

KOLVÄTEN I VÄSTSVÄRIGES LUFT

GÖRAN PETERSSON

Rapport till Göteborgsregionens luftvårdsförbund
december 1983

Syftet med här redovisad undersökning har varit att bestämma kolvätehalter i luft som är minimalt förorenad av lokala utsläppskällor. Kännedom om dessa halter är viktig bl a för en förståelse av luftföroreningarnas redan akuta hot mot grödor och skogar. Bakgrundshalter ger också en viktig bedömningsgrund för hälso- och miljörisker med tätorternas mycket högre föroreningsnivåer.

Med tanke på problemets betydelse i vitt skilda kretsar har rapporten skrivits så att den kan läsas utan vetenskapliga specialkunskaper.

Innehållsförteckning

MÄTNINGAR OCH MÄTRESULTAT	sid 1
Provtagnings- och analysmetodik	1
Resultat	1
Olika kolväten och kolvätekällor	5
SPRIDNING OCH OMVANDLING	6
Naturlig förekomst?	6
Kolvätenas spridning	7
Bakgrundshalter	7
Dagtidshalter	8
Haltförhållanden mellan olika kolväten	9
Fotokemisk nedbrytning	11
Bensen i biosfären	12
Klorkolväten	13
Sekundära luftföroreningar	15
LITTERATURREFERENSER	17

MÄTNINGAR OCH MÄTRESULTAT

Kunskaperna om bakgrundshalter för kolväten har tidigare varit dåliga. Däremot finns mängder av undersökningar som redovisar kolvätehalterna i olika tätortsmiljöer. Orsaken är att regionala halter är mycket lägre än halterna i tätortsluft och därmed ojäm- förligt mycket svårare att bestämma noggrant rent tekniskt. Därtill kommer svårigheterna att ta representativa prover så att inverkan av lokala kolvätekällor undviks. Underlaget för denna rapport har tagits fram under en tidsperiod av två år vilket möjliggjort jäm- förelser och slutsatser som bygger på ett stort antal analyser av olika slag.

Provtagnings- och analysmetodik. En lätt personburen utrustning har använts för provtagningen. Denna har därför kunnat ske på fritt valda platser med liten risk för lokal påverkan från t ex motorfordon. Utrustningen består av en pump som ger ett konstant luftflöde genom ett rör. Röret är fyllt med ett material som tar upp kolväten ur luften som passerar.

Efter transport till laboratoriet analyseras provet med gaskroma- tografisk metodik. De upptagna kolvätena skiljs då från varandra och registreras var för sig som toppar med ett karakteristiskt läge (jfr omslaget). Mängden av varje ämne kan bestämmas från toppens area som beräknas automatiskt. Metodik och analytiska svårigheter finns utförligt beskrivna (ref. 1).

Resultat. Analysresultat från representativa nättmätningar och en dygnsmätning finns återgivna i Tabell I. Det första provet är taget på stranden av Särö Västerskogs naturreservat ett par mil söder om Göteborg. Det kan antas nära svara mot bakgrundshalter i luft som förs in över västkusten från havssidan. De tre därpå följande proverna ger exempel på för Göteborgsregionen mer normala halter. En del motor- fordonstrafik m m i vindriktningen ger klart förhöjda halter. Det fjärde provet har tidigare använts för att exemplifiera regionala halter i en studie av kolväten från Volvos och Saabs billackerings- anläggningar (ref. 2). Dubbelprovet från centrala Götaland vid

västlig vind visar på halter av samma storleksordning som för det första västkustprovet. Dygnsprovet från samma område uppvisar något förhöjda halter orsakade av fordonstrafik.

I Tabell II redovisas ett antal representativa prover tagna under dagtid i Göteborgsregionen. De tre Säröproverna svarar mot luft som förs in från öppna havet. De är tagna innan säsongen för fritidsbåtar börjat. De två proverna från Södra Långvattnet inom Mölndals kommun visar på ungefär lika höga halter i luftmassor som förs in mot Storgöteborg från landsidan. För det näst sista provet och det sista vinterprovet från samma område orsakar kolvätekällor i vindriktningen något förhöjda halter.

Tabell I. BAKGRUNDSFÖRORENING AV KOLVÄTEN ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) I VÄSTSVERIGES LUFT ^a

	Särö	Särö ^d	Gunnebo ^e	Gunnebo ^f	Jönköping, skogsområde ^g	Jönköping ^h	
	SV-stranden	SV-stranden	Herkulesgården	Herkulesgården	5 km NV centrum	5 km NV	
	810701-02	810702-03	830512-13	810216-17	810704-05	830618-19	
	21.25-10.10	21.40-08.00	19.20-09.20	21.30-07.45	21.30-07.30	11.20-11.20	
	hård SV vind	SV-SO vind	S vind	svag N vind	frisk V vind	svag N vind	
	15°C, halv-	15°C, halv-	10°C, mullet	-5°C, klart	10°C, halvklart	10-25°C, klart	
	klart	klart					
	8873 ml	4507 ml	9347 ml	9100 ml	3994 ml	5469 ml	
						2302 ml	
bensen	0.24 ^C	0.41	0.65	0.93	0.28	0.23 ^C	0.29
toluen	0.29	0.71	0.76	1.22	0.20	0.19	0.35
etylbenzen	0.05	0.12	0.16	0.23	0.04	0.03	0.07
xylen (m, p)	0.06	0.33	0.26	0.58	0.07	0.08	0.15
xylen (o)	0.03	0.12	0.12	0.21	0.02	0.02	0.05
1-etyl-3-metylbenzen	0.01	0.09	0.06	0.10	0.01	-	0.03
1,2,4-trimetylbenzen	0.02	0.11	0.08	0.14	-	-	-
n-hexan	0.06 ^C	0.17 ^C	0.16 ^C	0.34	0.12 ^C	0.08 ^C	0.09
2-metylhexan	0.02	0.08	0.08	0.13	0.03	0.02	0.02
3-metylhexan	0.02	0.08	0.08	0.13	0.03	0.02	0.03
metylcyklohexan	0.01	0.01	0.02	0.03	-	0.01	0.01
n-heptan	0.03	0.08	0.09	0.16	0.04	0.03	0.03
n-oktan	0.03	0.05	0.05	0.09	0.02	0.03	0.03
n-nonan	0.03	0.06	0.06	0.11	0.02	0.03	0.06
n-dekan	0.02	0.07	0.04	0.10	0.01	0.01	0.06
n-undekan	0.02	0.03	0.04	0.07	0.01	0.01	0.06
trikloretylen ^b	0.10	0.07	0.18	0.18	0.12	0.09	0.17
tetrakloretylen ^b	0.13	0.10	0.40	0.16	0.13	0.12	0.15

^a Provtagnings- och analysmetodik beskriven i Intern. J. Environ. Anal. Chem. 11 (1982) 211-219. ^b FID-Respons 0.20 (trikloreten) och 0.16 (tetrakloreten) jämfört med 1.00 för samtliga egentliga kolväten. ^c Värderna kan vara något för lågt p g a genombrott i adsorbenttröret vid provtagningen. ^d Vindkantring förde på morgonen ut en del luft från landsidan med bl a en motorväg på någon kilometers avstånd. ^e Trafikled och bebyggelse på ett par mils avstånd och en väg på ett par hundra meters avstånd i vindriktningen. ^f Vinterprov. Trafikleder och stadsbebyggelse på ungefär en halvmils och större avstånd. ^g Dubbelprov. Endast ett par sparsamt trafikerade småvägar inom någon mils avstånd. ^h Mindre väg på ett par hundra meters avstånd och trafikled på någon mils avstånd ger förhöjda halter.

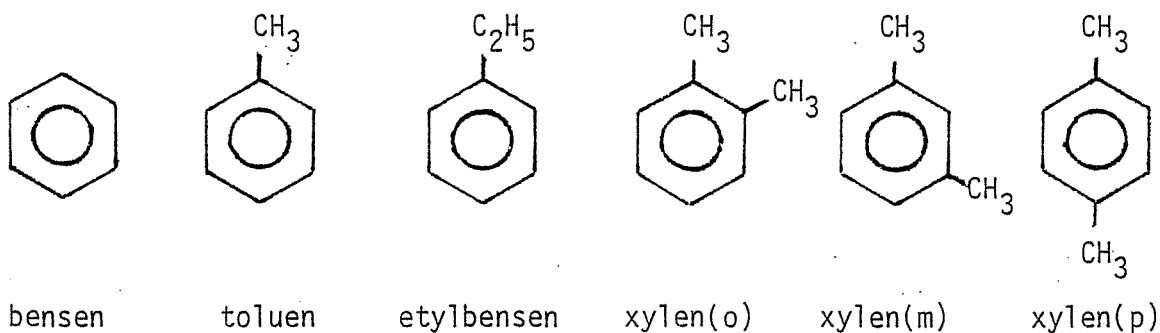
Tabell II. REGIONALA VÄSTSVENSKA LUFTHALTER AV KOLVÄTEN ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) UNDER DAGTID^a

	Särö sydväststranden, reservatet fredag 830408 15.15-22.15 SSV vind 5-10°C, halvklart 4820 ml	3776 ml	Särö ^d SV-stranden L 830430 11.00-18.15 frisk V vind 10°C, mulet 6000 ml	Gunnebo ^e S. Långvattnet To 830421 09.10-19.00 SO vind 10-15°C, klart 6632 ml	Gunnebo ^e S. Långvattnet L 830507 15.30-18.30 SSO vind 15°C, halvklart 1723 ml	Gunnebo ^f Herkulesgården S 830508 08.20-10.40 byig OSO vind 15°C, klart 1890 ml	Gunnebo ^g Herkulesgården 810217 11.45-18.45 svag NNO vind 0°C, klart 5629 ml
bensen	1.02	0.93	1.20	0.55 ^c	1.02	1.06	0.85
toluen	0.68	0.65	0.59	0.48	0.55	0.72	0.89
etylbenzen	0.14	0.14	0.13	0.11	0.12	0.14	0.21
xylen (m, p)	0.20	0.19	0.14	0.17	0.16	0.19	0.54
xylen (o)	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.07	0.17
1-etyl-3-metylbenzen	0.04	0.03	0.02	0.03	0.05	0.06	0.08
1,2,4-trimetylbenzen	0.04	0.03	0.02	0.04	0.04	0.04	0.11
n-hexan	0.22	0.19	0.16 ^c	-	0.20	0.33	0.29
2-metylhexan	0.07	0.06	0.03	0.03 ^c	0.08	0.12	0.10
3-metylhexan	0.07	0.06	0.04	0.03 ^c	0.09	0.14	0.10
metylcyklohexan	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.03
n-heptan	0.08	0.08	0.06	0.08	0.11	0.18	0.13
n-oktan	0.07	0.07	0.04	0.03	0.05	0.09	0.09
n-nonan	0.08	-	0.08	0.04	0.07	0.11	0.10
n-dekan	0.05	0.05	0.03	0.03	0.07	0.09	0.09
n-undekan	0.03	-	0.03	0.02	0.07	0.06	0.07
trikloretylen ^b	0.19	0.21	0.28	0.35	0.36	-	0.28
tetrakloretylen ^b	0.19	0.19	0.41	0.33	0.32	0.31	0.22

^a Provtagnings- och analysmetodik beskriven i Intern. J. Environ. Anal. Chem. 11 (1982) 211-219. ^b Responsfaktorerna (FID) 0.20 för trikloretylen och 0.16 för tetrakloretylen har använts, jämfört med 1.00 för samtliga egentliga kolväten. ^c Värdet kan vara något för lågt p g a genombrott i adsorbentröret vid provtagning. ^d Hög luftfuktighet med en del lätt regn.

^e Vind från en sektor utan biltrafik på nära håll och utan trafikleder och tätorter på flera mils håll. Soluppvärmning av adsorbentröret gav ökad genombrottsrisk för aprilprovet. ^f En väg på ett par hundra meters avstånd. ^g Vinterprov. ^h Trafikleder och bebyggelse på avstånd.

Olika kolväten och kolvätekällor. I Tabell I-II redovisas överst lufthalter för de dominerande ämnena inom gruppen aromatiska kolväten. Denna omfattar bensen och s k alkylbensener bland vilka toluen och xylen är de viktigaste och mest välkända. Xylen utgörs av tre enskilda ämnen med inbördes något olika strukturer. Bensenringen med sex kolatomer utgör grundstrukturen för samtliga alkylbensener.



De aromatiska kolvätena utgör närmare hälften av innehållet i bensen. I de flesta områden är därför bilavgaser inklusive viss bensenavdunstning den dominerande källan till dessa luftföroreningar. Oljespill, transporter av olika petroleumprodukter och användning av petroleum-baserade lösningsmedel orsakar också en betydande kolvätespridning över såväl land som hav. Industriella utsläpp till luft är lokalt ofta mycket större än bilismens mer spridda utsläpp. Välkända exempel är bensen från Esso i Stenungsund och xylen från Volvo på Hisingen (ref. 2). Kolväten från kända industriella punktkällor har dock naturligtvis varit lättare att undvika än de många små diffusa källorna vid studierna av bakgrundshalter.

I tabellerna redovisas också värden för en grupp alifatiska (icke-aromatiska) kolväten. De fem första är typiska komponenter i bensen och bensenavgaser medan de tre sista är typiska för dieselolja, dieselavgaser och lätt eldningsolja. Några icke bestämda alifatiska kolväten med sex eller färre kolatomer förekommer i halter liknande dem för tabellens alifatiska kolväten. Hundratals kända aromatiska och icke-aromatiska kolväten med fler än sex kolatomer finns i halter som är lägre än de uppmätta. Med kännedom om kolvätesammansättningen i dominerande föroreningskällor som bensen och avgaser kan halter av icke bestämda kolväten uppskattas. Detta är möjligt

eftersom såväl denna rapport som många andra visar att kolväten med likartad struktur sprids och omvandlas på ett relativt likartat sätt.

Tabellernas två klorkolväten är lösningsmedel med stor användning. Den tillämpade bestämningsmetodiken ger lägre noggrannhet för dessa än för de övriga, egentliga kolvätena.

Flera undersökningar av uppmärksammade s k polycykliska aromatiska kolväten (PAH) finns. Halterna av dessa är av storleksordningen en hundradel av halterna av de kolväten som redovisas i denna rapport.

SPRIDNING OCH OMVANDLING

Kolvätenas ekotoxikologi, d v s deras spridning, omvandling och effekter i ekosystemen, är den självklara utgångspunkten för en diskussion och bedömning av miljörisker. Allmänna ekotoxikologiska grunder och principer har nyligen sammanställts i en kortfattad översikt (ref. 3).

Naturlig förekomst? Kemiska miljöstörningar orsakas som regel av avvikelser från ekosystemens naturliga halter av olika kemiska ämnen. En grundläggande frågeställning är därför i vilken utsträckning de lägsta uppmätta regionala halterna svarar mot en naturlig förekomst av kolväten.

Med undantag av klorkolvätena ingår samtliga tabellerade kolväten i råolja. De kan alla läcka ut i atmosfären genom t ex sprickor i berggrunden och måste därför betraktas som naturliga komponenter i luft. Allt tyder dock på att denna naturliga förekomst åtminstone i Skandinavien är försvinnande liten jämfört med den antropogena, d v s av människan orsakade bakgrundsförureningen av luft. En auktoritativ studie från EPA, d v s USA:s motsvarighet till Statens Naturvårdsverk, anger enbart antropogent ursprung för bensen, toluen och xylen (ref. 4).

Vissa kolväten kan också bildas och avges av levande organismer, särskilt träd och andra växter. Detta gäller främst s k terpenener och i små mängder i vissa växtoljor en del andra icke-aromatiska kolväten. I samband med denna undersökning har analyser av luft från många olika biotoper gjorts. Inga resultat som tyder på några bidrag från naturliga källor har kunnat observeras när det gäller de i tabellerna redovisade ämnen.

Kolvätenas spridning. Vid hård västlig vind transporteras luft till Sveriges västkust på ett par timmar från Danmark och på ca ett dygn från Storbritannien och Nordsjöns oljefält. Svaga vindar ger förstås motsvarande längre överföringstider. Under transporten omblandas luftföroreningar i både sidled och höjdlid och späds ut kraftigt inte minst när det blåser hårt. Dessutom bryts många till en del ned fotokemiskt. Halterna orsakade av ett visst utsläpp minskar därför med ökande avstånd från källan. Bestämningarna av regionala halter har gjorts med hänsyn till detta så att kända utsläppskällor på nära håll undvikits.

Transport med luft är den enklaste och bäst kända formen för spridning av bl a kolväten. Men det är också så att hav, sjöar, nederbörd, mark och vegetation tar upp kolväten från luft och också avger kolväten till luft. Dessa mer sällan beaktade spridningsvägar påverkar naturligtvis även de bakgrundshalterna i såväl tid som rum.

Bakgrundshalter. Tre nattprover i Tabell I uppvisar låga värden och liten påverkan från närliggande kolvätekällor. Dessa halter kan antas nära svara mot bakgrundshalter för Västsverige. Värden för några valda kolväten sammanfattas i Tabell III.

Tabell III. BAKGRUNDSHALTER ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) FÖR VÄSTSVERIGE

bensen	0.3
toluen	0.25
etylbensen	0.05
xilen (o,m,p)	0.10
n-heptan	0.04

De tre bakgrundsproverna har tagits vid vindar som gett kraftig luftomblandning. Därigenom elimineras faktorer som kan ge otypiska resultat. En sådan är de nattetid mycket vanliga s k markinversionerna som hindrar omblandning i höjddled. Även små närbelägna kolvätekällor som t ex enstaka bilar kan då ge märkbart förhöjda halter.

En andra av frisk vind reducerad osäkerhetsfaktor är kolväteupptagning på bl a vegetation. Denna kan antas variera kraftigt för olika väderförhållanden och biotoper och sänker lufthalterna mer eller mindre. Ett par analyser från skogsbiotoper utanför Jönköping har visat på halter som är knappt hälften av tabellens. De i Tabell III angivna bakgrundshalterna får därför inte ses som de lägsta förekommande halterna i regionen. De bör snarare ses som representativa för större, lokalt opåverkade luftmassor över Västsverige.

Dagtidshalter. De fem första dagtidsproverna redovisade i Tabell II påverkas inte av några kända närliggande kolväteutsläpp. Halterna i luft som kommer in mot Göteborg från havssidan och från landsidan är ungefär lika höga. En jämförelse med motsvarande nattprover i Tabell I visar att kolvätehalterna under dagtid är betydligt högre. Två huvudorsaker kan antas vara följande:

- Lokala kolväteutsläpp från trafik och andra källor är mycket större under dagtid än nattetid.
- Balansen mellan kolväten i luft och kolväten i mark, vatten och vegetation förskjuts oftast mot luft under dagtid eftersom en högre temperatur orsakar avdunstning m m.

De stora utsläppen från Göteborgsregionen (ref. 5-7) kan antas medföra en betydande kolväteupplagring i omgivande miljö. Avgivning från miljön till luft är därför en trolig bidragande orsak till de förhöjda och förvånansvärt konstanta lufthalterna. Några mätningar i skogsområdet utanför Jönköping tyder på att dagtidshalterna där ligger nära natthalterna då lokala källor kunnat undvikas. De här redovisade dagtidshalterna bör därför i första hand ses som typiska för Göteborgsregionen och inte för hela Västsverige.

Haltförhållanden mellan olika kolväten. I Tabell IV jämförs typiska regionala daghalter med de tidigare diskuterade bakgrundshalterna för Västsverige. De jämförs också med inbördes haltförhållanden i typiskt avgasförorenad tätortsluft. Slutligen ger tabellen också haltförhållanden för Volvo Torslandas välkända stora industriella kolväteutsläpp.

Tabell IV. HALTFÖRHÅLLANDEN MELLAN OLIKA KOLVÄTEN

	Regionala halter dagtid (jfr Tabell II) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bakgrundshalter i Västsverige (jfr Tabell I) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Relativhalter Gatuluft (jfr ref. 1) xylen = 1.0	Relativhalter Volvo, Torslanda (jfr ref. 2) xylen = 1.0	Halveringstider fotokemiskt i luft (jfr ref. 4 och 8) dagar
C ₆ bensen	0.9	0.3	0.4	0.03	8.3
C ₇ toluen	0.6	0.25	1.0	0.12	1.9
C ₈ etylbensen	0.12	0.05	0.20	0.3	1.4
C ₈ xylen (<u>o</u> , <u>m</u> , <u>p</u>)	0.20	0.10	1.0	1.0	0.7 ^a
C ₉ 1,2,4-trimetylbensen	0.03	0.02	0.25	0.2	0.3
<u>n</u> -heptan	0.08	0.04	0.08	0.01	2-3

^a o-xylen 0.8; m-xylen 0.5; p-xylen 0.9

Direkt påverkan av stora industriella källor har undvikits vid mätningarna. De regionala haltförhållandena skulle därför kunna förväntas närmast likna dem för gatuluft. Denna avspeglar ju kolvätesammansättningen för de mängdmässigt dominerande och vitt spridda utsläppen av bensen och bilavgaser. I stället visar tabellen att bakgrundshalterna och särskilt daghalterna förskjuts kraftigt mot en ökad andel bensen. Samtidigt minskar andelen xylen och i ännu högre grad andelen alkylbensener med fler än åtta kolatomer.

Dessa förskjutningar kan inte förklaras av motsvarande direkta antropogena utsläpp till luft. Eldning av olja och andra fossila bränslen i villor och i större anläggningar ger visserligen kolväteutsläpp med en hög andel bensen. Kolväteutsläppen av lösningsmedel är emellertid mycket större och i dessa är sammansättningen kraftigt förskjuten mot tyngre kolväten. Detta exemplifieras av Volvos utsläpp.

En trolig orsak till den förändrade kolvätesammansättningen i regional luft är i stället att kolvätenas flyktighet minskar med ökande antal kolatomer. Bensen avdunstar därför i större utsträckning än t ex xylen från bensen, oljespill och andra petroleumprodukter. På liknande sätt upptas xylen i större grad än bensen av mark, vatten och vegetation och avges också åter till luft i mindre grad än bensen.

En andra huvudorsak till de avvikande regionala relativhalterna är fotokemiska reaktioner i luft.

Fotokemisk nedbrytning. Kolväten i luft bryts ned fotokemiskt d v s under inverkan av ljus. Olika kolväten reagerar olika snabbt. I Tabell IV anges det antal dagar som behövs för att lufthalten skall minska till hälften (ref. 4). Tiderna svarar mot amerikanska förhållanden och är genomsnittligt troligen något längre i Sverige. Skillnaderna i nedbrytningshastighet mellan olika kolväten kan antas vara likartade i USA och i Sverige.

Som framgår av Tabell IV bryts bensen ned långsamt och alkylbensener i stort sett snabbare ju fler kolatomer de innehåller. Fotokemisk nedbrytning ger därför haltförskjutningar som går i ungefär samma riktning som dem skillnaderna i flyktighet orsakar.

Att fotokemisk nedbrytning spelar en viktig roll för de observerade haltförskjutningarna visar en jämförelse mellan några kolväten med samma molekylvikt och därmed ungefär samma flyktighet. Sålunda ökar andelen etylbensen jämfört med xylene. Xylene reagerar snabbare fotokemiskt. Halten av m-xylene minskar samtidigt jämfört med o-xylene och p-xylene vilka bryts ned långsammare.

Eftersom fotokemisk nedbrytning kräver dagsljus påverkar den haltrelationerna starkast för dagtidsproverna. En tydlig effekt märks dock även på bakgrundsproverna tagna nattetid. Föroreningarna i denna luft har ju utsatts för fotokemisk påverkan under en eller kanske flera föregående dagar.

Bensen i biosfären. Bensen har sedan länge ansetts vara det mest miljö- och hälsofarliga av de kolväten som omfattas av denna studie. Ett uppseendeväckande och oroande resultat är därför att just bensen förekommer i högst halter i regional luft av samtliga studerade kolväten. De uppmätta absoluthalterna är också anmärkningsvärt höga.

En grov uppskattning av mängden bensen i luften över Västsverige pekar mot 100-1000 ton. Totalmängden är sannolikt mer än tio gånger större än den mängd som släpps ut inom området varje dygn.

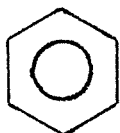
Bensen är också speciellt på så sätt att mängderna som transporteras in över Västsverige åtminstone vid västlig och sydlig vind kan vara ungefär lika stora per dygn som de i området utsläppta. Samtidigt förs minst lika stora mängder ut med vindar från Västsverige. Parallellen med de försurande oorganiska svavel- och kväveföreningarna är uppenbar. För samtliga övriga studerade egentliga kolväten är däremot intransporten utifrån liten eller försumbar jämfört med mängderna som släpps ut inom området.

Som tidigare diskuterats tyder resultaten på att kolvätena så att säga pendlar fram och tillbaka mellan luft å ena sidan och vatten och mark å den andra. Detta gäller förstås i särskilt hög grad bensen som har lång fotokemisk halveringstid och relativt hög flyktighet. Liksom övriga kolväten har bensen lipofila egenskaper och fångas därför effektivt upp ur pendlingskretsloppet av växter och djur. Genom att bensen också metaboliseras långsamt kan en kraftig anrikning ske i levande organismers fettinnehållande vävnader. Sådana vävnader är bl a de störningskänsliga biologiska membranerna och nervcellerna.

En speciell konsekvens blir förekomst av bensen i livsmedel. De höga halter som uppmätts i ägg och många andra produkter bör främst kunna tillskrivas lokal förorening. Resultaten av denna studie tyder dock på att luftförorening även orsakar en regional livsmedelsförorening. Tidigare har man ibland trott på en naturlig bildning av bensen i olika livsmedel som förklaring till påvisad förekomst.

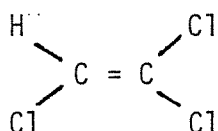
Klorkolväten. Som framgår av Tabell I och II uppvisar bensen och toluen de högsta uppmätta halterna i regional luft. Därefter följer de båda klorkolvätena trikloreten och tetrakloreten. För vart och ett av dessa är bakgrundshalterna ungefär $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och de regionala daghalterna $0.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I vanlig tätortsmiljö förekommer däremot ett stort antal kolväten från bensin och avgaser i högre halter än de två klorkolvätena. Förklaringen står att finna i klorkolvätenas höga stabilitet mot fotokemisk nedbrytning. Trikloreten kan jämföras med bensen i detta avseende och tetrakloreten har en ännu mycket längre livslängd i luft (ref. 4). Följande schema jämför strukturer och halveringstider:

bensen



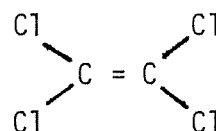
8 dagar

trikloreten



5 dagar

tetrakloreten



70 dagar

De jämförelsevis höga halterna av de två klorkolvätena gör vidare studier angelägna. Säkrare resultat för flera halogenkolväten bör kunna uppnås med för dessa specialanpassad analysmetodik.

Liksom bensen metaboliseras klorkolvätena långsamt och anrikas i organismer. Persistensen är dock inte lika stor som för de i miljösammanhang mer välkända klorkolvätena DDT och PCB. Anrikningen i näringskedjor och effekten på toppkonsumenter blir därför inte lika stor och tydlig. Detta gör på sätt och vis bensen och de flyktiga klorkolvätena till mer förrädiska miljögifter eftersom deras giftverkan drabbar levande organismer mindre selektivt.

Såväl bensen som tri- och tetrakloreten är också mutagena och cancerogena. Cancerrisken vid lika doser jämfört med det mer välkända ämnet vinylklorid anges vara lika stor för trikloreten och dubbelt så stor för tetrakloreten och bensen (ref. 4).

Naturlig förekomst av de två klorkolvätena är inte känd. Detta inger speciella farhågor ur miljösynpunkt (ref. 3).

Klorkolvätenas på senare tid avslöjade miljö- och hälsofarliga egenskaper gör att nuvarande utsläpp framstår som än mer allvarliga. Detta gäller de stora emissionerna av trikloreten från verkstadsindustrier som SKF i Göteborg (ref. 9); men det gäller också teckentvättarnas utsläpp av tetrakloreten. Förutsättningar i form av reningsteknik finns för kraftiga minskningar av de flesta utsläpp. På längre sikt kommer sannolikt användningen av klorkolväten för olika ändamål att helt stoppas av miljö- och hälsoskäl.

Sekundära luftföroreningar. Enligt det klassiska synsättet på miljögifter borde de diskuterade relativt persistenta ämnena också vara de miljöfarligaste. Numera vet man emellertid att reaktiva ämnen ofta kan medföra väl så stora risker (ref. 3). Detta gäller inte minst de här studerade kolvätena och deras nedbrytningsprodukter.

Vid den fotokemiska nedbrytningen i luft bildas från varje enskilt kolväte ett stort antal nya ämnen. Många av dessa är oxiderande och mycket reaktiva. De brukar kallas (fotokemiska) oxidanter. Kväveoxider deltar i bildningsreaktionerna. Några huvudgrupper av kolinnehållande oxidanter är:

Aldehyder	RCHO
Peroxider	ROOH
Peroxiacylnitrater	R(CO)OONO ₂
Alkylnitrater	RONO ₂

Exempel på enskilda oxidanter är formaldehyd, HCHO, och peroxiacetylnitrat (PAN), CH₃(CO)OONO₂. Bildning och nedbrytning av oxidanter sker i reaktionskedjor som vanligtvis innefattar en mängd olika ämnen (ref. 8). Som en fotokemisk slutprodukt bildas den dominerande och i luft relativt stabila oxidanten ozon. Stabiliteten gör ozon till ett mer storregionalt luftföroreningsproblem än de reaktiva kolinnehållande oxidanterna. De större kunskaperna om ozonhotet (ref. 10) har troligen inneburit att miljö- och hälsoriskerna med de många övriga mer svårstuderade oxidanterna hittills har underskattats.

Ju snabbare ett kolväte reagerar fotokemiskt ju högre blir i princip lufthalterna av det i utsläppets närområde jämfört med regionala halter. Xylen kan t ex antas ha en fotokemisk halveringstid på ungefär en dag. Detta innebär att ungefär halva mängden xylen från Volvo Torslanda eller från Göteborgs bilavgaser försvunnit på ett avstånd motsvarande ett dygns vindtransport. Denna xylenmängd har i stället överförs till ett stort antal kolinnehållande oxidanter. De flesta av dessa bildas snabbare än ozon och är mer kortlivade än xylen. Detta leder till att även dessa oxidanter drabbar regionen kring Göteborg hårdast.

Dag, sommar, värme och sol gynnar fotokemisk nedbrytning och koncentrerar förekomsten av såväl kolväten som kolinnehållande oxidanter till emissionsområdena. Natt, vinter, kyla och molnighet leder till spridning över större regioner. Samtidig emission av kväveoxider nära kolväteutsläppen påskyndar oxidantbildningen. Ozon kan bidra till snabbare bildning av kolinnehållande oxidanter genom reaktion med vissa kolväten. För ozon innebär detta ofta att halterna sjunker i områden med kolväteutsläpp och i stället blir högst flera mil i lä av större utsläpp av kolväten och kväveoxider som t ex Göteborgs (ref. 10).

LITTERATURREFERENSER

1. Göran Petersson: "Trace Analysis of Hydrocarbons in Air Using Standard Gas Chromatographic and Personal Sampling Equipment". Intern. J. Environ. Anal. Chem. 11 (1982) 211-219.
2. Göran Petersson: "Ambient Hydrocarbons from Motor-Car Assembly Plants in Scandinavia". Environ. Pollut. Ser. B 4 (1982) 207-217.
3. Göran Petersson: " Ekotoxikologi". Kemisk Tidskrift, 1983, nr 11-12 (9 s).
4. H.B. Singh, L.J. Salas, A.L. Smith och H. Shigeishi: "Measurements of some Potentially Hazardous Organic Chemicals in Urban Environments". Atmospheric Environment 15 (1981) 601-612.
5. "Underlagsrapport för luftkontrollprogram i Göteborgsregionen". Länsstyrelsen i Göteborgs och Bohus län, sept 1979 (109 s).
6. "Redogörelse för utsläpp av kolväten till atmosfären". Rapport till Göteborgs Hälsovårdsnämnd, VBB, dec 1980.
7. Ulf Duus: "Luftföroreningar i Göteborgsregionen". Göteborgsregionens Kommunalförbund, sept 1982 (79 s).
8. R.A. Cox, R.G. Derwent och M.R. Williams: "Atmospheric Photo-oxidation Reactions. Rates, Reactivity, and Mechanism for Reaction of Organic Compounds with Hydroxyl Radicals". Environ. Sci. Technol. 14 (1980) 57-61.
9. "Flyktiga organiska ämnen i Gamlestadsområdet". Rapport till Göteborgsregionens Kommunalförbund, SIK, aug 1982 (13 s).
10. Lena Skärby: "Effekter av luftföroreningar på vegetation. Fotokemiska oxidanter". Statens Naturvårdsverk, PM 1562, 1982 (90 s).