt en stor del genom att föra undan PVC, som finns koncentrerad till vissa typer av avfall; industriavfall och byggnadsavfall i första hand.
- Ett annat sätt att komma tillrätta med PVC i hushållsavfall är att byta ut PVC mot andra material i vissa tillämpningar t ex att göra sig kvitt de transparanta flaskorna av PVC. Det visar sig att t ex schampo går att förpacka även i icke genomsiktliga flaskor tillverkade av polyeten. Det finns massor av sådana exempel. Varför har man valt PVC och inte någon annan plast i smörförpackningarna? Vi måste vara beredda att ta konsekvenser flera steg tillbaka i hanteringsledet. Det finns flera vägar att gå.
- Vi måste kanske också vara försiktiga med material som innehåller bensenringar. Vi har klor från t ex smörrester lätt tillgängligt. Vi har kisel och aluminium tillgängligt i soporna för att katalysera en spjälkning av natriumklorid. Vi har metaller, t ex nickel, som katalyserar dioxinbildning. Bygger vi snabbare upp dioxiner om vi då också har bensenringar i det vi bränner? Det vet vi väldigt lite om, vad jag förstår.
- Jan Johnsson Får jag bara ställa några frågor beträffande sopseparering: Ju mer separering man har, desto mer måste man motivera folk. Vi separerar nu papper och tomglas, och det lämnas och hämtas på olika ställen. Om man skall separera ytterligare, måste man ha olika kanaler för att hämta och transportera allt detta. Blir det inte väldigt komplicerat och dyrbart?
- Per Berg Det hänger lite på hur man bygger upp det. Det system som vi har tillämpat och testat har vi bra data på när det

gäller exempelvis ekonomin. Det omfattar kommunerna Klippan, Örskällunga och Perstorp. Där är 65 % av bostäderna villor liksom i alla andra småkommuner i landet och 75 % av befolkningen bor i dessa villor. Systemet bygger på att vi hämtar med ett speciellt fordon vid tomtgränsen en bestämd dag varje månad. De boende sätter själva ut sina säckar vid tomtgränsen.

Jan Johnsson

Hur många sorters sopor har du då?

Per Berg

Det är glas, plåt, textilier och papper som vi kan hämta. Vi har ett system som bär sina egna kostnader helt och hållet. Det är avsevärt mer än vad man kan säga om något annat sätt att hantera restprodukter från hushållen. Systemet går jämt upp i dag. Det är uppbyggt utifrån de speciella förhållanden som råder i villabebyggelse. Man bor nära marken och man har sin egen sopsäck och sina egna säckar för återvinningsmaterial.

När vi sedan omarbetar det här till flerfamiljshusen i området, får vi ett annat system. Fortfarande arbetar vi på att man skall gå till en punkt och lämna ifrån sig alla materialen; papper, glas, plåt och textilier. Det skall inte vara så att man skall behöva åka runt i bostadsområdet eller kommunen för att hitta ett ställe där man lämnar ifrån sig det man vill återvinna. Det är en brist i Göteborg idag att här lägger man papperet på ett ställe och sedan måste man kanske åka flera kilometer för att hitta en kupol att lägga glaset i. Kostnaden för den insamlingen - om man skall ta med transportkostnaden vi som konsumenter har - måste bli horribel. Så kan man inte bygga upp den här typen av system.

Göran Petersson

Jag vill följa upp det här med en fråga till Christoffer Rappe. Anser du att det finns några komponenter i soporna, kanske i relativt små mängder, som man borde undanta för att minska mängden dioxiner som går ut? Det kan vara t ex katalyserande komponenter eller vissa klorinnehållande produkter som lätt kan bilda dioxiner. Finns det något sådant som du har tänkt på?

Christoffer Rappe

Knappast så att jag kan ge något konstruktivt bidrag. Det skulle bara bli spekulationer. Jag avstår från att säga någonting här.

Olle Ramnäs

Jag skulle vilja ställa en fråga till Jan Bergström. Vilken är den ideala sophanteringen? Du anser väl att sopförbränning är bäst? Hur skall i så fall den ideala sopförbränningsanläggningen vara konstruerad?

Jan Bergström

Jag har inte någon personlig uppfattning om att sopförbränning är den ideala sopbehandlingsvägen. Jag har varit med under alla de år då alternativ har prövats och förkastats.

I dagsläget har vi ett tryck på att utnyttja energin som finns bunden i soporna och då blir det sopförbränning.

Om jag idag skulle nykonstruera en sopförbränningsanläggning, skulle den arbeta med rooster och den skulle ha separat okyld ugn. Sedan skulle den ha avgaspanna med god inbyggd turbulens. Den skulle alltså vara uppdelad i primär- och sekundärzoner på ett riktigt sätt. Detta strider mot dagens konstruktionsstandard eftersom det skulle bli dyrare än idag.

Problemet med energiproduktion på inhomogena bränslen och avfall är att man inte har formulerat krav på vad man skall uppnå annat än gott energiutnyttjande till lågt pris. Det betyder att man försöker klara både de kemiska reaktionerna och energiutvinningen med så lite järn som möjligt. Då kan man inte samtidigt klara både energiproblemen och förbränningsproblemen på ett bra sätt.

Olle Ramnäs

Är det inte ett ganska dyrt sätt att utvinna energi genom att bränna sopor?

Jan Bergström

Det är mycket dyrt att producera energi ur sopor om man enbart skall sälja energi. Det blir en mycket dyr anläggning och dyr energi. En kommun har ändå kostnaden för sophantering och kommunen driver ofta även fjärrvärmeproduktion och liknande. Om man tittar på GRAAB i Göteborg, som är ett från Energiverket fristående regionalt bolag, då är det dyrt att producera energi ur sopor och kalkylerna blir naturligtvis därefter. Om man låter GRAAB ingå i samma bolag som svarar för övrig energiproduktion, blir kostnadsbilden en helt annan.

Det är fullt klart att om det inte vore så att sophanteringen var dyr i sig och det enbart gällde att minimera kostnaderna på den sidan, skulle sopor som energibärare inte vara aktuella. Det är fullt klart att det är billigare att elda kol eller något annat.

Per Berg

Jag kan bara hålla med om att det är förfärligt dyrt att elda sopor om man är ute efter att producera energi. Om man sedan tittar på alternativt omhändertagande av soporna, är fortfarande förbränningen ett våldsamt dyrt alternativ. Det finns avsevärt billigare sätt. Sedan är det en fråga om riskvärdering.

Fortfarande håller jag styvt på att det inte finns någon avfallsteknik som vi behärskar så säkert som deponeringstekniken. Det finns gamla och dåligt skötta tippar i vilka bränder uppstår. Sådana bränder hör säkerligen till det mest förorenande som finns. Såväl vid sopförbränning som deponering måste man veta vad som finns i inflödet. Med en god kontroll över vad man lägger i sitt upplag är depo-

nering både det billigaste och det i särklass säkraste sättet att ta hand om avfallsopor. Man kan med mycket god säkerhet säga vad man har för in- och utflöden vid en sådan anläggning.

Deponeringsanläggningar kan dessutom byggas på med t ex gasutvinning. Hur metangasen beter sig vid förbränning när det gäller t ex dioxinbildning beror på eventuella föroreningar i gasen. Det finns en del ämnen som inte är ordentligt studerade, och där man definitivt inte vet om de kan delta i bildningen av oönskade förbränningsrester.

Jag anser att med dagens kunskaper är avfallsdeponering i kombination med olika typer av återvinningsåtgärder - många av dem riktade mot industrin - det i särklass bästa alternativet. Jag kan inte se att det finns någonting som talar emot det!

Jan Johnsson

Skall vi avrunda med att låta Jan, Göran och Christoffer svara på följande fråga: Har vi ett dioxinproblem och hur skall vi lösa det?

Jan Bergström

Jag vet inte om vi har ett dioxinproblem. Vi har dioxiner. Inom några år kommer vi att ha svaret på frågan om dioxinerna, som vi upptäcker i ekosystemen, är resultatet av en ökande trend, eller om de är följden av att vi har lärt oss att analysera bättre.

Om vi konstaterar att trenden är stigande, är vi på väg att få ett problem eller har det kanske redan. I en sådan situation tror jag vi behöver förändra väldigt mycket i vårt samhälle. Då är det nog inte längre en fråga om att peka ut någon enskild källa, typ sopförbränning. Jag tror att problemet då är mycket större. Jag befärar speciellt att vi då måste utvidga diskussionen till att gälla inte enbart dioxiner utan klorerade aromater generellt och många fler komponenter.

Göran Löfroth

Vi vet inte om vi har ett dioxinproblem rent vetenskapligt. Däremot har vi ett dioxinproblem ur politisk synpunkt.

Jag vill trycka på att vi verkligen måste hålla i minnet att vi kan ha flera källor. Det kan ha varit så att dioxiner har varit med oss åtminstone sedan farfars tid. De kan vara ett problem, oavsett om halterna stiger eller är konstanta. Om vi haft dioxiner hela tiden, har vi kanske bara inte upptäckt effekterna.

För närvarande tycker jag vi har litet av hysteri, åtminstone ute i samhället, om de halter som förekommer. De gränsvärden som man laborerar med, utan att egentligen veta vad man gör, är lite väl snävt satta. Det där kan ju ändras med nya kunskaper.

Christoffer Rappe Med det sätt att göra en riskbedömning som våra myndigheter och andra organ har idag så har vi ett problem. Det går inte att bortse ifrån att de få prover av modersmjölk som vi har visar på halter som ligger mellan 10 och 100 gånger över "acceptabelt dagligt intag" för ett spädbarn. Då tycker jag att vi har ett problem. Sedan är frågan om problemet beror på att det är väldigt svårt att göra riskbedömningen. Vi använder djurförsök och extrapolerar ifrån den mest känsliga djurarten till människan i avsaknad av humandata. Jag tror kanske att ett sätt att komma tillrätta med detta problem är att ta vara på alla humandata som finns och försöka sammanföra dem till ett underlag för riskbedömning. Kommer man då fram till att vi verkligen har ett problem, då instämmer jag med Jan Bergström. Då har vi nog ett ganska så omfattande problem.

Orsaken till att jag säger att vi har ett problem idag är att jag vet hur man resonerar med gränsvärden och med "acceptabla dagliga doser" mm. När de överskrids med en faktor på 10 -100, då har vi ett problem. Om vi överskrider halterna i kvicksilvergäddan, då svartlistar vi sjön. Vi kan inte svartlista mödrarna!

Jan Johnsson Med detta tackar jag så mycket för idag. Tack skall Ni ha!

Slutkommentarer

Sedan förhørsreferatet redigerats och skrivits ut har det överlämnats till deltagarna för granskning. Ordföranden och utfrågarna har ombetts att ge några korta avslutande kommentarer. Rapportredaktörerna, som också var utfrågare, har givit sina kommentarer i introduktionen. Respektive författare ansvarar helt för sina redovisade synpunkter.

Jan Johnsson

Det står klart att kunskaperna om dioxinfaran i Sverige är bristfälliga.

Man har konstaterat förekomsten av dioxin i modersmjölk och i fettvävnad från sälar. Men halterna är låga och det är osäkert om dioxinet under sådana förhållanden är en hälsorisk. Bland annat finns det anledning anta att just människan tål relativt mycket dioxin.

Det är inte känt hur dioxinet har spritts från källorna till människor och djur.

Inte heller vet man vilka källorna är. Det förefaller emellertid klarlagt att sopförbränningsanläggningarna är en av dioxinkällorna. Det är inte omöjligt att dioxin bildas även vid andra typer av förbränning, t ex vid skogsbrand eller i bilmotorer. Dioxin kan också bildas i samband med industriella processer eller möjligen föras in i landet i livsmedel eller som en luftburen förorening.

Hur dioxin bildas vid sopförbränning vet man inte närmare. Därmed är det också svårt att rekommendera lämpliga åtgärder mot dioxinbildningen.

Mot denna bakgrund anser jag att tre delfrågor måste klarläggas.

1. Hur mycket måste vi veta för att bedöma vilka åtgärder som är påkallade? Rimligen måste vi känna källorna, bildnings sättet, spridningsvägarna och toxiciteten för olika delar av miljön. Men det torde vara möjligt att fatta riktiga delbeslut utan fullständig kunskap.

2. Hur mycket av detta är känt?

3. Hur skall vi få kunskap om återstoden? Det behövs ökade resurser men även en bättre planering av forskningen. Eftersom resurserna med all sannolikhet inte räcker för forskning över hela fältet, måste en prioritering ske av sådan forskning som gör det möjligt att fatta riktiga delbeslut.

Således bör måhända forskning om toxiciteten prioriteras. Innebär de konstaterade halterna en allvarlig hälsorisk? I så fall kan mera drastiska åtgärder mot kända källor vara befogade. I annat fall finns tid att skaffa ytterligare kunskaper om övriga frågeställningar, så att mera välavvägda åtgärder kan sättas in.

Per Berg

För det första vill jag konstatera att det inte kommit fram något under forskarförhöret som visar att man har någon klar bild av hur dioxiner och dibensofuraner uppkommer i en avfallsförbränningsanläggning. Man antar att temperaturen i anläggningen har betydelse, och man har goda indikationer på att koloxidmängden i rökgaserna är ett mått på risken för förhöjda halter dioxiner och dibensofuraner.

För det andra vill jag konstatera att det föreligger alldeles för få mätningar för att klart belägga vilka mängder dioxiner och dibensofuraner som släpps ut från nämnda anläggningar. De tre mätningar (fyra om Eksjöstudien skall föras dit) som gjorts kan inte ge en realistisk bild av utsläppsläget. Än så länge måste man anta att mätningarna i Avesta ger den mest realistiska bilden av dioxinutsläppen.

Sedan forskarförhöret genomfördes har mätningarna i Umeå presenterats vid en presskonferens. Vi kan av dessa mätningar dra slutsatsen att temperaturen i förbränningsrummet inte har någon avgörande betydelse för bildningen av dioxiner och dibensofuraner. Vi kan även konstatera att tändning och släckning av ugnarna ger miljöer som ökar risken för höga utsläpp.

Man säger idag även att man kommit till rätta med de höga utsläppsnivåerna i Avesta genom att tätat anläggningen.

Av detta skulle vi kunna konstatera att bildningen av dioxiner och dibensofuraner kan motverkas genom dels tätning av anläggningarna så att inte luftläckage stör förbränningen genom bildandet av kallstråk, dels genom att tändning och släckning av anläggningarna sker med hjälp av stödbränsle t ex olja eller gas.

Dessa åtgärder torde emellertid inte ensamma vara tillräckliga för att vi skall komma tillrätta med dioxinproblemet vid avfallsförbränningsanläggningarna. Det finns ännu inget som säger att man under normal drift av en avfallsförbränningsanläggning kan upprätthålla de goda betingelser som funnits under provtagningsperioderna i Linköping och Malmö. Med en förbättrad instrumentering och kontinuerlig utbildning av personal kan man kanske förbättra situationen något.

Under forskarförhöret har inget framkommit som gör klart vilken eller vilka klorkällor som är den viktigaste orsaken

till dioxinbildningen i de vanliga avfallsförbränningsanläggningarna. Det är visat hur dessa ämnen kan bildas vid pyrolytisk förbränning av PVC, men vad andra klorkällor t ex natriumklorid i matavfall eller klorrester i klorblekt papper kan betyda är oklart.

Det finns goda indikationer på att förädling av blandat avfall till RDF inte nämnvärt påverkar riskerna för bildning av dioxiner och dibensofuraner i rökgaserna. Konsekvenserna av detta kan man spekulera kring, likaså om förbränning av RDF skulle ge mindre mängder av nämnda ämnen om den försiggick i specialkonstruerade förbränningsanläggningar. All RDF-förbränning som pågår idag sker ju i mer eller mindre konventionella avfallsförbränningsanläggningar.

Det är påtagligt hur lite man vet om förbränningsförhållandena i de olika typerna av fluidiserande bäddar. Ännu mindre tycks man veta om i vilken mån det förekommer utsläpp av dioxiner och dibensofuraner från dessa anläggningar. Mätningarna i Eksjö har under förhöret inte givit någon klarhet. Jag efterlyser fler mätningar i olika typer av fluid-bäddar. Helst skall dessa genomföras så att jämförbarhet med mätningarna i Umeå kan komma till stånd. För att sedan få ett mer komplett underlag bör även ett liknande mätprogram genomföras på en mindre rosteranläggning.

Många ställer stora förhoppningar till att utsläppen av dioxiner och dibensofuraner skall kunna minskas med hjälp av rökgasreningsåtgärder. Med lite tur skulle det räcka att öka partikelhalten i rökgasströmmen och låta dioxinerna fästas vid partiklarna. Men vad gör man sedan med dessa när de skiljts från rökgaserna? Det måste ställas mycket stora krav på en deponeringsanläggning för sådana flygaskor, särskilt vad gäller partikelflykt med lakvatten.

Om dioxiner och dibensofuraner måste kondenseras ut tillsammans med olika syror i rökgaserna kommer vi att ställas inför ett oerhört stort problem i form av omhändertagande av kondensatet. Mängden kondensat tillsammans med flygaskor och bottenaska/slagg kommer att utgöra kanske 70% av den till anläggningen tillförda avfallsmängden. Till detta skall även föras den mängd baser - sannolikt kalk - som fordras för att neutralisera kondensatet. Hur löses omhändertagandet av dessa mängder på ett för omgivningen godtagbart sätt?

Vad jag kan se skall vi med kraft motverka att dioxinproblemet får sin lösning i form av rökgasreningsåtgärder. Jan Bergström tror att problemet skall kunna lösas i form av tekniska åtgärder i förbränningsanläggningarna, jag tror det inte. Problemet måste angripas vid klorkällorna.

Med dagens avfallsinsamling - allt blandat i en fraktion - löser vi inte problemet. Jag föreställer mig att klorokällorna måste bekämpas på två plan; dels skall onödigt kloranvändning förhindras, PVC och andra klorhaltiga förpackningsmaterial måste bort från marknaden och ersättas med andra icke-klorerade, dels skall kända "nödvändiga" klorokällor föras vid sidan om det avfall som eventuellt kan komma att förbrännas; matavfall och annat liknande material skall samlas in separat för särskilt omhändertagande t ex metan-jäsning.

Idag - en månad efter forskarförhöret - är jag benägen att säga att förhörets största värde ligger i att det är klarlagt att kunskapen om källor för och bildning av dioxiner och dibensofuraner är liten. Det finns bevis för att dessa ämnen bildas vid förbränning av avfall i kommunala avfallsförbränningsanläggningar. Det finns emellertid ingen klargörande kunskap om dessa utsläpps storlek eller i vilken mån de är farliga för befolkningen eller inte. Nedfallsberäkningar från avfallsförbränningsanläggningen i Umeå kan inte förklara de höga halterna dioxiner i modersmjölk. Betyder detta att mätningarna utförts under orealistiska betingelser eller betyder det att det finns allvarligare utsläpp än de från avfallsförbränning?

Thure Svensson

Enligt min uppfattning har forskarförhöret om "dioxiner och nuvarande dioxinproblem i vårt samhälle" givit något så när entydiga svar på ett fåtal frågor och frågeställningar, men endast preliminära svar (hypoteser/gissningar) på andra vitala frågor och frågeställningar. Helt klart framstår att en stor mängd grundläggande kunskap saknas. Ytterligare forskningsarbete och undersökningar angående de olika dioxinisomerernas toxicitet och verkningsmekanism, hur en förbränningsugn och åtföljande förbränningsteknik mm skall vara utformad för att minimera utsläpp av dioxiner, fler utsläppsmätningar samt haltbestämningar av dioxiners förekomst i biologiskt material och vår föda, etc, måste utföras innan man kan göra en verkligt seriös bedömning av dioxinproblemets omfattning och betydelse för vår hälsa och vår miljö. Fortfarande vet vi alltför sällan, men tror/gissar/spekulerar alltför ofta.

Samtliga deltagare i forskarförhöret var helt eniga om att haltbestämning av dioxiner och dibensofuraner i något prov måste utföras isomerspecifikt med högupplösande GC/MS, d v s halten för var och en av de 12 mest toxiska dioxin- och dibensofuranisomererna samt summahalterna för varje homolog ämnesgrupp av PCDD och PCDF bestämmas. Dessa halter används vid beräkning av TCDD-ekvivalenter, vilket innebär att halten för de olika dioxin- och dibensofuranisomererna omräknas till den halt 2,3,7,8-tetraklordibenso-p-dioxin (2,3,7,8-TCDD) som ger samma toxiska effekt, varefter dessa delhalter summeras. Fördelen med detta

förfaringsätt är att ett värde på den totala dioxinhalten i provet erhålls.

Jag anser att det är synnerligen önskvärt att framtida mätningar och analyser av dioxinutsläpp från olika avfallsförbränningsanläggningar och andra anläggningar genomförs på ett sådant sätt att de kan jämföras med redan utförda mätningar vid Ålidhems sopförbränningsanläggning i Umeå och vid SAKAB i Norrtorp. Kravet på mycket god kvalitetskontroll av själva analysen (haltbestämningen) men även av uppberetningsätt och extraktionsmetodik av proven får ej eftersättas.

De laboratorier som uppberetar dioxinprov och utför dioxinanalyser måste kunna ange återfinningsgraden ("recovery") vid varje experiment. Vid forskarförhöret framkom att minst 3 stycken kol-13-märkta referensämnen ("surrogate" eller intern standard) bör tillsättas provet snarast möjligt och före uppberetningen påbörjas. Detta för att bestämma återfinningsgraden, så att erhållna halter kan justeras utifrån denna. Det vore önskvärt att kol-13-märkta referensämnen för flertalet av de mest toxiska isomererna kunde tillsättas provet före uppberetning i framtiden, så att återfinningsgrad för varje isomer kan bestämmas. Vid förhöret redovisades att tillsättning av enbart en intern standard och speciellt användning av klor-37-märkt 2,3,7,8-tetraclordibenso-p-dioxin som intern standard är förkastligt, och uppfyller ej ens mycket lågt ställda krav på god kvalitetskontroll.

Av forskarförhöret framgår klart att det finns alldeles för få data om vilka olika utsläppskällor av dioxiner och dibensofuraner som finns i Sverige, och om utsläppsmängden från dessa. Helt klart bör en systematisk och omfattande kartläggning av utsläppskällor snarast göras och som även redovisar dioxinutsläppens storlek till luften både per m³ och per tidsenhet (timme eller år).

En mycket stor källa, kanhända den största, som i dagsläget har påvisats är avfallsförbränningsanläggningar. I Sverige finns det ett 25-tal sådana större anläggningar av varierande utformning. För endast två anläggningar, SAKAB i Norrtorp och Ålidhem i Umeå, har mätningar genomförts som ger en realistisk bild av utsläppsmängden till luft av dioxiner och dibensofuraner vid normaldrift. Utsläppen från SAKAB, som förbränner miljöfarligt avfall, uppgick till 2,8 nanogram TCDD-ekv per m³ rökgas (må-nadsmedelvärde för mars och april 1984). Detta innebär ett utsläpp av ca 74 mikrogram TCDD-ekv per timme.

Undersökningen av Ålidhemsanläggningen i Umeå, som initierats av Umeå energiverk, presenterades den 28 mars i år. Denna undersökning redovisar ett utsläpp till luften av

10 nanogram TCDD-ekv per m³ rökgas vid normaldrift, vilket innebär ett utsläpp av ca 510 mikrogram TCDD-ekv per timme. Vid Ålidhem förbrändes ca 65 000 ton hushållsavfall under år 1984, vilket medför ett utsläpp av ca 4 gram TCDD-ekv under detta år. Vid både SAKAB- och Ålidhem-undersökningen har upparbetning av proven och den kemiska analysen utförts vid avdelningen för organisk kemi vid Umeå universitet, varför de båda undersökningarnas resultat kan jämföras.

Hur stora utsläpp av dioxiner och dibensofuraner som övriga avfallsförbränningsanläggningar i landet producerar vid normaldrift har man helt enkelt ingen aning om. Man måste i detta sammanhang komma ihåg att varje anläggning och ugn måste betraktas som en egen individ. Utsläppsmängder av dioxiner och dibensofuraner från en anläggning kan ej överföras till att gälla för en annan liknande avfallsförbränningsanläggning. Beroende på anläggningens utformning och utsläppens storlek kan det vid den enskilda anläggningen behövas vidtagas olika specifika utsläppsbe-gränsningsåtgärder, som ger god verkan på kort respektive lång sikt.

Jag finner det anmärkningsvärt att några realistiska mätningar av dioxinutsläppen från våra två största avfallsförbränningsanläggningar, i Göteborg och Uppsala, ännu ej skett. Dessa förbränner vardera ca 250 000 ton hushållsavfall per år, eller nästan hälften av allt hushållsavfall som förbränns för närvarande. Frågan har nyligen debatterats i båda städerna. Enligt vad som framkommit tycks varken ledningen eller ägaren av respektive anläggning vara intresserade av att inom snar framtid utföra eller låta utföra någon undersökning av anläggningens nuvarande dioxinutsläpp. Huruvida detta ointresse beror på att ledningen/ägaren av anläggningen i Göteborg respektive Uppsala anser att de har ej några nämnvärda dioxinutsläpp från sin anläggning, något dioxinproblem existerar ej i Sverige, eller beror på nonchalans, är oklart.

Några utsläppsmätningar av dioxiner och dibensofuraner av stickprovskaraktär har utförts under de senaste åren vid tre andra avfallsförbränningsanläggningar, nämligen vid Avesta, SYSAV i Malmö och Linköping. Mycket höga halter (mer än 84 resp 40 nanogram TCDD-ekv per m³ rökgas) erhöles vid de två första stickproven från Avestas söf-förbränningsanläggning. Båda proven har upparbetats och analyserats vid Umeå universitet och resultaten från de två stickprovsmätningarna finns återgivna i naturvårdsverkets yttrande och PM (1985-02-12) till koncessionsnämnden för miljöskydd. Efter en mängd modifieringar av anläggningen har ytterligare ett stickprov tagits, som uppvisade betydligt lägre dioxinhalt (ca 6 nanogram TCDD-ekv per m³ rökgas). Huruvida detta senaste stickprov från april 1985

kan anses återspegla normaldriftsutsläppen av dioxiner och dibensofuraner från Avestas sopförbränningsanläggning är oklart.

Inom det s k DRAV-projektet har ett par stickprov av dioxinutsläppen från sopförbränningsanläggningarna i Malmö (SYSAV) och Linköping utförts. Extremt låga halter i utsläppen (mindre än 0,5 nanogram TCDD-ekv per m³ rökgas) anges gälla för dessa två anläggningar. Resultaten från dessa stickprovsmätningar finns återgivna i tidigare omnämnd yttrande och PM från Naturvårdsverket. Enligt nämnda PM var båda anläggningarna vid provtillfället "intrimmade och optimerade och kördes på ett gynnsamt sätt".

Det finns anledning att starkt ifrågasätta och kritiskt granska resultaten från dessa stickprovsmätningar vid SYSAV och Linköping. Proven har upparbetats vid Miljökonsulternas laboratorium i Studsvik, varefter extrakt av proven analyserats vid avdelningen för organisk kemi vid Umeå universitet. Mot själva GC/MS-analysen som utförts vid Umeå universitet finns inget att anmärka. Däremot måste upparbetningen och extraktionsförfarandet av proven vid Miljökonsulternas laboratorium klart ifrågasättas. Upparbetning av proven lär ha skett efter tillsats av endast en intern standard (klor-37-märkt 2,3,7,8-TCDD), eller snarare utan tillsats av någon isotopmärkt dioxinstandard.

Av forskarförhöret har framgått att utnyttjande av klor-37-märkt intern standard eller ingen dioxinstandard alls vid upparbetning och analys är helt förkastligt och ger ej rättvisande resultat. Detta eftersom en riktig och verklig återfinningsgrad av upparbetning mm av provet och justering av erhållna analysvärden ej kan göras. Enligt min mening måste de värden på dioxinutsläpp från SYSAV och Linköping som hittills rapporterats snarare anses vara skrivbordsresultat än resultat av vetenskapligt väl utförda mätningar med god kvalitetskontroll. Verkliga värden på dioxinutsläppen från Malmös och Linköpings sopförbränningsanläggningar torde vara de som rapporterats multiplicerade med en okänd faktor mellan 1-100.

En systematisk undersökning av andra utsläppskällor än avfallsförbränningsanläggningar är också synnerligen behövlig. Bland andra potentiella utsläppskällor av dioxiner och dibensofuraner har nämnts: andra energiproducerande anläggningar, kemisk industri, smältverk, trämassaindustrin, bilavgaser samt långväga lufttransport från utlandet. I dagsläget finns enbart en mätning av dioxinutsläppen från en sådan annan källa. På eget initiativ har Boliden Metall AB gjort en mätning av dioxinhalten i rökgasutsläppen från sitt blykaldoverk i Rönnskär, där PVC-haltigt kopparskrot

omsmälts. Resultaten som presenterades i början av april i år redovisar ett årsutsläpp av ca 1,5 gram TCDD-ekv. Företaget har även tagit fram ett åtgärdsprogram för att minska dioxinutsläppen. Liknande mätningar och utsläppsbe-gränsande åtgärder avseende dioxiner torde behöva göras vid landets övriga smältverk.

Vid forskarförhöret framförde Jan Bergström att om man bara angav vad som är en acceptabel nivå av dioxinutsläpp från en avfallsförbränningsanläggning så skulle man (han) enkelt och snabbt kunna fixa till förbränningsförhållandena och förbränningstekniken på ett sådant sätt att denna nivå underskrids. Enligt min mening måste ett sådant påstående kallas överoptimistiskt, för att ej säga naivt. Detta eftersom man ej vet vilka mekanismer som gäller för dioxinbildning vid avfallsförbränning. För närvarande tror man att dioxinbildningen påverkas av följande variabler: Ugnens konstruktion, turbulens, temperatur, tid, tryck, syresättning och eventuellt avfalllets homogenitet. Samspelet mellan dessa variabler är okänt.

Det torde fordras en ordentlig forsknings-, undersöknings- och utsläppsmätningssats under troligen minst en 5-årsperiod innan man via enbart rätt och riktig förbränningsteknik kan minimera dioxinbildningen. Måhända fordras helt nya ugnskonstruktioner. Därför anser jag att samtidigt som man försöker ta fram den perfekta förbränningstekniken mm måste man även gå fram på den andra åtgärdsvägen, nämligen att tillskapa en starkt förbättrad rökgasrening (kalkinblåsning, rökgaskondensering, etc) vid landets samtliga avfallsförbränningsanläggningar.

Trots allt finns numera en viss mycket begränsad kunskap om luftutsläpp av dioxiner och dibensofuraner. Däremot finns i stort sett ingen kunskap om förekommande halter av dessa ämnen i vår miljö, i vår föda (mjölk, grädde, smör, ost, fisk mm) och i annat biologiskt material. Den schweiziska komjölksundersökningen indikerar en geografisk utspridningstrend. Har vi i Sverige en liknande geografisk trend och finns det även en tidstrend? Detta är ett par viktiga frågor som inom snar framtid behöver besvaras.

Kemiska ämnen – förteckning

Antracen
(se PAH)



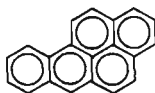
Klorantracenerna liknar strukturellt dioxiner.

Bensen



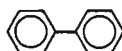
Bensenringen med sex kolatomer utgör en grundstruktur för s k aromatiska föreningar, t ex PAH och dioxiner.

Benspyrener
(jmf PAH och pyren)



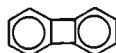
Välkända högtoxiska PAH-komponenter med fem kondenserade bensenringar (I figuren visas 3,4-benspyren).

Bifenyl



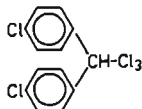
Ämne som utgör grundstrukturen för PCB.

Bifenylene



Klorbifenylene liknar strukturellt dioxiner.

DDT

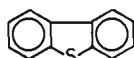


Historiskt välkänd insekticid.

Dibensofuraner

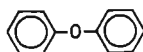
se sid 9

Dibensotiofen
(jmf tiofen)



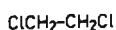
Svavelanalog till dibensofuran.

Difenyleter




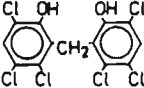
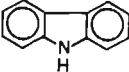



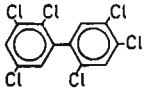
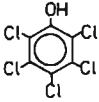
Klordifenyletrar kan vara utgångsämnen för dioxinbildning.





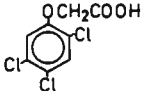
Diklorethan



Cancerogent klorkolväte som bl a finns i motorbensin med blytillsats.

Dioxiner		se sid 9
Fenol		Ämne som utgör grundstrukturen för klorfenoler.
Fenoxisyror (jmf 2,4,5-T)		Den vanligaste gruppen av växtbekämpningsmedel. Framställs från klorfenoler och kan vara förorenade av dioxiner.
Furan		Ämne som utgör grundstrukturen för dibensofuraner, vilka ibland förkortat kallas furaner.
Hexaklorethan	$\text{Cl}_3\text{C}-\text{CCl}_3$	Högklorerat klorkolväte.
Hexaklorofen		Vanligt och omdiskuterat desinfektionsmedel.
Hydroxidradikal	$\cdot\text{OH}$	Viktig högreaktiv intermediär vid foto-kemisk nedbrytning i luft.
Karbazol		Kväveanalog till dibensofuran.
Klorbensener (jmf bensen)		Relativt stor ämnesgrupp med 1-6 kloratomer. Kan sannolikt utgöra intermediärer vid dioxinbildning.
Klorfenoler (jmf fenol)		Relativt stor ämnesgrupp med 1-5 kloratomer. Utgångsämnen för dioxinbildning. Vissa klorfenoler kan innehålla dioxiner som förorening.
Kloroform	CHCl_3	Flyktigt toxiskt klorkolväte.

Klorradikal	·Cl	Reaktiv och instabil form av klor.
Koltetraklorid	CCl ₄	Högtoxiskt klorkolväte.
Naftalen		Vanlig industrikemikalie.
Nitro-PAH (nitroarener)		Stor grupp av ämnen med en eller flera NO ₂ -grupper bundna till den ursprungliga PAH-strukturen. Ofta starkt mutagena/ cancerogena. Upptäckta som hälsofara betydligt senare än PAH.
PAH		Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. Stor grupp av kolväten med en grundstruktur av flera kondenserade bensenringar. Många enskilda ämnen är mutagena/ cancerogena och några väl kända.
PCB (jmf bifenyli)		Polyklorerade bifenyler. Stor grupp av ämnen med 1-10 kloratomer bundna till bifenyli. Sedan länge känd miljögiftsgrupp. Liknar till struktur, isomerantal och många egenskaper dioxinerna. Ett exempel på PCB visas i figuren.
PCDD		Polyklorerade dibenso-p-dioxiner. Se sid 9.
PCDF		Polyklorerade dibensofuraner. Se sid 9.
Pentaklorfenol (jmf fenol)		Tidigare vanlig som pesticid och impregneringsmedel.
Perkloretylen (tetrakloreten)	Cl ₂ C=CCl ₂	Flyktigt klorkolväte. Används som lösningsmedel i kemtvättar och viss industri.
Polyeten	(-CH ₂ -CH ₂) _n	Mycket vanligt klorfritt plastmaterial.

Polypropen	$\left(\begin{array}{c} \text{CH-CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}\right)_n$	Vanligt klorfritt plastmaterial.
Polyvinylidenklorid	$(-\text{CH}_2-\text{CCl}_2-)_n$	Plastmaterial med mycket högt klorinnehåll. Handelsnamn: Saran.
PVC	$(-\text{CH}_2-\text{CHCl}-)_n$	Polyvinylklorid. Mycket vanligt plastmaterial med högt klorinnehåll.
Pyren (jmf PAH)		Pyren utgör grundstruktur för många högtoxiska och miljöfarliga ämnen.
2,3,7,8-TCDD		2,3,7,8-tetraklordibenso-p-dioxin. Den mest välkända dioxinen. Brukar betecknas som det giftigaste ämne människan hittills framställt. Se även sid 9.
Tiofen		Ämne som utgör grundstruktur för dibensotiofener.
Toluen		Vanligt aromatiskt kolväte och lösningsmedel.
Triklöretylen (trikloreten)	ClCH=CCl_2	Vanligt industriellt lösningsmedel.
2,4,5-triklorfenol		Har använts för framställning av 2,4,5-T. Blir förorenad av 2,3,7,8-TCDD.
2,4,5-T		Triklorfenoxiättiksyra. Fenoxisyra i Hormoslyr och Agent Orange som i vissa fall har innehållit höga halter av 2,3,7,8-TCDD.
Vinylklorid (kloreten, VCM)	$\text{CH}_2=\text{CHCl}$	Omdiskuterat cancerogent utgångsämne för framställning av PVC.

Ordförklaringar

Aerosol	Vätskeformiga eller fasta, mycket små partiklar i luft.
Affinitet	Bindning, vidhäftning.
Agent Orange	Avlövningsmedel som användes av USA i Vietnam (jmf hormoslyr). En blandning av lika delar av butylestrarna av 2,4,5-T och 2,4-D.
Artifakt	Störande förorening vid t ex en analys.
BASF	Tysk kemikoncern.
Bayer	Tysk kemikoncern.
Binghamton	I Binghamton (USA) inträffade 1981 en brand i en transformator i State Office Building. Transformatoroljan innehöll PCB. Hela byggnaden blev kontaminerad med PCDF och fick stängas.
BT-Kemi	Företag som arbetade med klorfenoler och fenoxisyror vid den beryktade anläggningen i Teckomatorp.
Deponi	Särskilt upplagt (deponerat) avfall; modern soptipp.
DRAV	"DRiftstudie - AVfallsbehandling". Projekt genomförs av Svenska Renhållningsverksföreningen i nära samarbete med Statens Naturvårdsverk.
Dow	Dow Chemical Co; amerikansk multinationell koncern inom kemiområdet. Ledande bl a på klorfenoler och fenoxisyror och inblandad i stora skadeståndsprocesser. De i förhöret diskuterade forskningsrapporterna från "Dow" bör kanske ses mot denna bakgrund.
Enzyminduktion	Ett ämne kan påverka en cell så att den bildar mera av något enzym. Enzymerna har inducerats av ämnet.
EPA	Environmental Protection Agency; USA:s motsvarighet till Statens Naturvårdsverk.
Fotokemiska reaktioner	Kemiska reaktioner som sker under medverkan av ljus.
GRAAB	Göteborgsregionens Avfalls AB. Kommunalägt bolag med en av Sveriges största sopförbränningsanläggningar i Sävenäs.
Halogen	Fluor, klor, brom och jod.

Haltbeteckningar	ppm - 10^{-6} miljondelar ppb - 10^{-9} miljarddelar ppt - 10^{-12} miljondels miljondelar μg - 10^{-6} g mikrogram, miljondels gram ng - 10^{-9} g nanogram, miljarddels gram pg - 10^{-12} g pikogram, miljondels miljondels gram
Herbucid	Växtbekämpningsmedel.
Hormoslyr	Lövslybekämpningsmedel som tidigare användes i bl a Sverige (jmf "Agent Orange"). 2,4,5-T ingår som en huvudkomponent. TCDD bildas som en förorening vid framställning av 2,4,5-T.
Initiator (vid cancer)	Kemiskt ämne eller annan faktor som framkallar en sådan förändring i cellens arvs massa att detta kan leda till tumörutveckling. Initieringen anses vara irreversibel. Det finns inga nolleffekt-nivåer för initiatorer.
Interkalerande effekt	Ett ämne med viss form kan lägga sig mellan två baspar i DNA-kedjan, vilket medför att det genetiska budskapet förändras.
Isomerer	Kemiska ämnen med samma atomära sammansättning.
Kalkinblåsning	Teknik som används för att minska utsläpp av försurande ämnen som svaveldioxid och klorväte.
Klor-37. Isotopmärkning	Den dominerande kloratomen med masstalet 35 byts ut mot klorisotopen med masstalet 37. Användbart speciellt vid masspektrometri.
Kocarcinogen	En för canceruppkomst ej nödvändig faktor (ämne eller annan faktor), men som samverkar med ett carcinogen och därigenom ökar sannolikheten för uppkomst av cancer vid exposition för detta carcinogen.
Kol-13. Isotopmärkning	Den vanliga kolatomen med masstalet 12 byts ut mot kolisotopen med masstalet 13. Användbart speciellt vid masspektrometri.
Kol 14. Radioaktiv märkning	Den vanliga kolatomen med masstalet 12 byts till en mindre del ut mot den radioaktiva kolisotopen med masstalet 14. Spridning och fördelning kan sedan studeras genom mätning av den radioaktiva strålningen.
Love Canal	Miljöskandal i Love Canal (USA) med kemiskt avfall.
Miljöfarligt avfall	I juridisk mening de kategorier av avfall för vilka förordningen om miljöfarligt avfall föreskriver speciella hanteringsregler.

Onkologi	Läran om tumörsjukdomar.
Oorganiskt klor	Klor i oorganiska föreningar, t ex natriumklorid, kaliumklorat, klordioxid.
Organiskt klor	Klor kemiskt bundet till kolatomer. Exempel är klorkolväten och PVC.
Persistent	Svårnedbrytbar (om kemisk förening).
Pesticid	Bekämpningsmedel - ämne som dödar oönskade organismer.
Prekursor	(eng precursor) Ämne från vilket ett annat ämne, t ex en dioxin, bildas.
Promotor (vid cancer)	Kemiskt ämne eller annan faktor som gynnar utvecklingen av en initierad cell (jmf initiator) till en tumör. För att en tumör skall utvecklas måste man i regel utsättas både för en initiator och en promotor. Promotionen anses vara reversibel. Promotorer har en nolleffekt-nivå.
Pyrolysis	Kemisk sönderdelning vid luftunderskott.
Radikal	Molekylfragment med en oparad elektron; ofta mycket reaktiv.
Receptoraffinitet	Någon form av bindning av ett ämne till en viss komponent (receptor) i cellen eller cellväggen. TCDD binds extremt hårt till en speciell receptor (TCDD-receptor).
SAKAB	Svensk Avfallskonvertering AB. Statligt företag med monopol på omhändertagande av miljöfarligt avfall. Central förbränningsanläggning ligger i Norrtorp i Närke.
Sarkom	Tumör som utgår från kroppens stödjevvnader, t ex bindväv.
Sedimentundersökning	Genom att studera sjösediments "årsringar" kan man få en uppfattning om t ex dioxinförekomst olika långt tillbaka i tiden.
Seveso	Italiensk stad, där TCDD spreds ut i omgivningarna vid en reaktorolycka med 2,4,5-triklorfenol år 1976.
Standard	Ämne med känd struktur och/eller i känd mängd som medvetet sätts till ett prov före upparbetning och analys för att uppnå säkrare bestämningar.
Synergistisk effekt	Samverkande effekt så att ett ämne förstärker effekten av ett annat ämne; totaleffekten blir större än summaeffekten av ämnena var för sig.
SYSVA	Sydvästra Skånes Avfalls AB med stor sopförbränningsanläggning i Malmö.

Tillstånd	Miljöskyddslagen föreskriver tillstånd för miljöfarliga anläggningar såsom sopförbränningsanläggningar. Tillståndsmyndighet är normalt koncessionsnämnden för miljöskydd.
Uppslutning	Upplösning; ofta med hjälp av aggressiva kemikalier.
Yushu-katastrofen	Olycka med förgiftad risolja i Japan (1968) och Taiwan (1979). Risoljan var bland annat kontaminerad med PCB och PCDF.

Referenser

De artiklar som anges nedan svarar givetvis endast för en mycket ringa del av vad som skrivits om dioxiner.

A. Vetenskapliga artiklar

A.1. Christoffer Rappe: "Analysis of polychlorinated dioxines and furanes", *Environmental Science and Technology* 18 (1984) 78A-90A.

Beskriver analytiska metoder och ger en översikt av och hänvisningar till litteratur om bildning, källor, studerade olyckor, miljöförekomst och effekter.

A.2. Jean M. Czuczwa and Ronald A. Hites: "Environmental Fate of Combustion - Generated Polychlorinated Dioxines and Furanies", *Environmental Science and Technology* 18 (1984) 444-450.

Sedimentstudie av central betydelse i diskussionen om dioxinernas historiska förekomst och ursprung. Studien tas även upp i "Science", nov -84.

A.3. A. Nottrodt, K.D. Sladek, W. Zoller, H. Buchert, Th. Class, W. Krämer, S. Kohule, H. Magg, P. Mayer, W. Schäfer, M. Swerew und K. Ballschmiter: "Emissionen von polychlorierten Dibensodioxinen und polychlorierten Dibensofuranen aus Abfallverbrennungsanlagen", *Müll und Abfall* 16 (1984) 313-330.

Presenterar nya och jämför med tidigare mätresultat från sopförbränning. Diskuterar de kemiska ämnenas bildning och förekomst i olika utflöden samt strategi för fortsatta studier.

B. Rapporter

B.1. Statens Naturvårdsverk (Tekniska avdelningen, avfalls- och återvinningsenheten): "PM över dioxinutsläpp mm vid avfallsförbränning", 1985-02-11 (16s)

Rapporten bakom SNV:s framställning om ett års moratorium och andra åtgärder för sopförbränningsanläggningar.

B.2. Ulf Ahlborg: "Toxikologiska effekter av klorerade dioxiner och dibensofuraner", från Trygg-Hansas konferens om dioxinfaran 85-03-19 (9s).

Lättläst toxikologisk översikt.

B.3. Jan Bergström och Tomas Öberg: "Bildning av klorerade dioxiner vid förbränning", från Trygg-Hansas konferens om dioxinfaran 85-03-19 (21s).

Presenterar problem kring kemiska reaktioner och inverkan av olika parametrar vid förbränning.

C. Populärvetenskapliga översikter

C.1. DIOXIN-Tatsachen und Hintergründe, Verlag Kölner Volksblatt, 1984.

Brett upplagd översikt på 152 sidor, skriven av ett flertal engagerade författare som täcker olika delproblem.

C.2. Artikelserie i Ingenjörsvetenskapsakademins tidning "Ny Teknik" vintern 1984/85.

Denna artikelserie har haft stor betydelse för att dioxinproblemet kommit i rampljuset här i Sverige.

Sakregister

ÄMNEN OCH BESTÄMNING:	sid
Analyskompetens i Sverige	15, 16, 19
Analyskostnader	16-17
Analysmetodik	10-14
Dioxiner som ämnesgrupp	8-9
Dioxinliknande ämnesgrupper	8, 10
Gaskromatografi	12
Masspektrometri	10-11
Provtagning i luft	73
Provtagning i rökgaser	17-20, 47, 49
Standardsubstanser, isotopmärkta	11-14, 18
The dirty dozen	8-9, 37
Upparbetning-återfinningsgrad	11-14

BILDNING OCH KÄLLOR:

Bilavgaser	33
Danmark	31-34
Dioxinkällor, potentiella	22-24, 32, 80
Förbränning, bildningsmekanismer	21, 24, 26-27
dekloreringsmekanismer	21-22, 24, 69-70
Industrikemikalier, dioxiner från	27-28
Katalytiska förbrännings- reaktioner	27, 63
Klor, oorganiskt	48, 63, 76-77
Klor, organiskt gentemot oorganiskt	22, 27, 64, 77
Klorfenoler, dioxiner från	27-28, 74
Klorkolväten i luft	22, 24, 71
Klorkolväten, pyrolytisk förbränning	21, 28
Kol, klorförekomst	26-27
Koleldning	23, 30-32
PCB, furaner från	28, 75
Pyrolytisk bildning	22, 28
Skogsbränder	22
Syntes på laboratorium	25-26
Torveldning	31

SPRIDNING OCH OMVANDLING:

Dioxinförekomst, långtidstrend	23, 31, 80
Djur, dioxiner i	35-37, 71-72

Fisk, dioxiner i	25, 31, 72
Fotokemisk nedbrytning i luft	70-71
Fotokemisk nedbrytning i lösning	22, 70
Halveringstider	35-36, 71
Jordprover, dioxiner i	11, 33, 35
Komjök, dioxiner i	36, 71-72
Livsmedel, dioxiner i	24-25, 72
Långdistanstransport med luft	25, 29, 70-71, 73
Modersmjök, dioxinstudier	36-39, 80-81
Människa, dioxiner i	35-36
Människa, dioxinupptag	71-72
Näringskedjor	36-37
Partikelfas, gentemot gasfas	20, 64-65
Planering av dioxinstudier	16-17, 37-39
Sedimentstudier	13, 23, 31
Tätortsluft, dioxinstudier	32-34

MILJÖ- OCH HÄLSOEFFEKTER:

Beteendestörningar	43
Cancer	40-44
Dos, daglig	41-43, 81
Dos-respons	41-44
Enzyminduktion	40-45
Genotoxiska effekter	40-41
Fosterskador	40-41
Hälsoeffekter, upptag via föda	44
Hälsorisker, långsiktiga	44
Intag, dagligt	41-43, 81
Jordprover, dioxintoxicitet	45-46
Receptor ("TCDD-receptor")	41, 45
Risker, myndighetsbedömning	43-46
Synergism	45
Säkerhetsfaktor, toxikologisk	42
Toxikologisk bedömning	42-43, 46, 81
Tröskelvärde	41-43

AVFALLSFÖRBRÄNNING - TEKNIK OCH UTSLÄPP:

DRAV	49-50
Fluidbäddar	52-55, 61
Flygaska	47, 65
Förbränning, uppehållstid	55, 69-70
Gränsvärden för utsläpp	68
Kalktillförsel	61-62, 64-65, 68
Klorlast	63-64
Nollutsläpp	66-68
PAH, jämförelse med	66-67
RDF	50-52, 56, 61
Rökgasrening	61-62, 64-66, 68-69

Rökgaskondensering	66-68
Rökgasprovtagning	17-20, 47, 49
SAKAB, Norrtorp	59, 61-63, 69-70
Skorstenar	73
Sopförbränning	
Avesta	49, 60
bättre teknik	54, 65-68
driftstörningar	61-62
Eksjö	52-53
intrimning	49-50, 57, 60-62
Linköping	50-51, 57, 60-61
Sundsvall	53
SYSÄV, Malmö	49-51, 57, 60-62
Umeå	49, 58-59
Temperatur	54, 58
Turbulens	53-54
Virvelbäddar	52-55, 61

RISKAVFALL OCH ÅTGÄRDER:

Deponering	64-65, 79-80
Ekonomi, sopförbränning	66, 79
Matavfall	76-77
Miljöfarligt avfall	75
Papper, klorblekt	32, 77
PVC, miljöfarligt avfall	75
PVC, substitut - separering	75-77
Sopförbränning	
bästa teknik	78-79
ekonomi	66, 79
Sopor	
dioxiner i	14, 74
inhomogenitet	56
källsortering	76-78
sammansättning	48