

# BILAVGASER OCH SKOGSDÖD



CHALMERS  
FORSKARFÖRHÖR

Rapport nr 4

# **BILAVGASER OCH SKOGSDÖD**

RAPPORT FRÅN ETT FORSKARFÖRHÖR  
på Chalmers tekniska högskola  
den 25 mars 1985

Redaktör:

Fil kand Marie Arehag  
Chalmers tekniska högskola

# Innehållsförteckning

Chalmers forskarförhör	sid	3
Medverkande	sid	4
Sammanfattning	sid	5
Inledning	sid	7
ÄMNER SOM BILDAS UR BILAVGASER	sid	12
VÄXTSKADOR AV LUFTFÖRORENINGAR	sid	25
KOPPLINGAR MELLAN UTSLÄPP OCH SKADOR	sid	59
SKADOR ORSAKADE AV BILAVGASER	sid	86
Slutkommentarer	sid	100
Referenser	sid	107
Ordförklaringar	sid	108
Rapporter från Chalmers forskarförhör	sid	111

## Chalmers forskarförhör

Chalmers forskarförhör syftar till att klarlägga konsekvenserna av den tekniska utvecklingen. Forskarförhören koncentreras på angelägna, helst dagsaktuella, områden. Främst 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 informationssekretariat.

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

## Medverkande

- Förhårsledare:** Rådman Bengt Björklund  
Göteborgs tingsrätt
- Utfrågarer:** Stiftsjågmåstare Rolf Bergqvist  
Göteborg
- Fil dr Magnus Lenner  
Oorganisk kemi  
Chalmers tekniska högskola
- Universitetslektor Björn Lindahl  
Miljövård  
Göteborgs universitet
- Civ ing Gerhard Salinger  
AB Volvo
- Svarande:** Avd chef Peringe Grennfelt  
Institutet för vatten- och luftvårdsforskning, IVL  
Göteborg
- Docent Bengt Nihlgård  
Växtekologi  
Lunds universitet
- Docent Göran Petersson  
Centrum för Miljöteknik  
Chalmers tekniska högskola
- Biolog Lena Skärby  
Institutet för vatten- och luftvårdsforskning, IVL  
Göteborg

## Sammanfattning

Nedanstående punkter är en sammanfattning av vad som framkom under förhörsdagen.

- Lokala skogsskador orsakade av luftföroreningar har länge varit kända. De stora regionala skadorna är emellertid ett nytt och mycket större problem.
- Luftföroreningar minskar trädens motståndskraft mot naturliga påfrestningar såsom torka och skadeinsekter. Dessutom hämmas tillväxten.
- För varje kolväte som släpps ut i luften kan man räkna med att det bildas tio nya ämnen genom omvandling i atmosfären.
- Den ständiga bakgrundshalten av ozon har ökat med ca 80% sedan 50-talet. Detta beror främst på biltrafiken som är den dominerande utsläppskällan för de kväveoxider och kolväten som deltar i ozonbildningen.
- Ozonbildningen sker i atmosfären flera mil från utsläppen. Avståndet är direkt beroende av vindhastigheten.
- Redan den nuvarande bakgrundshalten av ozon är ca hälften av vad som kan ge skador på känsliga växter.
- Kväveoxidutsläppen från bilar ökar kraftigt med högre hastighet, vilket de svenska avgasproven inte tar hänsyn till. Dessa är utformade enbart med tanke på hälsoeffekter från tätortstrafik.
- Kväveoxider förstärker också svaveldioxidens skadlighet så att skogsskador uppstår vid lägre svaveldioxidhalter.
- Effekterna av kolväteutsläppen från biltrafiken är dåligt kända, bl a beroende av det mycket stora antalet olika kolväten.
- Uppskattningsvis beror mellan 30 och 70% av de svenska luftföroreningsbetingade skogsskadorna på bilavgasutsläpp.
- Osäkerheten i kvantifieringen beror på att forskarna inte är överens om den relativa betydelsen av luftföroreningarnas direkteffekter kontra deras effekter via markförsurningen.
- Mycket talar dock för att skogsdöden inte till största delen är ett försurningsproblem. Det är istället troligen

ozon, och andra ämnen som bildats av de utsläppta föroreningarna i atmosfären, som betyder mest för de regionala skogsskadorna.

- För att komma tillrätta med de svenska skogsskadorna måste utsläppen från biltrafiken minskas i stora delar av Nord- och Mellaneuropa. De direktpåverkande ämnena har emellertid i högre grad än de försurande inhemska ursprung, varför åtgärder inom landet är mera verkningsfulla för skogsskadorna än för sjö- och markförsurningen.
- Forskarna underströk att även om man inte vetenskapligt helt kan förklara varför träden skadas, så vet man tillräckligt mycket för att klart kunna motivera minskade utsläpp av föroreningar i luften.

## Inledning

Sedan slutet av 60-talet har man i Sverige uppmärksammat att luftföroreningar försurar sjöar och vattendrag. Svaveldioxid från förbränning av kol och olja har utpekats som främsta orsak.

I den svenska fallstudien till FN:s miljökonferens "Bara en värld" i Stockholm 1972 beräknades den årliga skogstillväxten i södra Sverige ha minskat med 10-15% år 2000 p g a markförsurningen. Studien behandlar bara effekten av svavelföroreningar i luft och nederbörd.

Berggrunden i Skandinavien har sämre buffertverkan mot försurning än på kontinenten och det är här sjöarna och vattendragen har drabbats. Försurningen har därför länge betraktats som enbart ett skandinaviskt problem i Europa.

I Västtyskland uppmärksammade man på allvar 1980 att skogen var skadad av luftföroreningar - inte bara lokalt runt en utsläppskälla - utan över stora geografiska områden. Och inte bara silvergranen, som man sett skadorna öka på under 70-talet, utan även vår egen vanliga gran, *Picea abies*. Skadorna uppskattades 1982 till 8% av skogsarealen. 1983 gjordes en mer omfattande inventering, och man fann då att 34% av skogen var skadad. Debatten kom igång ordentligt även i Sverige. 1984 års inventering visade att 50% av den västtyska skogsarealen är skadad. I Sverige har ännu ingen ordentlig inventering genomförts.

Skogsskadorna har i Sverige huvudsakligen uppfattats som en fortsättning på försurningsproblemen, och diskussionen har dröjt kvar vid svavelutsläppen från förbränning av fossila bränslen som källa till problemen.

När ledningsgruppen för Chalmers Forskarförhör ville ta upp bilavgaserna som ämne för ett förhör i kölvattnet på den statliga Bilavgaskommitténs betänkande, var det inte svårt att välja inriktningen till just sambandet med skogsskadorna.

Det är ovisst hur stor del av skogsskadorna som härrör från kemiska omvandlingar i marken p g a luftföroreningar respektive deras direktpåverkan på barr och blad.

Även om ingen idag tvivlar på att det är luftföroreningarna som orsakar skadorna, är mekanismerna inte helt klarlagda och vetenskapliga bevis saknas för orsakssambanden.

Skadorna förvärras av torka - båda somrarna -82 och -83 var torra - men torkan kan inte vara enda förklaringen.



Även träd som står garanterat blött skadas.

Att markförsurningen inte kan vara enda orsak visas av att även träd på kalkrika marker skadas.

Efter att olika vetenskapliga skolor under ett par år hävdade sina respektive förklaringar till skadorna, verkar utvecklingen nu gå emot en gemensam "stress"-hypotes: Att träden försvagas av luftföroreningarna både via marken och direkt, så att de sämre kan stå emot de naturliga påfrestningarna i form av torka, insekts- och svampangrepp.

Det är viktigt att forskarna försöker klarlägga vilken roll de olika utsläppta ämnena spelar i skadekomplexet, så att det skapas allt bättre underlag för beslut om angelägna utsläppsminskningar.

Detta forskarförhör begränsades till målsättningen att belysa hur mycket man idag vet om bilavgasens påverkan på skog och annan växtlighet.

#### FÖRHÖRETS UPPLÄGGNING

Förhöret indelades i fyra olika teman, med en huvudansvarig utfrågare för varje tema.

Under det första temat ville vi definiera de ämnen som kommer ut med avgaserna, och vilka som kan bildas ur dem genom omvandlingar i atmosfären. Civ ing Gerhard Salinger var huvudutfrågare.

Förhörets syfte - att klarlägga ett visst påverkanssamband - just mellan bilavgaser och skogsdöd - gjorde att vi pendlade mellan utsläppen och vad som händer med dem, och de effekter som iakttas på träden och vad de kan bero på.

Det andra temat utgick således från växterna och de skador, som man antar beror på luftföroreningar. Stiftsjägmästare Rolf Bergqvist var huvudutfrågare. Under förhöret visades flera diabilder för att åskådliggöra symptomen. Vid redigeringen har dessa gjorts till beskrivningar, vilket är tillräckligt för denna rapport. Det finns flera böcker i bokhandeln med utmärkta färgbilder över olika skadesymptom.

Under det tredje temat återvände vi till avgaserna och deras omvandlingsprodukter, för att få fram vilka kopplingar som finns mellan dem och de iakttagna skadorna; vilka skador som har iakttagits i kontrollerade experiment med kända halter av ett ämne eller en ämneskombination; avgasernas spridning och omvandling jämfört med skadornas utbredning. Ansvarig utfrågare var fil dr Magnus Lenner.

Det sista temat var ett försök till sammanfattning av förhöret genom att svararna ombads uppskatta bilavgasernas andel av skogsskadorna i Sverige. Då inräknades alla avgasutsläpp i Europa och deras omvandlingsprodukter. Sådana procenttal är givetvis bara uppskattningar, men förhöret svarare tillhör dem, som har bäst förutsättningar att göra sådana uppskattningar idag. Universitetslektor Björn Lindahl ansvarade för det sista temats frågande.

#### HUR KAN UTSLÄPPEN MINSKAS?

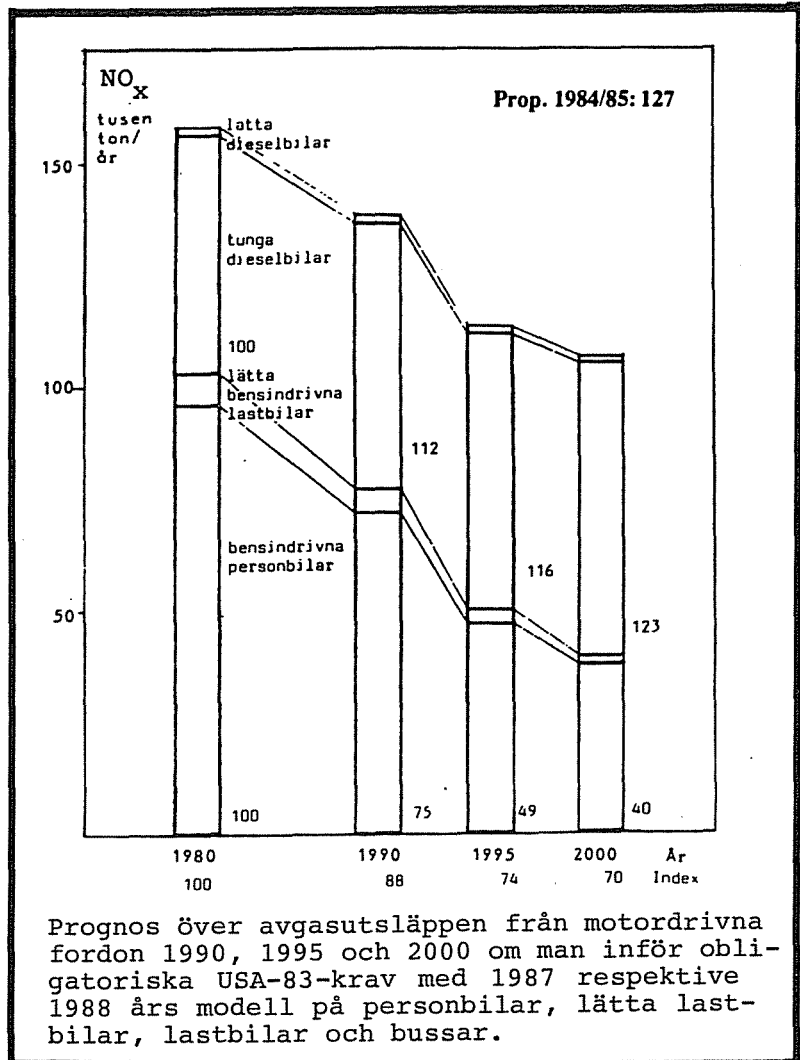
Förhöret behandlade inte frågan om hur utsläppen av bilavgaser kan minskas.

För att rapporten inte ska lämna den berättigade frågan helt obesvarad ska jag här redogöra för några åtgärder som diskuterats i Bilavgaskommitténs betänkande, SOU 1983:27, och i regeringens proposition 1984/85:127 om program mot luftföroreningar och försurning.

Mest omtalad är möjligheten att minska utsläppen från varje enskilt nytt fordon genom sänkning av högsta tillåtna halt av vissa ämnen i avgaserna. För närvarande finns utsläppsregler för koloxid, kväveoxider och kolväten från bensindrivna personbilar i Sverige.

I mitten av maj 1985 beslutade riksdagen att utsläppskraven skulle skärpas i enlighet med de s k USA-83-kraven från 1989 års bilmodeller. Åtgärderna förutsatte dock samordning med Förbundsrepubliken Tyskland och andra länder, varför årtalet för införandet fortfarande inte är definitivt. För närvarande motsvaras de strängare utsläppskraven för bensindrivna bilar av trevägs katalysator-teknik, vilken på en enskild ny bil minskar kväveoxidutsläppen med 60-70% samt kolväte- och koloxidutsläppen med 70-80%. För ett tungt dieseldrivet fordon räknar man med ca 10% lägre kväveoxidutsläpp med de föreslagna kraven jämfört med idag.

Det tar tid innan skärpta avgaskrav slår igenom, eftersom bilparken förnyas långsamt. De strängare avgasreningskrav som Bilavgaskommittén föreslagit: USA-83-krav för personbilar och lätta lastbilar från 1987 års modeller respektive 1988 års modeller för övriga lastbilar och bussar, skulle reducera kväveoxidutsläppen från vägtrafiken enligt figuren nedan. I figuren ingår Transportrådets prognos med 12% ökning av transportarbetet mellan 1980 och år 2000.



Kväveoxidutsläppen från vägtrafiken beräknades alltså på detta sätt kunna minska med ca 30% eller ca 46 000 ton till år 1995.

Utsläppen från de tunga dieselfordonen beräknades öka p g a ökat användande. Om de f n strängaste avgaskraven för sådana fordon, Kalifornien-84-kraven, infördes i Sverige skulle kväveoxidutsläppen år 1995 minska med 15 000 ton jämfört med Bilavgaskommitténs prognos.

Utsläppsmängderna påverkas givetvis av det totala trafik- och transportarbetet. Varje procents ökning av vägtrafiken med oförändrade andelar för de olika fordonsslagen ökar kväveoxidutsläppen med 1 500 - 2 000 ton.

Fördelningen mellan olika fordonsslag påverkar också de totala utsläppsmängderna. Om samtliga godstransporter på ett avstånd över 20 mil fördes över till järnväg skulle de totala kväveoxidutsläppen år 1995 minska med ca 16 000 ton.

En aktiv energihushållning inom transportsektorn minskar utsläppen även med bibehållet trafikarbete.

I Västtyskland diskuteras hastighetssänkningar som möjlig åtgärd för att minska utsläppen. Naturvårdsverkets bilavgaslaboratorium har undersökt hastighetens påverkan på avgasernas sammansättning. Rapporten är ännu inte utgiven när denna rapport går i tryck. Den kommer att få beteckningen SNV PM 1906. Enligt Naturvårdsverkets tidning Miljöaktuellt nr 10/84 släpper nya bilar ut 2,5 - 4,5 gram kväveoxider per kilometer vid 120 km/tim jämfört med de 1,3 - 1,5 gram per kilometer samma bilar släpper ut enligt A-10-provets körcykel, som används för att testa och godkänna nya bilmodeller i Sverige.

# Ämnen som bildas ur bilavgaser

Gerhard Salinger

Vi ska syssla såväl med personbilar som med tunga fordon, lastbilar och bussar, och vi ska först klara ut vilka ämnen det finns utsläppsregler för. Vilka avgasbestämmelser finns i Sverige respektive i utlandet?

Göran Petersson

Jag vill först säga att om man håller på med forskning om luftföroreningar i den yttre miljön, då känns det inte så inspirerande att fördjupa sig i regleringsbestämmelserna. Kopplingen till den verkliga förekomsten av olika ämnen och till olika effekter är nämligen ganska dålig. Reglerna måste naturligtvis vara schablonmässiga för att kunna tillämpas allmänt. Om jag ska svara konkret på frågan, så vill jag hänvisa till Bilavgaskommitténs rapport.

## GÄLLANDE KRAV FÖR BENSINDRIVNA BILAR

Fr o m 1976 års bilmodeller gäller följande gränsvärden i Sverige för bensindrivna bilar med en totalvikt av högst 2,5 ton och en cylindervolym av minst 0,8 liter.

koloxid	24,2 g/km
kolväten	2,1 g/km
kväveoxider	1,9 g/km

Provet (A-10) överensstämmer i huvudsak med en amerikansk provmetod från 1973. A-10 provets körcykel varar i knappt 23 minuter och hastigheten varierar i ett visst mönster mellan 0 och 91,2 km/h. Jämsides med gränsvärdena gäller hållbarhetskrav som innebär att nya men inkörda bilar måste hålla 10% lägre utsläpp än de angivna, om inte hållbarhetsprov resulterat i annan försämringsfaktor.

ur Bilavgaskommitténs rapport

Sedan kan man naturligtvis titta på andra länder. Man brukar alltid jämföra med bestämmelserna i USA. När det gäller koloxid och kolväten så har de gränser som är ungefär en tiondel av de svenska. När det gäller kväveoxider så tillåter de ungefär en fjärdedel av vad som gäller i Sverige. Det är alltså mycket hårdare krav i USA.

#### USA-83-krav

1983 års federala USA-krav för bilar med totalvikt upp till 2720 kg. De gäller oberoende av drivmedel och efter provmetoden USA-75-prov.

koloxid	2,1 g/km
kolväten	0,25 g/km
kväveoxider	0,62 g/km
partiklar	0,37 g/km

Jämsides med angivna gränsvärden gäller hållbarhetskrav som innebär att nya men inkörda bilar måste hålla en marginal till gränsvärdena - vanligen 10-30%.

ur Bilavgaskommitténs rapport

Om man sedan skall titta på tunga fordon, så finns det, praktiskt taget inga bestämmelser alls i Sverige mer än att man inte får ha synlig rök ifrån tunga dieselfordon.

#### GÄLLANDE KRAV FÖR DIESELDRIVNA BILAR I SVERIGE

Dieseldriven bil ska vara utrustad med effektiv anordning som hindrar att tydligt färgade eller ogenomskinliga avgaser utvecklas annat än tillfälligt i samband med start eller växling.

ur Bilavgaskungörelsen

- Bengt Björklund Är det någon som har något att tillägga i den här frågan?
- Peringe Grennfelt Jag skulle möjligen vilja tillägga att det här är ett väldigt dynamiskt område just nu. Det diskuteras olika förändringar från vecka till vecka. Något som också är viktigt att poängtera är att för bensindrivna fordon så är det typkrav. Det är inte så att varje bil kontrolleras utan ett antal nya bilar av varje modell. Bilarna förändras också med tiden - de blir sämre och får högre utsläpp framförallt av kolmonoxid och kolväten, när de åldras.
- Gerhard Salinger Vi återkommer till den problemställningen. Det väsentliga vi vill få fram i vårt första tema är ju vilka ämnen det är fråga om, och där har det svarats att det är koloxid, kolväten och kväveoxider. För att förenkla kanske jag kan tillägga att när det gäller dieslbilar, så har man motsvarande krav i USA på dessa ämnen.

Jag tror att det kan vara lämpligt att du säger lite om kolväten.

**Göran Petersson** Jag tycker själv att det är angeläget att prata en hel del om kolväten i det här sammanhanget. Det är väldigt många ämnen som inte är reglerade som kommer ut med bilavgaser. Det rör sig säkert om något tusental som kan bestämmas med dagens mätteknik. Kanske minst 99% av dem tillhör gruppen kolväten, om man med kolväten menar organiska ämnen, d v s kolinnehållande ämnen, vilket man ofta gör i miljösammanhang. Man har en allmän bestämmelse för totalkolväten. Det innebär alltså att man klumpar ihop alla kolväten. Man väger inte på något sätt in vilka kolväten som är farliga, och vilka som är ofarliga.

**Gerhard Salinger** Ja, då kanske det är dags att diskutera vilka andra ämnen som släpps ut från bensin- och dieseldrivna bilar, och som är av intresse i det här sammanhanget. Ämnen som alltså inte är reglerade i våra bestämmelser.

Vill du fortsätta?

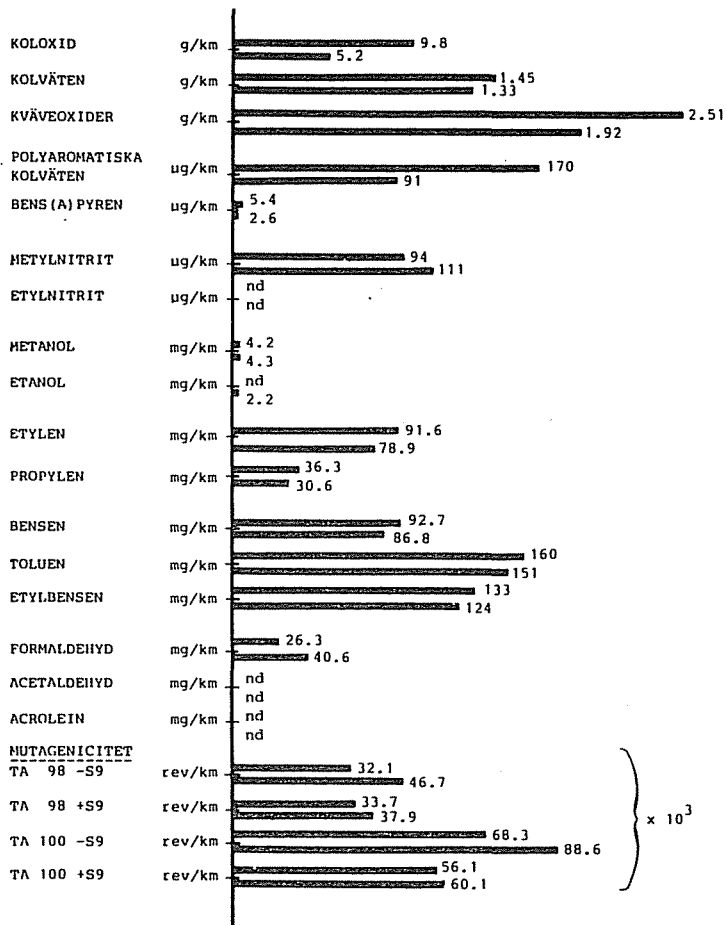
**Göran Petersson** Ja, intresset för detta har naturligtvis ökat väldigt mycket de senaste åren, vilket avspeglas bl a i Bilavgaskommitténs rapport. Jag har en bild (nästa sida) som visar vad Bilavgaskommittén började undersöka lite närmare.

Utöver de reglerade ämnena, så är det främst organiska ämnen, som ofta kallas kolväten. Figuren visar utsläppen räknade per kilometer för två bilar som går på blyhaltig bensin och är i standardutförande för den svenska marknaden.

Om vi tittar på vad man har intresserat sig för, så ser vi att det är PAH, polycykliska aromatiska kolväten; metyl- och etylnitrit; metanol och etanol; eten och propen; bensen och alkylbensenerna toluen och etylbensen. Det märks att det här är ett lite nyväckt intresse, för det har nog blivit fel här. Det skall säkert vara xylen istället för etylbensen. Man tittar också på aldehyder - formaldehyd, acetaldehyd och akrolein. Och så gör man biologiska tester på mutagenicitet - alltså en samlingsparameter igen. Även om man går så här långt, så är det fortfarande endast en liten del av de ämnen i avgaser, som har bestämts i olika sammanhang. Det är kanske hundrafalt så många. Man kan alltså säga att praktiskt taget allt som går ut med bilavgaserna är oreglerat.

**Bengt Björklund** Får jag komplettera med en fråga? Vi har alltså idag gränsvärden för dessa tre ämnen i Bilavgaskungörelsen?

**Göran Petersson** Ja.

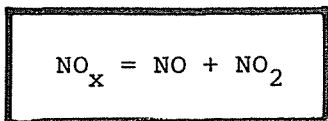


Avgasanalys från två bensindrivna bilar i standardutförande för den svenska marknaden.



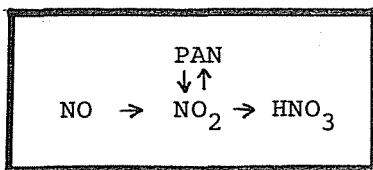
- Bengt Björklund Det råkar inte vara så, att om man har kontroll på kolmonoxid, kväveoxider och kolväten, så får man automatiskt kontroll på de andra? Finns det ett sådant samband?
- Göran Petersson Jo, det ligger lite i det, men det är inte alls så att sammansättningen av alla organiska ämnen, kolväten, är konstant under olika förhållanden. Den kan variera väldigt mycket med drivmedel, motor, driftförhållanden o s v. Så man kommer bara en liten bit på väg med det resonemanget.
- Rolf Bergqvist Jag har en fråga där. Det står gram per kilometer. Har det ingen betydelse hur fort fordonet går?
- Göran Petersson Jo, det har väldigt stor betydelse. Skall vi gå in på det nu?
- Bengt Björklund Vi avvaktar.
- Gerhard Salinger Vilka av de här uppräknade substanserna skall vi komma ihåg? Det är ju inverkan på skogen och annan växtlighet vi diskuterar.
- Göran Petersson De ämnen vi studerar har mycket olika effekt när det gäller t ex oxidantbildning och därmed effekter på skog. När det gäller oxidantbildning kan man praktiskt taget försumma de ämnen som finns i väldigt små mängder. Och när det gäller de kolväten som finns i större mängder, så är den fotokemiska aktiviteten väldigt olika. Tids- och rumsmässigt så får olika kolväten väldigt olika effekt på vad som händer i atmosfären.
- Gerhard Salinger Så det är i huvudsak ändå kolväten och kväveoxider som vi skall hålla ögonen på?
- Göran Petersson När det gäller oxidantbildning är det alla kolväten som finns i stor mängd och kväveoxiderna. Men t ex kolmonoxid betyder en del också.
- Peringe Grennfelt Ja, det är väl riktigt. Det finns i det sammanhanget en reaktivitetsskala som kan fälla avgörande för utefter vilken tidsskala vi kan se effekterna.
- Gerhard Salinger Men de övriga ämnena, de oreglerade, kan vi i det här sammanhanget bortse ifrån dem?
- Göran Petersson Ända fram till det senaste året ungefär så har man, när man studerat bilavgaser, siktat in sig på hälsoeffekter i första hand. De ämnen man valt ut i t ex Bilavgaskommitténs rapport har styrts praktiskt taget helt och hållet av riskerna för hälsoeffekter, vilket ju inte är dagens ämne.

- Peringe Grennfelt Jag tycker att vi kanske inte definitivt kan svara på den frågan för närvarande. Den kan få komma tillbaka när vi har kartlagt orsakssambanden och pekat på vilka ämnen som är aktuella.
- Gerhard Salinger Ja, om ingen har någon ytterligare fråga kan vi väl gå till nästa. Vilka ämnen kan bildas av bilavgaserna genom atmosfärisk omvandling?
- Peringe Grennfelt Jag skall nog börja med att förklara sambanden, och jag tror att vi skall börja med kväveoxiderna. I bilavgaser bildas i första hand kvävemonoxid som består av en kväveatom och en syreatom. När vi talar om kväveoxider så brukar man sammanskriva dem som  $\text{NO}_x$ .



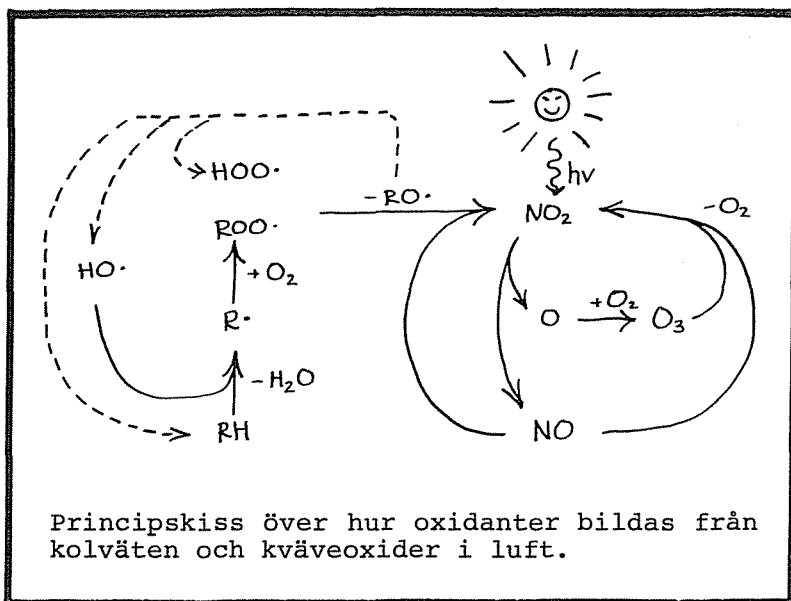
Det är huvudsakligen kvävemonoxid som bildas, även om det förekommer kvävedioxid också. Kvävemonoxid är inte stabil i atmosfären. Det ämnet kan alltså inte existera långsiktigt i atmosfären. Den stabila formen av kväveoxid i atmosfären är istället salpetersyra,  $\text{HNO}_3$ . Det finns hela tiden en strävan i atmosfären att kvävemonoxiden skall gå över till salpetersyra. Reaktionen går inte momentant, utan tar tid. Beroende av den kemiska miljön tar den olika lång tid.

Det finns också mellanprodukter som är viktiga. Den allra viktigaste är kvävedioxid. Men vi har även andra mellanprodukter, t ex peroxyacetylnitrat, PAN, som kan bildas i atmosfären och som sedan kan sönderfalla tillbaka till kvävedioxid.



Det som är intressant och viktigt när det gäller kvävedioxid, och som gör det hela så väsentligt från oxidantbildningssynpunkt, är att kvävedioxiden inte är stabil i solljus. När solen skiner går reaktionen tillbaka och man får en generering av en fri syreatom. Syreatomen reagerar med syre till ozon,  $\text{O}_3$ . Detta är den mekanism som är vä-

sentlig för ozonbildningen. Om det nu bara fanns kväveoxid i atmosfären så skulle vi inte få någon större ozonbildning, eftersom ozon reagerar med kväve-monoxid tillbaka till kvävedioxid.



Vad är det då som händer i atmosfären som gör att vi får en nettobildning av ozon? Jo, kolvätena ger med hjälp utav solljus radikaler som reagerar med kväve-monoxid och bildar kvävedioxid. De stjälar då kväve-monoxid i reaktionssystemet så att det blir en nettobildning av ozon.

I det fotokemiska reaktionssystemet är ozon den absolut viktigaste reaktionsprodukten. Den förekommer i koncentrationer som är en tiopotens högre än andra ämnen, såsom PAN, väteperoxid, aldehyder och organiska syror.

Björn Lindahl

Som bildas utöver det som släpps ut?

Peringe Grennfelt

Ja. Vi kan säga att det som sker i atmosfären är att ämnen succesivt oxideras, tillförs syre, därför att atmosfären är oxiderande jämfört med bilmotorn. Första steget är kanske att det bildas en aldehyd, och nästa steg är kanske att det bildas en organisk syra osv. Successivt sönderdelas de organiska ämnena och vi får, om ämnena existerar tillräckligt länge i atmosfären, som slutprodukt koldioxid och vatten. Det är de stabila slutämnena av organiska ämnen, precis som salpetersyra är det stabila slutämnet av kväveoxiderna.

Bengt Björklund

Några frågor?

- Björn Lindahl Finns det några substanser som i låg halt släpps ut från bilar och som katalyserar reaktionerna?
- Peringe Grennfelt Ja, inte direkt katalyserar, men som sätter igång och påskyndar. Just radikalbildningen där kolväten sönderdelas av solljus är betydelsefull. Bland de viktiga ämnena som bildar radikalerna kan nämnas aldehyder.
- Björn Lindahl Som alltså släpps ut från bilarna?
- Peringe Grennfelt Ja. Omättade kolväten är också viktiga för radikalbildning.
- Björn Lindahl Eten o's v?
- Peringe Grennfelt Ja, men där är inte solljuset initierande för sönderfallet, utan de reagerar direkt med ozon och bildar sönderfallsprodukter.
- Björn Lindahl Vi har alltså ozonbildning både i mörker och i ljus?
- Peringe Grennfelt Nej, bara i ljus.
- Björn Lindahl Men de här aldehyderna och omättade kolvätena, behöver de ha solljus för att reagera vidare?
- Peringe Grennfelt Ja, när det gäller oxidantbildningen så sker den enbart i solljus.
- Björn Lindahl Det är alltså viktigt att fastslå att solljus är en reglerande betingelse för ozonbildning. Hur är det med PAN, kan det bildas i mörker?
- Peringe Grennfelt Nej, det kan inte heller bildas i mörker. Det bildas från en radikal som är så kortlivad att den inte förekommer annat än under solljusförhållanden.
- Björn Lindahl Det är ju väldigt viktigt att slå fast: Det är ljusreaktioner som leder fram till oxidanterna, som är så reaktiva att de kan ge effekter på växterna.
- Peringe Grennfelt Det är också viktigt att fastslå att de är så stabila att de överlever i mycket hög utsträckning från det ena dygnet till det andra.
- Björn Lindahl De finns alltså kvar när ljuset kommer?
- Peringe Grennfelt Ja, de överlever natten.
- Rolf Bergqvist Är ozonet lättare eller tyngre än luft?
- Peringe Grennfelt I det här fallet har det ingen betydelse eftersom det är blandbart med luften.

- Rolf Bergqvist Hur är det i ett mycket tätt bestånd? Skyddar det mot ozonbildning? Solljuset släpps ju inte ner i samma omfattning.
- Peringe Grennfelt Inne i själva beståndet sker ingen ozonbildning därför att där inte finns tillräckligt med solljus. Men det som är intressant i sammanhanget är ju den mängd ozon som blandas ner uppifrån atmosfären.
- Rolf Bergqvist Så den ozonrika barrskogen man talade om för ett par år sedan var helt fel?
- Peringe Grennfelt Ja, helt. "Ozonmättad luft" är något helt gripet ur luften.
- Gerhard Salinger Vad har yttemperaturen för betydelse?
- Peringe Grennfelt Den har betydelse. Ju högre temperatur desto snabbare är ozonbildningskemin. Mängden ozon som bildas påverkas inte så mycket, men hastigheten med vilken ozonet bildas, påverkas av temperaturen.
- Björn Lindahl Har luftfuktigheten någon betydelse?
- Peringe Grennfelt Jo, vattenånga spelar en väsentlig roll. Hur stor vågar jag inte säga. Vattenånga, liksom kolmonoxid, deltar mycket aktivt i den här kemin.
- Björn Lindahl Även kolmonoxid?
- Peringe Grennfelt Ja, kolmonoxid är en mycket viktig påskyndare av hela den här kemin.
- Björn Lindahl Är det inte bara den kolmonoxid som släpps ut från bilar, genereras det även kolmonoxid i atmosfären?
- Peringe Grennfelt Ja, den genereras också. Kolmonoxiden har stor betydelse när det gäller att hålla radikalkemin igång, för den process som omvandlar kväveoxid till kvävedioxid.
- Björn Lindahl Kolmonoxid är alltså ytterligare en substans som i låga halter är betydelsefull för radikalbildning?
- Peringe Grennfelt Ja.
- Magnus Lenner Har det någon betydelse i vilken form den primärt emitterade kväveoxiden föreligger när den kommer ut i luften? Om det är till 100% kväveoxid eller om det är mer eller mindre kvävedioxid?
- Peringe Grennfelt För den lokala oxidantbildningen har det betydelse. Det vill säga den mängd ozon som kan bildas i plymer från en stad, ifrån de utsläpp som sker på en och samma dag.

Ozonbildningen går snabbare ju större andel kvävedioxid som släpps ut. Då rör det sig alltså om de närmaste milen från en utsläppskälla eller ett källområde. Däremot har det inte någon som helst betydelse för det storskaliga problemet.

**Björn Lindahl** Kan du kommentera frågan om temperaturens betydelse med hänsyn till temperaturer sommartid och vårtid ner emot 0 grader?

**Peringe Grennfelt** När det gäller solljusets förmåga att sönderdela de här ämnena spelar temperaturen en mycket liten roll. Fotokemiska reaktioner är temperaturoberoende. Däremot är det ju så, att de allra flesta andra reaktioner går snabbare vid högre temperatur. Den del av kemin som är kopplad till de radikaler som bildas av solljuset går snabbare. Men hur mycket snabbare vågar jag inte yttra mig om. Det är en alltför komplex process.

**Björn Lindahl** Menar du att man inte vet det?

**Peringe Grennfelt** Jo, det finns beräkningar. Men modellberäkningar i det här sammanhanget är väsentligen gjorda för lokal oxidantbildning. Dessutom har de en mängd förutsättningar, som gör att det är väldigt svårt att kvantifiera temperaturens betydelse. Man kan konstatera att det går snabbare, men om det bildas 10 eller 20% mer ozon, det har man inte tillräcklig kunskap att kunna avgöra idag.

**Bengt Björklund** Hur mycket sol behövs det? Vi har ju stor variation mellan t ex Los Angeles, Stockholm och Göteborg. Kan man få en bild över hur situationen är här i Sverige i förhållande till Los Angeles?

**Peringe Grennfelt** Om man studerar solintensiteten, så motsvarar sommar i Skandinavien ungefär november i Los Angeles. Det är en mycket omfattande oxidantbildning i Los Angeles även i november, även om man där räknar augusti och september som de svåraste månaderna. Solljuset är fullt tillräckligt i Sverige för oxidantbildning, och därmed för en nettobildning av ozon, mellan mars och oktober månad.

Vi kan se att när vi får förorenade luftmassor under perioden mars till oktober, så är dessa oftast förknippade med en ökning av ozonhalten. När vi får förorenade luftmassor under perioden november till februari däremot, så är dessa för det mesta förknippade med en sänkning av ozonhalten, eftersom de ämnen som släpps ut väsentligen bryter ner den bakgrundshalt som finns av ozon, utan att generera någon ny.

**Bengt Björklund** Så det är alltså inte bara ett högsommarproblem?

- Peringe Grennfelt Nej, ozon förekommer i höga halter från mars till oktober.
- Göran Petersson Jag vill lägga till en kompletterande synpunkt. Man har nu när det gäller analytiska metoder kommit så långt att man ganska lätt kan analysera många atmosfäriskemiskt bildade produkter från kolväten. Det visar sig då som regel, att från varje enskilt kolväte i utsläppen kan man redan nu kanske analysera ett tiotal olika produkter.
- Dessutom måste många av dessa ämnen antas vara mera reaktiva gentemot t ex växter än de ämnen som finns direkt i avgaserna.
- Gerhard Salinger Du menar utöver vad Peringe har angivit här?
- Göran Petersson Oh ja. Jag har en artikel här som visar att man t ex från toluen har analyserat ett tiotal olika produkter. Och så kan man i princip göra för alla kolväten.
- Peringe Grennfelt Jovisst, man kan säga att tar man hänsyn till kemin, så får man en tiofaldig ökning av antalet komponenter i sammanhanget.
- Göran Petersson Med vad man nu kan analysera; antalet ökar ju snabbt år från år.
- Björn Lindahl Vilken är den kvantitativa betydelsen av de här ämnena? Är det så att de är allt mindre benägna att bilda ozon och andra oxidanter ju mer de har oxiderats?
- Peringe Grennfelt Nej, vi kan lägga till en sak när det gäller just kolvätena. Vi har en väldigt vid reaktivitetsskala. Vissa ämnen kommer väldigt lätt in i reaktionskedjan. Dit hör just de omätade kolvätena, t ex propen och eten. De bildar ozon på kort tid och ger lokal ozonbildning.
- Sedan har vi sådana ämnen som är intermediärer. Dit hör bensen, toluen och alkanerna, de lite tyngre alkanerna pentan och liknande, och framförallt de grenade kolvätena. Det kanske rör sig om några dagar som dessa har sin maximala ozonbildningskapacitet.
- Och sedan har vi de väldigt stabila kolvätena. Dit hör metan, etan och propan. Dessa har ozonbildningskapacitet i flera månader. Men alla de här kolvätena deltar i ozonbildningen och vi kan säga att vi idag har ett ozonproblem på kortsiktig lokal nivå, på kort- och långsiktig regional nivå, på den storskaliga nivån i Europa och slutligen även på norra halvklotet, där vi också har sett en successiv ökning av ozonhalten från 50-talet och framåt.

- Gerhard Salinger Bildas det ytterligare ämnen genom att fordonsavgaserna reagerar med luftföroreningar från andra källor?
- Peringe Grennfelt När ett ämne väl har kommit ut i atmosfären så kan man inte säga varifrån det egentligen har kommit, om man har många olika källor. Det är ju inte nödvändigtvis så att t ex bilavgasernas kolväten reagerar med just bilavgasernas kväveoxider. När alla ämnen i luften blir blandade, så får man se det hela i ett mycket större sammanhang.
- Jag skulle vilja peka på svavelproblemet. Just den här bildningen av reaktiva radikaler har väldigt stor betydelse för svaveldioxidens omvandling till svavelsyra. Denna omvandling sker betydligt snabbare när radikalkemin är igång, d v s sommartid. Dessutom är det vissa av produktionsprodukterna, kanske framförallt väteperoxid, som har stor betydelse för oxidationen av svaveldioxid till svavelsyra i samband med nederbörd. Så bilavgaskemin har betydelse för svavelkemin i väldigt stor utsträckning.
- Göran Petersson Genom att man får en mängd radikaler och andra reaktiva ämnen vid de fotokemiska omvandlingarna, så reagerar i praktiken det som kommer från bilavgaser med praktiskt taget alla andra ämnen som släpps ut av människan. Därmed får man produkter där bilavgaserna är inblandade vid bildningen.
- Men en kanske ännu viktigare synpunkt är att i ekosystemen, inte minst skogsekosystemen, cirkulerar en mängd naturligt bildade ämnen i luften. Ämnen som bildas av växterna, t ex ämnen som fungerar som signalsubstanser mellan insekter och växter. Även dessa naturliga ämnen reagerar med ämnen som kommer från bilavgaserna, och bildar produkter som inte ska finnas i ekosystemet, och som är farliga för t ex växterna. Det rör sig om ett väldigt stort antal ämnen och svåröverskådliga förlopp.
- Björn Lindahl Har detta konstaterats eller är det en väl grundad hypotes?
- Göran Petersson Det har konstaterats i ett fåtal fall när det gäller t ex terpenener, som finns i stora mängder. Men det är en självklarhet att det måste vara så, även när det gäller övriga ämnen som förekommer naturligt såsom signalsubstanser, försvarssubstanser mm.
- Bengt Björklund Finns det några andra ämnen av intresse när det gäller dieselfordon?
- Göran Petersson Går man bara tillräckligt långt ner i koncentrationer så finns de flesta ämnen i båda typerna av avgaser. Men den relativa sammansättningen skiljer sig väldigt mycket.



- Bengt Björklund Så det är inga helt nya intressanta ämnen som dyker upp i dieselavgaser?
- Göran Petersson Nej, jag tror inte det. Men däremot kan ju koncentrationskillnaderna vara stora bl a beroende på att bränslesammansättningarna är helt olika. Det finns mer högmolekylära kolväten i dieselavgaserna än i bensinavgaserna.
- Björn Lindahl Är det inte så att mutageniteten är mycket större hos dieselavgaserna? Men vad det beror på är väl inte klarlagt?
- Göran Petersson Man har ganska välunderbyggda hypoteser, och tror att det är nitroarener och liknande ämnen på partiklar från dieselavgaserna som betyder mycket.
- Bengt Björklund Den redovisning du har gjort här, tycker du att den vilar på en fullständigt säker grund, eller finns det några oklarheter som dina antaganden bygger på? Har man fullständig kunskap på det här området, som du har redovisat?
- Peringe Grennfelt När det gäller de grundläggande sambanden har man idag en stor samstämmighet mellan vetenskapsmän runt om i världen. Däremot, när det gäller att värdera olika detaljer vad gäller tidsskalan och längdskalan i problemets utbredning, så återstår det fortfarande ganska mycket att göra. Det är ett område som man satsar mycket intensivt på för närvarande.
- Bengt Björklund Jag ställer samma fråga till dig, Göran Petersson.
- Göran Petersson Man bör väl betona att det i den vetenskapliga litteraturen finns en stor mängd material. Vad vi har dragit fram här, det är ju till största delen grundläggande kunskaper. Och detta tror jag inte det finns några skiljaktiga meningar om egentligen.
- Bengt Björklund Då kan vi anse att det första temat är avslutat.

# Växtskador av luftföroreningar

Rolf Bergqvist

Det förekommer ju bl a i pressen ganska mycket uppgifter om olika skador som skulle bero på luftföroreningar. Det kan vara intressant att höra någon nämna vilka skador man verkligen har iakttagit, som är betingade av luftföroreningar och då särskilt av bilavgaser.

Bengt Nihlgård

Det är nog av vikt för de följande frågorna att vi ger en allmän bakgrund till vilka olika miljöfaktorer som på en och samma gång påverkar vår vegetation och våra träd.

Rolf Bergqvist

Vill du behandla barr- och lövträd samtidigt?

Bengt Nihlgård

Det kan vi göra.

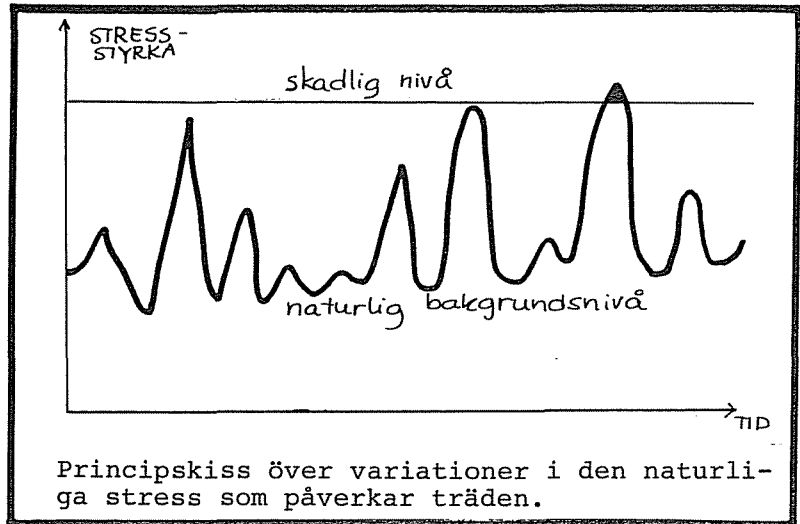
Som bakgrund skulle jag vilja, att vi diskuterar de olika skogsskadeteorier som finns, dvs de tre olika huvudgrupper av faktorer som anses kunna förklara varför det blir skador på framförallt skogen.

## SKOGSSKADETEORIER

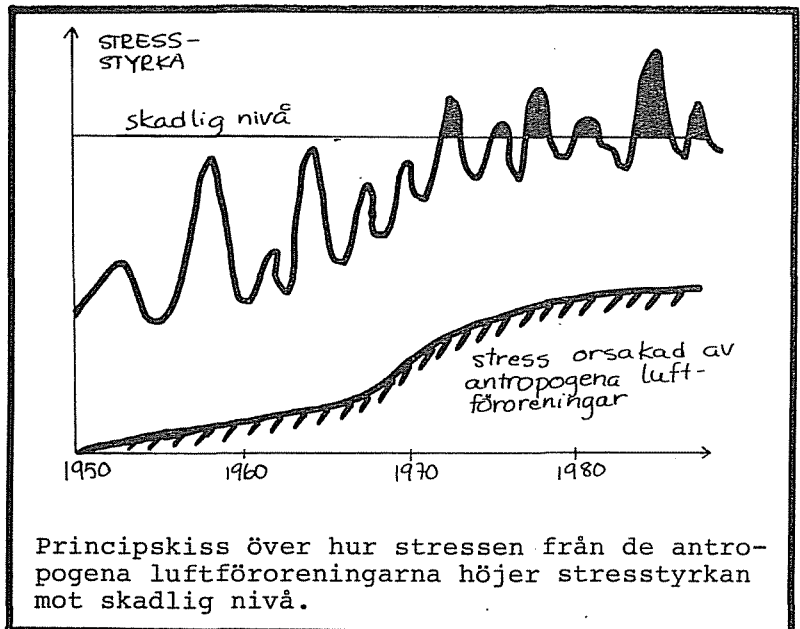
1. KLIMATET
  - torka, temperatur
  - vindar
2. ÖKNING AV
  - parasiter
  - svampar
  - insekter
  - virus
3. LUFTFÖRORENINGAR
  - gasskador
  - försurning
  - kvävemättnad

Jag skall inte gå in på fenomenen i detalj, utan bara allmänt nämna de rent principiella resonemang man kan föra. En växt påverkas alltid av vad vi kan kalla en stress. Stresstyrkan kan komma upp i en skadlig nivå ibland, och det kan vara olika faktorer som påverkar denna stress. Den naturliga bakgrundsnivån fluktuerar med tiden och

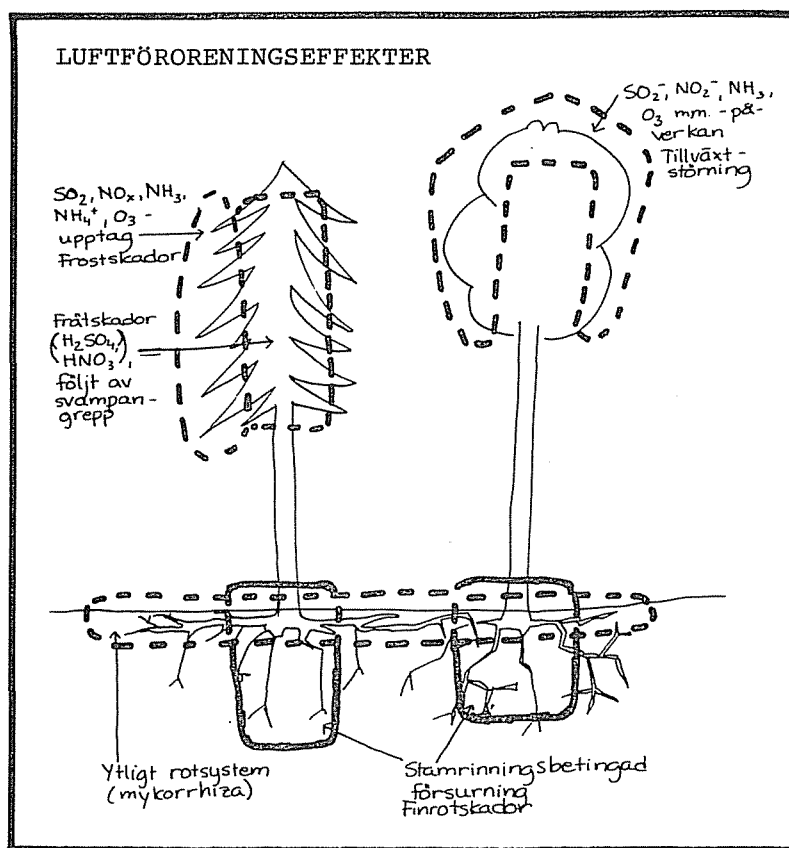
Ökar ibland så att man får skador, på grund av t ex klimatfaktorer, svampar eller insekter.



Man kan konstatera att vi sedan 50-talet har haft en ökning av luftföroreningarna som nu stagnerat något under 80-talet. Den stress som luftföroreningarna orsakar har adderats till den naturliga stressen. Detta gör att träden allt oftare uppvisar stresssymptom. Luftföroreningarna minskar alltså trädens förmåga att motstå naturlig stress.



När det gäller luftföroreningseffekterna kan man konstatera att de är inriktade på olika nivåer i trädet. Men det skall jag heller inte gå in på i detalj, utan bara peka på de allmänna principerna. Luftföroreningseffekterna kan man se som direktskadefenomen i yttre delen av kronorna; och i inre delarna av kronorna såsom frätskador och påverkan av både torr och våt deposition. Man kan se det i form av markeffekter där stamrinning ger försurning och påverkan i den omedelbara rotzonen hos både löv- och barrträd. Och man kan se en påverkan i markens ytskikt där huvudsakligen finrötter med mykorrhiza, alltså svamprotssystem, påverkas. Det är dessa kontaktzoner som påverkas av luftföroreningar.



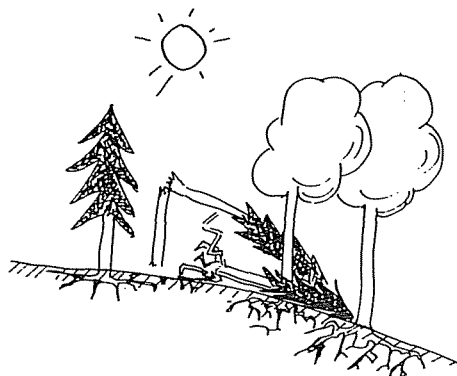
Den allmänna principen när det gäller försurning, det är att surgörande ämnen som svavelsyra, salpetersyra och ammonium, påverkar naturen och orsakar effekter: skador på vaxskikt; barr och löv får småskador; barr och löv utlakas på näringsämnen; marken blir sur, förlorar näringsämnen, får ökad aluminiumhalt m m.

#### SURA ÄMNEN

svavelsyra

salpetersyra

ammonium



#### FÖRSURNINGSEFFEKTER

- vaxskiktet försvinner?
- barr/löv får småskador
- barr/löv utlakas på näringsämnen
- marken blir sur; förlorar näringsämnen; får ökad aluminiumhalt mm

Försurningseffekter drabbar blad och mark så att vatten- och näringsbalanserna för träden försämras.

Från försurningen skall man skilja de andra två huvudtyperna av effekter. Dels direkta gasskadefenomen där barr och löv gulnar och förlorar näringsämnen på grund av skadorna, dels kväveeffekter där skogen kan bli kväve-mättad, d v s den växer inte bättre med tillförsel av mer kväve, utan släpper ifrån sig kväve. Rotsystemet får skador och stamdelen växer mest, vilket innebär att trädet lätt får storm- och insektsskador, algpåväxt och frostska-dor.

Rolf Bergqvist

Har du avsiktligt uteslutit blockeringar av klyvöppningar?

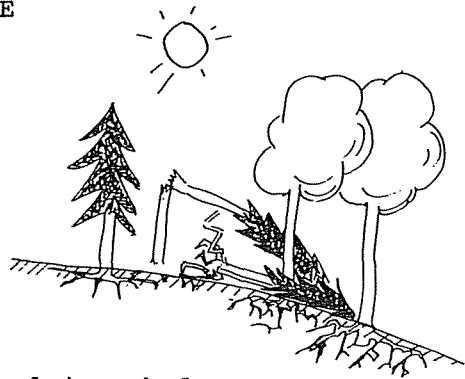
Bengt Nihlgård

Nej, det ingår i den allmänna bilden av skador på barr och löv och skador på vaxskikt. Åtminstone på lövträd kan gaser ge skador på klyvöppningar. Men ett skadat vax-skikt kanske trots allt har större betydelse för genomsläpp-ligheten av t ex näringsämnen än blockerade klyvöppning-ar.

## GASER OCH KVÄVE

svaveldioxid  
kvävedioxid  
ozon

ammonium  
nitrat



## GAS-EFFEKTER

- barr/löv får gulningsskador
- barr/löv förlorar näringsämnen
- vax-skiktet skadas?

## KVÄVE-EFFEKTER

- skogen kan bli "kvävemättad", d v s växer inte bättre med kvävegödsling
- rotsystemet skadas
- stamdelen växer mest
- storm- och insektsskador
- alg-påväxt
- frost-skador

Jag skulle gärna vilja beskriva de symptom som iakttagits på barrträd.

## GULNADE BARRSPETSAR

Man kan se gulningsfenomen i barrspetsarna. Sådan lindrig gulning ser man ofta vintertid över stora delar av Sydsverige och det indikerar begynnande kaliumbrist.

Björn Lindahl

Kan det inte vara en torrskada då?

Bengt Nihlgård

Nej, det yttrar sig inte som gulning, utan på andra sätt. Gulningsfenomen är sällan direkt kopplade till torkan, men indirekt kan torkan vara en orsak, genom att växterna då inte kan suga till sig vatten och därmed få tag i t ex nytt kalium eller magnesium.

När kaliumbristen har gått längre, kan hela trädet bli gulaktigt.

Bengt Björklund

Hur vet man när det är kaliumbrist?

- Bengt Nihlgård Det kan man analysera. Kaliumbrist yttrar sig oftast i kombination med andra mineralbristfenomen och gränserna är erfarenhetsmässigt mycket väl fastlagda.
- Rolf Bergqvist Men de är fastlagda i förhållande till kväve?
- Bengt Nihlgård Ja, ofta i förhållande till kväve.
- Rolf Bergqvist Så med för mycket kväve uppstår automatiskt kaliumbrist?
- Bengt Nihlgård Ja, relativt sett kan det bli så.

#### SMÅ GULNADER MED PRICKSKADOR

Ett annat symptom är prickskador som följs av svampangrepp. Man kan se små gulnader i vissa fall orsakade av kväveoxidutsläpp intill en motorväg. Att det är kväveoxider som är viktigast kan man indirekt sluta sig till, om det inte finns någon större svaveldioxidkälla i närheten. Sedan följs de här gulnaderna av svampangrepp, som man ser som bruna-svarta prickar i centrum av gulnaderna.

- Björn Lindahl Är det experimentellt belagt genom att man har kunnat höja halten av kväveoxider på en gren och fått sådana skador?
- Bengt Nihlgård Med rena kväveoxider vet jag faktiskt inte, om det finns försök gjorda. Men när det gäller ren svaveldioxid, så vet man att man kan få exakt samma fenomen fast vid högre koncentrationer. Har man en blandning av kväveoxider och svaveldioxid så får man dessa fenomen vid mycket lägre koncentration av svaveldioxid, vilket Lena kan belysa.
- Bengt Björklund Vill Lena komplettera?
- Lena Skärby Jo, det finns försök gjorda med kväveoxider. Men erfarenheten säger att om man enbart har kväveoxid i luften och gör sådana här experiment, så får man inga synliga skador förrän vid halter omkring 500 - 1000 ppb, vilket är mycket högt. Om det förekommer så höga halter någonstans omkring våra vägar, är det i så fall i stadsmiljö.
- Peringe Grennfelt Det är mycket liten sannolikhet att så höga halter skall uppträda annat än för mycket korta tidsperioder intill trafikleder.
- Björn Lindahl I så fall måste jag fråga dig, Lena, hur lång tid behöver man behandla träden för att det skall bli skador vid 500-1000 ppb kväveoxider?
- Lena Skärby Det rör sig om några timmar upp till en dag.

- Peringe Grennfelt Vi har gjort experiment på upp till 200 ppb under två veckor. Det blev inte några som helst effekter, trots att det är en mycket hög dos i detta sammanhang.
- Björn Lindahl Det du Bengt sa om motorvägar; det är väl lite svårt att vara så säker som du tycks vara?
- Bengt Nihlgård Att det är kväveoxider som orsakat skadorna menar du?
- Björn Lindahl Ja.
- Bengt Nihlgård Där finns åtminstone kväveoxider. Mitt exempel är från Skåne och där har vi hela tiden en ganska hög svaveldioxidhalt. Vi kan ju ute i naturen aldrig undvika kombinationen svavel- och kväveoxider.
- Björn Lindahl Men att vara så säker som du är, att skadorna beror på kväveoxider i kombination med svaveldioxider då? Du får väl uttrycka lite tvekan, är det inte så?
- Bengt Nihlgård Nej, att det är en kombination av kväve- och svaveldioxider, och att kväveoxiderna spelar en relativt sett större roll för de här gulnaderna än vad de annars gör, det tror jag att man vågar påstå. Kväveoxiderna sprider sig ju inte så många mil ifrån motorvägarna i samma höga koncentration.
- Göran Petersson Du har ett tusental andra ämnen som kommer från bilavgaserna. Det verkar lite farligt att skylla på just kväveoxiderna.
- Bengt Nihlgård Det är rimligt. Jag kan naturligtvis inte garantera att det enbart är kväveoxider och svaveldioxid. Kolvätena kan naturligtvis påverka. Men jag vet däremot inte att det är belagt att kolväten kan ge de här effekterna. Men otänkbart är det enligt min bedömning inte.
- Bengt Björklund Din bedömning är alltså att det i hög grad är sannolikt att skadorna beror på en kombination av svaveldioxid och kväveoxider?
- Bengt Nihlgård Ja, av kväveoxider och svaveldioxid i de koncentrationer som finns i Skåne.
- Bengt Björklund Men du kan inte var helt förvissad om det?
- Bengt Nihlgård Nej, det kan man egentligen inte när det gäller några av de fenomen som vi ser i naturen, mot bakgrund av vad jag sagt tidigare, nämligen att det hela tiden är frågan om samverkande faktorer.
- Björn Lindahl Hur avtar de här pricksymptomen med avståndet från vägen?



- Bengt Nihlgård I Skåne har vi inte så många meter att röra oss på, när det gäller skogarna utmed motorvägarna. Så det har jag inte kunnat undersöka. Men i centrum av Skåne och i norra Skåne, alltså i mindre trafikerad miljö, ser man de här fenomenen mer sällan.
- Björn Lindahl Men om det är ett motorvägsfenomen och skadeorsaken är kvävedioxid, då borde skadorna avta en bit in i skogen.
- Bengt Nihlgård Ja, det borde de.
- Björn Lindahl Har du någon gång sett en avtagande gradient?
- Bengt Nihlgård Nej. Skall man se sådant, så skall man gå ut och titta enbart på dessa små prickskador i områden med kraftiga gradienter. Vi har nöjt oss med stora gradienter, landskapsgradienter. Vi har aldrig sett på de småskaliga.
- Bengt Björklund Så vitt jag förstår har du alltså gått 20 meter ifrån motorvägen och sett denna skadade grankvist.
- Bengt Nihlgård Ja, men mer än en gång.
- Bengt Björklund Men om du går ett antal hundra meter till in i skogen, om det finns en så stor skog i Skåne, ser du inte någon skillnad då?
- Bengt Nihlgård Jo, om jag rör mig in från ett skogsbryn i Mellanskånet ex, så kan jag klart konstatera fronteffekter. Prickskadorna är mycket tydligare ute vid skogsbrynen och färre ju längre in man kommer.
- Björn Lindahl Gäller detta bara vid motorvägar eller även för skogsbryn som ligger i närheten av åkrar eller liknande?
- Bengt Nihlgård Det gäller de flesta exponerade bryn. Mitt exempel visar granar som står utmed motorvägen. De är femton år gamla och har de här prickfenomenen. De tappar barren när de angrips av svamp. Svampen syns som svarta prickar på barren.

#### SUB-TOP-DYING

- Rolf Bergqvist Det finns en typ av skada som sitter två meter ner och inte i toppen. Har du någon godtagbar förklaring till den?
- Bengt Nihlgård Det är den så kallade "sub-top-dying"-effekten. Det finns flera teorier om den. Jag kan lancera en: I kronan är det oftast en mycket hög vattenomsättning just där skogens krontak sluter sig. Här försiggår en intensiv produktion för hela trädet, yttersta toppen producerar bara för sig själv. Om det blir vattenbrist av någon orsak, så drabbas just denna

del av trädet snabbast. Gaseffekter slår också snabbt här, följt av svampangrepp.

Rolf Bergqvist

Har du någon förklaring Lena?

Lena Skärby

Orsaken till sub-top-dying kan jag egentligen inte svara på.

Det var detta fenomen man började iaktta på 70-talet, -76/77, i Sverige. Men man ser det inte så ofta nu längre. Nu ser man istället kronutglesning i yttersta toppen.

Rolf Bergqvist

På Orust och Tjörn kan man se sub-top-dying.

Lena Skärby

På vanlig gran?

Rolf Bergqvist

Ja.

#### SMÅ GULA PRICKSKADOR

Bengt Nihlgård

Samma fenomen som man mycket ofta ser på äldre barr på granar, är att man har många små prickskador även på yngre granbarr. Det kan vara upp till ett 30-tal små, små gula prickskador på barren. Det finns inga primära svampangrepp, och det går inte att förklara på något annat sätt än att det är syraeffekter eller någon form av gaseffekt. Alltså en kombination av svaveldioxid och kväveoxider. Vi kallar därför detta för frätskador eller erosionsskador. De leder till att barren blir uttorkade, rodnar, gulnar eller blir svampangripna och så småningom ramlar av.

Björn Lindahl

Har prickarna något samband med lokaliseringen av klyvöppningar?

Bengt Nihlgård

Det är svårt att säga. Även om en liten gulnad inte är större än en knappnålsspets, så kan den täcka många klyvöppningar. Så det är svårt att vara säker på att gulnaden har börjat vid en klyvöppning, även om det är troligt.

Björn Lindahl

Har det gått att mikroskopiskt undersöka och se ännu mindre fläckar och se om de är centrerade till klyvöppningar?

Lena Skärby

Jag tror att tyskarna har börjat titta på detta i elektronmikroskop.

Jag skulle vilja lägga till att de här symptomen med gula s k kloroser på barr lika gärna kan vara en effekt av ozon.

Bengt Nihlgård

Det kan vara möjligt.

Björn Lindahl

Kan man se den effekten på träd mitt inne i en skog?

- Bengt Nihlgård Ja. Detta fenomen får man ofta i centrum av kronorna. Det kan man tolka så att det blir en anrikning av syror in emot centrum. Efterhand som det faller små droppar inuti granen, så koncentreras syrastyrkan och pH-värdet sjunker. Man har uppmätt pH-värden som ligger ner mot 2 på barr. Av den anledningen kan man misstänka att denna skadetyper är kopplad även till direkta syrafenomen.
- Rolf Bergqvist Är det långt ner i kronan?
- Bengt Nihlgård I detta fallet är det ungefär i mitten av kronan.
- Björn Lindahl pH-värde på omkring 2! Är det i början av ett regn?
- Bengt Nihlgård Nej, det är snarare vid dimsituationer. När det regnar får man inte så låga pH-värden.
- Björn Lindahl Men då borde väl skadan uppträda längre ut i periferin?
- Bengt Nihlgård Från topparna på granarna får man en viss anrikning in mot centrum, där vatten tas upp eller avdunstar och vätejoner anrikas. Jag tror att det kan vara en av orsakerna.
- Björn Lindahl Det där låter inte väl undersökt?
- Bengt Nihlgård Nej, det kan man inte säga. Det grundar sig i huvudsak på egna fältobservationer gjorda utan någon systematik.
- Björn Lindahl Det är en hypotes du framför nu alltså?
- Bengt Nihlgård Fenomenen är ju observerade av östtyskar i gasningsexperiment. De har sedan tjugotre år tillbaka begasat med svaveldioxid i olika koncentrationer, och fått den här typen av fenomen. Men man kan alltså inte säga om det är frågan om en svavelsyraeffekt eller en direkt svaveldioxideffekt. Eftersom de också har fuktighet i sina gaskamrar.
- Björn Lindahl Gäller deras experiment långsiktiga eller korta, akuta effekter?
- Bengt Nihlgård Det är både och. De har försök med växter i gaskamrar i mycket låga koncentrationer under mycket lång tid för att testa vilka trädslag som klarar sig bäst.

#### DISTINKT GULA BAND PÅ BARREN

Ett annat symptom som man iakttagit i Tyskland är kraftigare gulningsfenomen som så småningom leder till barrfällning. Tyskarna anser detta vara ozonskador som leder till att barren tappar bl a magnesium. Kvistarna är fortfarande gröna på undersidan. Ser man närmare på de här gulningsfenomenen, så kan man se att de skiljer sig från kalium-

bristsymptomen. Här har man mer distinkt gula band som oftast kopplas till magnesiumbrist. Tyskarnas teori är för närvarande att ozon inducerar förstöring och utlakning av klorofyll ifrån trädens barr. Och magnesium är en viktig del i klorofyllet.

Gerhard Salinger Är det en hypotes?

Bengt Nihlgård Ja, vad jag vet är det väl bara Lena som sysslar med ozon-skadefenomen här i Sverige genom renodlade experiment. De här träden står på höga höjder i Schwarzwald i Sydtyskland, där man har lite annorlunda klimatiska förhållanden, än vad man kan åstadkomma på andra sätt.

#### SKADOR PÅ ÅRSSKOTTEN

Jag vill också nämna de kväveskador som gör att man ofta får frostsador på träden. Barren blir ofta skadade i årsskotten. I många fall även i fjolårsbarren. Man kan skilja dessa skador från torkskador genom att torka drabbar alla barr. Men när det är frost, så slås oftast årsskotten ut först.

#### ALGPÅVÄXT

Man ser ofta att det finns olika gröna nyanser på barren. Toppskotten är klart gröna, medan de innersta barren är grågröna och täckta av alger, ofta av den vanliga algen trädgröna. Dessa effekter är märkliga för de slår igenom i hela den sydsvenska naturen. En beklädnad av trädgröna överallt, på allting. Det slår igenom i skogarna alldeles otroligt. Algtäckta barr har ingen funktion för trädet; de är isolerade från ljus och saknar alltså fotosyntesförmåga. Det innebär att man oftast får sekundäreffekter. Barren blir försvagade för svampangrepp och man ser ofta s k Gremmeniella-angrepp på sådana grenar efter ett tag. Efter något år ser man hur barren blir bruna och trillar av helt och hållet.

Björn Lindahl In i djupet av skogar också?

Bengt Nihlgård Ja, tyvärr. Även långt inne i skogar. Det är inte bara ett skogsbrynsfenomen.

Björn Lindahl Gäller det även i skuggiga delar?

Bengt Nihlgård Särskilt i skuggiga delar.

Björn Lindahl Är det där som luftföroreningar först skulle komma till?

Bengt Nihlgård Nej, det kan man inte säga att det är. I det här fallet vill jag åberopa kväveföreningarna i första hand. Inte direkta

gaseffekter, utan våt deposition av kväveföreningar - nitrat och ammonium. Deras deposition är ju som bekant mycket hög i hela Sydvästsverige. Vi anser att man har kväve-mättnadseffekter där. Skogen reagerar inte längre positivt på tillförsel av kväve utan tycks snarare exudera kväve under vissa höstperioder, för att göra sig kvitt överskott.

Björn Lindahl Men det kan ju inte bara vara kväve, de måste väl exudera annat också?

Bengt Nihlgård Även annat givetvis, t ex sulfat.

Björn Lindahl De blir tvungna till det tydligen. Det är konstruktionen hos träden som är sådan.

Bengt Nihlgård Ja.

Bengt Nihlgård Vi har mycket lite data för att förklara om nederbörden och dess näringsinnehåll räcker för att ge dessa effekter. Eller om träden dessutom aktivt exuderar ämnen som gynnar dessa alger. Det enda vi vet är att träd som befinner sig framme i sen höst mycket ofta har en för hög kvävekoncentration totalt i barren. Ungefär hälften består av proteinbundet kväve och hälften av rörligt kväve. Man kan förutsätta att de inte klarar en hård vinter på det sättet.

Björn Lindahl Du måste lägga till att detta ser man bara på barren. Man ser det inte t ex på ett öppet område på gräset eller på blottad mark, utan endast på granbarr. Inte på tallar.

Bengt Nihlgård Jo, det finns på tallar, trädstammar, kvistar och grenar på träden. Inte bara på barr. Du har hela tiden kolhydrater som droppar längs trädstammen t ex.

#### SEKUNDÄRA EFFEKTER

Bengt Nihlgård Jag vill bara klarlägga att dessa fenomen som jag har pekat på med prickskador, gulningar och algbeläggning oftast leder till sekundära effekter, såsom upprepade frostskador, ökning av barrsvampar och ökning av insektsangrepp. Detta leder till barrfällningar och också till ökade stormskador. Och även till stamsprickning, som vi annars har svårt att förklara, och som i sin tur leder till svampangrepp. Det är dessa sekundäreffekter som tar död på trädet. De primära småskadorna leder aldrig till döden direkt.

#### LAMETTABILDNING, ADVENTIVSKOTT, FÖRLUST AV SMÅGRENAR, ROTSKADOR

Lena Skärby En komplettering till symptom. Jag har lärt mig lite grand om vad tyskarna brukar titta på när de är ute i en skog,

för att se vilka träd som är skadade. Det man ytterligare går på, det är någonting som kallas för lamettabildning. Det är en typ av kamgransbildning där barren och kvistarna hänger ner i kamliknande form.

Man ser också efter ökad förekomst av s k adventivskott eller nöds-kott. De är små korta tilläggs-kott, som granar ofta utbildar om de utsätts för stress. Man brukar också se en onormal förlust av smågrenar under de skadade träden. D v s när marken är täckt av det vi i Sverige brukar säga att ekorrharna eller i sämsta fall märgborrar åstadkommit. Man ser en oerhört rik grenförlust på marken.

Och rotskador. Man har i vissa försök i Tyskland sett rötter där cellerna i de yttersta rotspetsarna är skadade eller döda.

Björn Lindahl Är mykorrhizan påverkad också?

Lena Skärby Det borde den nog vara.

Bengt Björklund Du sa att de här skadorna på barren är ett tecken på att det är någonting på gång; trädet dör inte direkt av detta utan i ett senare skede. Kan man säga att dessa skador med nödvändighet leder till döden för trädet?

Bengt Nihlgård Nej, det kan man inte säga. Det blir en ökad sannolikhet för att trädet kommer att angripas av svampar, insekter o s v, ju mindre barr det håller. Det är det man har sett i stora delar av Tyskland.

Lena Skärby Det här om träden dör eller inte beror mycket på åldern på beståndet. Om man går in i ett 75-årigt bestånd av gran och får se alla de fenomen som vi har tagit upp, så brukar man i Tyskland säga att träden har 4-5 år kvar. Det blir därför väldigt angeläget att hugga ner de träden. Är de yngre så har de fortfarande chans att överleva.

Bengt Björklund De här symptomen, när började ni upptäcka dem? Är det här helt nya kunskaper? Kan man säga att de inte har funnits tidigare, eller har ni inte studerat detta tidigare?

Bengt Nihlgård Det studerades av växtpatologer under 70-talet, men då framförallt för att se om det var ökningar av svampangrepp. Då konstaterade man att mängden svampar hade ökat. Men man kan ännu idag inte riktigt förklara varför de ökat. Och inte heller varför primärsymptomen med de små gulningsskadorna osv uppträtt.

## SKADOR PÅ VAXSKIKTET

Jag antydde tidigare att vaxskiktet var skadat. Hos barrträd finns det vax av två slag: Fibrilliknande som produceras från klyvöppningar, och så finns det ett yt-skikt på barren som kallas för kutikula. Man kan konstatera att på träd som uppvisar de här stresssymptomen eller skadesymptomen ser man aldrig eller mycket sällan någon fibrillbildning. Vi vet annars från experimentell verksamhet att man kan få plantor att producera mycket sådant fibrillartat vax under stressartade miljöförhållanden, t ex om man sätter dem i en vindtunnel.

Under den torrperiod som vi hade för ett och ett halvt år sedan så skulle man då kunna väntat sig att träden uppvisat mycket hög fibrill-/vaxtäckning, vilket de inte gjorde. Antingen är det så att förmågan att producera vax, detta fibrillvax, har minskat eller är det så att detta vax förstörs eller tvättas bort av syror, ozon, gaser av något slag eller kolväten. Detta vet vi inte. Men på lövträd kan man konstatera att blad som befinner sig i kronans yttre del och som börjar visa antydning till påverkan - där ligger hela kutikulan faktiskt och "flyter".

Man har alltså fått väldigt grava störningar på vaxskiktet. Vi kan inte förklara varför, utan bara konstatera att de finns.

## STÖRNING AV KVISTRENSNINGEN

- Rolf Bergqvist I DDR har man sett att kvistrensningen har upphört. Har ni någon förklaring till det fenomenet?
- Kvistrensning innebär alltså att trädet självt stöter bort döda kvistar, om ljuset kommer till stammen. I täta bestånd sitter ju de döda kvistarna kvar på stammarna. Men nu har man alltså iakttagit att de döda kvistarna sitter kvar trots att barrutglesningen gör att ljuset inte hindras från att nå stammen.
- Bengt Nihlgård Det hänger säkert samman med hela fysiologiska kretsloppet i trädet, men på vilket sätt har jag ingen teori om.
- Lena Skärby Inte jag heller. Har man iakttagit det fenomenet här i Sverige?
- Rolf Bergqvist Ja, jag har sett det, men det är ju väldigt subjektivt och jag vet inte om det är samma fenomen som i DDR.
- Björn Lindahl En del av effekterna kan väl bero på att vi har varierande känslighet hos en population? Jag tycker mig ha sett lamet-

tasyndromet med de hängande smågrenarna stående vid helt hälsosamma träd. Är detta en genetisk variation?

Bengt Nihlgård

Visst finns det genetisk variation, men sannolikt finns det också en individuell påverkan. Vi vet att träd som står intill varandra kan ha rotsystemen ihopkopplade. En och annan eller ibland flera rötter kan ha vuxit ihop och ha näringsutbyte. Om ett träd av en händelse råkar stå i närheten av ett stort stenblock och har lite sämre betingelser, så kan det komma i sämre situation när det blir fråga om t: ex torkstress. Det trädet som står utan det stora stenblocket och dessutom har kopplingen med rotsystem till det andra, kan i själva verket leva lite halvparasitiskt på det träd som befinner sig i sämre situation. Man kan inte bortse från möjligheten att träden konkurrerar med varandra på den nivån också. Förutom att trädet som växer bättre ger slagskugga på det sämre, och på det viset får både bättre ljus, vatten och näringsbetingelser.

Björn Lindahl

Men du sa inget om det genetiska nu?

Bengt Nihlgård

Visst finns den genetiska variationen, den är oerhört stor. Det vet man om man driver upp barrträdsplantor. Det kan vara en väldig variation på allt hos träden; från grenstrukturer till tillväxt och rotsystem. Plantor från en och samma kotte kan uppvisa ganska stor variation.

Björn Lindahl

Men just det här lamettasyndromet. Kan det inte vara så att de som valt ut plantor har missat, och fått med träd med sådana anlag?

Bengt Nihlgård

Det verkar inte så, att döma av att fenomenen kommer upp över hela Europa. En gran som man ursprungligen betecknar som en plattgran, kan omvandlas till att bli en sådan med smågrenar hängande intill stammen. När detta har pågått några år så verkar det som om denna gran tappar barren på smågrenarna, och de hängande slöjgrenarna skjuter nya skott på ovansidan, och omvandlas på så sätt successivt till en s k borstgran. Det fenomenet kan vi se mycket tydligt ute på landsbygderna, där den här utvecklingen har pågått längre på isolerade träd. De har alltså passerat ett lamettastadium och övergått till en nödskottssituation - en borstgran.

Rolf Bergqvist

Finns det något sätt att mäta skadorna?

Bengt Nihlgård

Ja, det finns olika möjligheter att mäta symptomen. Barrförlustuppskattningar har vi redan berört. De görs i procent.

När det gäller prickskador kan man räkna antalet prickar per hundra barr av olika barrårgångar, och på så sätt



mäta de här formerna av prickskador, som varierar från plats till plats.

När det gäller gulningar så kan man också uppskatta dem i procent liksom algbeläggning. Man behöver bara ett representativt grenprov.

När det gäller indirekta effekter som utlakning ifrån kronorna så kan man mäta detta genom analys på barr.

Det blir naturligtvis relativa mätningar hela tiden.

- Bengt Björklund Hur ser det ut i Sveriges skogar i stort? Vad vet man om det?
- Lena Skärby Genom riksskogstaxeringen pågår en större inventering och då har man gått på just kronutglesning - i procent täthet. I forskningsprojekt har man också börjat arbeta med en metod där man IR-fotograferar över större områden.
- Bengt Björklund Är dessa de enda metoder som är tillgängliga för att få en uppfattning hur illa eller bra ställt det är med Sveriges skog?
- Lena Skärby I dag är det nog det och båda är subjektiva. Det är mycket problem kring dem.
- Bengt Björklund Finns det bättre metoder fast de är kostsammare?
- Lena Skärby Jag tror inte att det finns bättre metoder. Däremot arbetar många på att ta fram bättre metoder. Men de två nämnda arbetar man med idag.
- Bengt Björklund Hur gör man utomlands då?
- Lena Skärby Det är samma två metoder som används.
- Rolf Bergqvist Är det något av dessa symptom som kan uteslutas i samband med fordonsavgaser?
- Bengt Nihlgård Jag vill inte utesluta några av effekterna, eftersom kväveoxider kommer in i alla de tre påverkningssamband som jag har illustrerat. Det finns ett samband mellan fordonsavgaser och samtliga de här effekterna.
- Björn Lindahl Även den här algpåväxten vill du säga att det är något som beror på bilavgaser?
- Bengt Nihlgård Genom att det blir nitrat av bilavgaserna. Jag tror att ammonium bidrar mest, men nitrat är också en kvävesubstans som tas upp. Jag vet inte hur mycket algerna gillar nitrat. Det vet du bäst själv.

- Björn Lindahl Du sa att du hade de här algpåväxterna långt in i skogarna. Men om det är direkt bilgenererat bör halten minska inne i skogen, och då bör algpåväxten vara lägre, när man har kommit en bit in i en skog.
- Bengt Nihlgård Nej, i detta fallet så ska du skilja på kväveoxideffekter, och när det blivit nitrat. Nitratet kan du få en ganska lång transport av. Från öppen mark kan kväveoxiderna blåsa väldigt långt bort, så får du salpetersyra bildat, och det regnar ner över hela skogen.
- Björn Lindahl Men fortsätter det att regna sköljs ju nitratet av.
- Bengt Nihlgård Ja, om inte organismerna är snabba på att suga till sig kvävet. Det kan man mycket väl tänka sig att de gör, om de är torra och suger till sig det första kvävet som kommer.
- Björn Lindahl Du är inte tvekande alls i det här sammanhanget?
- Bengt Nihlgård Nej, inte när det gäller nitratspridningen. Det enda jag är tveksam över är hur effektiva de är på att suga till sig nitratet. Jag vet att de suger till sig ammonium ganska bra.
- För att återgå till skogsbrynseffekten igen och närheten till vägen. Det är ju möjligt att kväveoxiderna snarare är skadliga för de här algerna. Jag skulle kunna tänka mig det, för jag tycker faktiskt att man ser mindre alger längs de stora vägarna, men det är ingenting som jag har undersökt.
- Rolf Bergqvist Vi går över till luftföroreningarnas påverkan på marken. Vilka ämnen påverkar själva marken? Här kanske du kan beröra hur mykorrhizan påverkas också.
- Bengt Nihlgård Detta är en mycket viktig fråga, men vi har ju lite ont om tid.
- Det får bli en snabbare principdiskussion om vad försurningen innebär.
- Det är två effekter som vi ska se på i marken. Gaseffekterna bortser vi ifrån i detta fallet.
- Det är vätejonerna och ammoniumjonerna som verkar försurande, när de regnar ner. Koppling till bilavgaserna finns då enbart när det gäller vätejonerna - salpetersyran.
- Vi börjar med försurningseffekterna som kväveoxiderna via salpetersyran hjälper till med: Man kan konstatera att där sker förlopp i tre olika steg. Det första steget är att vä-

tejonerna börjar byta ut, tvätta bort ämnen som sitter på markens kolloider. I första hand tvättas magnesium bort, i andra hand kalcium och vi får också en snabb, intern marktransport av kalium. Det är bl a dessa tre ämnen som är med i uttvättningsfenomenen i markytan.

Nästa fas är att det börjar bli så surt på kolloiderna i markytan att aluminium börjar buffra, och det bildas fria aluminiumjoner. Dessa fria aluminiumjoner kan transporteras vidare. Men de kan också orsaka sekundäreffekter genom att de fälls ut tillsammans med fosfater som finns i marken, vilket kan orsaka skador på rötterna. Denna fosfatuppbinding kan vara en av de viktigaste orsakerna till att aluminium verkar toxiskt på växterna.

Björn Lindahl

Är det ett bristfenomen eller är det ett skadefenomen?

Bengt Nihlgård

Det är en definitionsfråga. Aluminium kanske är toxiskt genom att det även inne i cellerna fäller ut fosfaterna, och gör dem därmed också inne i roten otillgängliga i metabolismen. Så aluminium har sannolikt effekter både utanför och inuti roten.

Den tredje fasen blir den att ämnen som växterna normalt behöver, såsom magnesium, kalium, kalcium, men även molybden och bor som är spårämnen, minskar till följd av markförsurningen.

För bilavgasernas del är molybden särskilt intressant eftersom det behövs i de enzymer som skall ta hand om nitrat i växten. Om det inte finns molybden i enzymerna i växten så har den inte en chans att utnyttja nitratnedfallet. Då kommer nitraten bara att rinna vidare genom marken och ut i bäckarna.

Detsamma gäller antagligen när nitrösa gaser tas upp i barren. Även där uppe måste finnas molybden, annars blir det skadefenomen av nitrösa gaser.

Björn Lindahl

Det är alltså omvandlingen av nitrat till ammoniumform inne i cellerna som störs?

Bengt Nihlgård

Ja, det är ett enzym som påverkas. Därmed är vi inne på den tredje fasen. Att det blir tillväxtstörningar och produktionsänknningar, när man kan konstatera att det finns brist på något av de här ämnena.

Man kan ju också konstatera att alla de här ämnena också ger effekter på vatten. Som jag ju antytt redan kan aluminium och nitrat rasa ut från markens horisont och vidare till grundvattnet och ytvatten. Detta är naturligtvis negativt för vattenmiljöerna, men inte för växterna i skogen.

Sedan finns ett fenomen som jag inte har berört, men som jag misstänker att Rolf funderar på. Det är tungmetallupplösningen i marken, beroende på att det blir surt. pH-värdet kan alltså sjunka så mycket att vi får värden under 3, och då löses väldigt många av de vanligare tungmetaller-na upp. Det kan då ge sekundäreffekter. Vi är för närvarande osäkra på om dessa metaller kan ge sådana sekundäreffekter på rotsystemet att de verkar hämmande. Där vet vi egentligen inte särskilt mycket. Vi vet bara att det sker en kraftig upplösning och att den upplösningen fortsätter även på en halv meters djup. När det gäller viktiga ämnen som aluminium, kadmium, zink, mangan så fortsätter de att lösas upp. Medan andra ämnen som bly, koppar, nickel, krom tycks fällas ut i rostjorden och inte transporteras vidare.

Detta är den ena typen av markpåverkan. En annan är kväveeffekterna. Där kommer vi omedelbart in på mykorrhizasamband. Ni kanske vet att trädens svamprotssystem - mykorrhizan - är till bl a för att växterna skall få i sig kväve. Även fosfor och andra svårtillgängliga ämnen, men fosfor och kväve är de viktigaste. Om trädet får för mycket kväve direkt på sig i form av ammonium eller nitrat, så vet man att det uppstår olika hämningar i dessa viktiga funktioner. Nitratet visar sig hämma bildningen av ny mykorrhiza.

Detta vet man från gödslingsförsök med kalksalpeter, kalciumnitrat. Även flera år efteråt har man klart observerbara sänkningar av mykorrhizasambanden.

- Björn Lindahl Har man gjort det även med t ex natriumnitrat?
- Bengt Nihlgård Nej, inte vad jag vet.
- Björn Lindahl Då är du inte riktigt säker på att det har med nitratet att göra?
- Bengt Nihlgård Du menar att det kan vara en kalkeffekt?
- Björn Lindahl Ja.
- Bengt Nihlgård Nja, i de fallen så har man ju inte fått någon kraftig höjning av pH-värdet.
- Björn Lindahl Nej, men det kan bero på kalciumjonen.
- Det är inget bra försök om man inte har en ren nitratkälla, t ex i form av natriumnitrat.
- Bengt Nihlgård Jag vet bara att tolkningen har varit att nitratet hämmar mykorrhizan. Man har utgått ifrån gamla gödslade provtytor

i Sverige, som har undersökts när det gäller mykorrhiza. Slutsatsen har varit att nitraten hämmar mykorrhizabildningen.

När det gäller ammoniumnedfallet så behöver vi kanske inte kommentera det så mycket. Det regnar alltså ned så mycket ammonium att det har betydelse för träden. Bl a när det gäller magnesiumupptaget. Det kan komma ner så mycket ammonium att det kan bli en konkurrenssituation mellan magnesium och ammonium. Detta gynnar naturligtvis snarare magnesiumutlakningen än något annat. Det bidrar alltså till bristsymptom när det gäller magnesium.

Björn Lindahl

Är det antagonistiskt till varandra? Är det så att man med mycket ammonium kan förhindra upptagning av magnesium?

Bengt Nihlgård

Ja, man kan minska upptagningen av magnesium. Det verkar antagonistiskt på något fysiologiskt sätt.

Resultatet av denna tillförsel av nitrat och ammonium på träden verkar i de flesta fall vara produktionshöjande, så att träden växer bättre. Men det kan man bara förvänta sig upp till en viss nivå. Så länge de andra ämnena också finns med. Det går inte att gödsla med enbart kväve, då får man alltid så småningom brist på fosfor, kalium, magnesium eller vatten; eller molybden eller bor, alltså spårämnen. Men de viktigaste makroämnena är magnesium, kalium, fosfor och vatten.

Bilavgaserna kommer året runt oavsett torrperiod eller våtperiod. Är det en torrperiod och man fortfarande vräker på kväve på träden, så tvingas bladen att suga till sig kvävet. Träden blir stressad, de måste producera kolhydrater för att ta hand om kvävet. Annars får det en direkt förgiftningseffekt.

Det är detta vi har som hypotes: Under t ex torrperioder så har den kontinuerliga tillförseln av kvävesubstanser, såväl nitrösa gaser som nitrat, ammoniak och ammonium, effekten att de stressar träden så att de får brist på kolhydrater och vatten. Vilket snarare ger en förgiftningseffekt på cellerna.

Effekterna jag nu har beskrivit när det gäller kvävet, kan alltså så småningom leda till att vi får en omvänd situation. Träden börjar helt enkelt släppa ifrån sig kväve, från såväl rötter som blad, för att upprätthålla balansen till övriga ämnen.

Detta är en situation som vi anser att vi faktiskt har uppnått. Vid mätningarna under krontaken konstaterar man väldiga mängder av bl a ammoniumföreningar. Särskilt un-

der höstperioder. Det gör att man kan fundera på om träden inte klarar av denna belastning, och försöker reglera det genom att "spotta ut" ammonium, så länge de har tillgång till vatten.

Rolf Bergqvist

Jag har väldiga frågor men jag tror att det blir för långt, så vi skall kanske försöka gå vidare.

Den relativa betydelsen av olika ämnen - kan man säga att ett ämne är betydligt mycket svårare än de andra? Du har rört vid det.

Bengt Nihlgård

När det gäller den relativa betydelsen så anser jag nog trots allt att vätejonerna och ammoniumjonerna, alltså de surgörande ämnena, är värst. Därmed tror jag svaveldioxidutsläppen har stor betydelse.

Jag tror alltså att svaveldioxiden betyder mer än kväveoxider och ozon totalt, om man ser på den areella betydelsen i Sverige. Och ammoniak och kolväten tror jag kommer därefter på ungefär samma nivå. Det är min bedömning, för försurningen har vi över hela Sverige, medan direkta gaseffekter har vi mera i anslutning till industrierna. Med undantag av ozon, som naturligtvis kan spridas långt.

Bengt Björklund

Lena, komplettering?

Lena Skärby

Ja, jag har också gjort någon sorts ranglista för mig själv. Den låter lite annorlunda för, precis som Bengt sa, så förekommer ozon över stora områden. Jag har satt ozon som nummer ett. Och jag har satt upp salpetersyra - både som gas och som försurande i mark - som nummer två. Svaveldioxid som nummer tre, och sedan har jag inte kunnat rangordna de andra. Där finns tungmetaller, kvävedioxid som gas och alla organiska ämnen. Kanske mer beroende på att vi vet så otroligt lite om de här ämnena och deras effekter.

Peringe Grennfelt

Jag skulle vilja ta upp det här med den relativa betydelsen av olika ämnen. Det kanske nyanserar den bild Bengt har givit, när det gäller tillförseln av olika ämnen till mark. Bengt betonar kvävet's betydelse med utgångspunkt av förhållandena i Skåne och allra sydligaste delarna av Småland och Halland och kanske Blekinge.

Om man tittar på den tillförsel som sker till marken av kväveföreningar i det s k krondroppet, alltså det som faller ner ifrån trädet, så är det så att väldigt mycket av det kväve som hamnar på träden, kommer att fastna i träd-kronorna, åtminstone om vi kommer lite längre upp i landet.

I Skåne och i randområdena kring jordbruksbygderna i Sydsverige är det mycket av det kväve som hamnar i träd-kronan, som kommer att tillföras marken. Vi har studerat ett skogsbestånd i Skåne och där har vi i krondroppet två till tre gånger mer kväve, räknat som summan av ammonium och nitrat, än vad som kommer med nederbörden.

I skogsbestånd i norra Småland återfinns vi bara en fjärdedel av nederbördens kväve i krondroppet. I Småland suger träden åt sig väldigt mycket av kvävet direkt ifrån nederbörden; det gäller både ammonium och nitrat.

Det innebär att det längre upp i landet inte tillförs så mycket kväve till marken under träden. Svavlet kommer däremot att passera nästan opåverkat genom trädkronorna, och det innebär att försurningseffekten, när vi kommer längre in i landet, till mycket stor del är en svaveleffekt. Försurningseffekten när det gäller kväveföreningar blir således koncentrerad till sydligaste Sverige och vissa områden utefter västkusten. Möjligen kan man få lokala effekter kring starkt gödslade områden och kanske kring motorvägar.

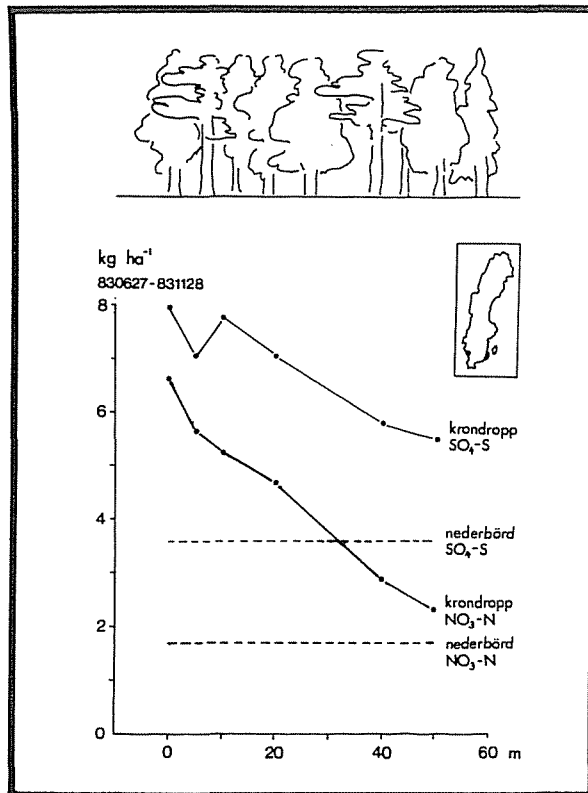
När vi tittar på marken, så är det alltså svavlet som är det helt dominerande försurningsfaktorn i allra största delen av Sverige. Medan kvävet kan ge bidrag till markförsurningen i delar av Skåne, Halland och Blekinge.

- Bengt Björklund** Det kan inte vara så, att med tiden så kommer det här fenomenet att dra sig norröver?
- Peringe Grennfelt** Jo, det sprider sig naturligtvis. Det är säkerligen så, precis som Bengt säger, att det kväve vi tillför nu suger växterna åt sig begärligt. Det är därför vi inte ser det i krondroppet. Men så småningom når vi en nivå när någonting annat blir bristämne, och då får vi precis den effekt som vi nu kan se i Skåne.
- Bengt Nihlgård** Min gradering stämmer alltså, det var därför jag satte vätejonerna och svaveldioxiden först. För jag anser att i hela Sverige så är de viktigast, medan kvävesubstanserna dominerar i Sydvästsverige, där nedfallet är högst.
- Björn Lindahl** Finns försurningen i hela landet, även uppe i Norrbotten?
- Peringe Grennfelt** Ja.
- Björn Lindahl** Har vi även ozon där uppe i sådana koncentrationer att effekter skulle kunna finnas?
- Lena Skärby** Det finns inga mätningar uppe i nordligaste Sverige så vitt jag vet, men det kan mycket väl bli effekter så långt norr ut.





- Göran Petersson Jag vill gärna säga något när det gäller den relativa betydelsen av olika ämnen. Jag tycker att det finns starka skäl att göra en rangordning som avviker mycket ifrån Bengts, och som ligger ganska nära vad Lena nämnde. Jag menar att det finns en rad fakta och iakttagelser som tyder på att det måste vara atmosfärkemiskt bildade ämnen som är viktigast, för de nya regionala skogsskadorna. Ozon är bara ett av dessa ämnen. De starkaste argumenten är kanske sambanden mellan spridningen av olika ämnen, haltförhållanden alltså, och den geografiska utbredningen av skogsskadorna. Det tror jag att vi kommer in mycket på senare under eftermiddagen.
- Bengt Björklund Skall vi gå vidare?
- Rolf Bergqvist Beskriv förloppet för direkt påverkan på barrträden, beroende på om det är torr- eller våtdeposition! Regn talar man ju numera inte om, och vad dimma är är väl inte riktigt utrett?
- Lena Skärby Det här (föregående sida) är en liten teckning som skall illustrera hur vindarna kan gå genom olika skogsbestånd. Det kan ha att göra med hur tätt träden står, när det gäller monokultur kontra blandbestånd. Men i ett bestånd där vi har en större gleshet - oftast äldre bestånd - där kan luft och vindar penetrera ganska fritt emellan alla individuella träd. Det har stor betydelse för just gaser - effekter där stora mängder gasmolekyler har en mycket större chans att kunna fastna i de individuella trädkronorna. I motsats till det, så har vi då de tätare bestånden. Oftast hittar vi dem nere i Skåne som yngre granbestånd. Ett sådant helt bestånd kan åstadkomma att gaserna bara fastnar i den främsta delen av beståndet, medan vi får en betydligt mindre deposition till träden inne i bestånden.
- Det här är en viktig skillnad som vi har börjat studera lite grand på IVL genom att utföra s k frontstudier. Vi följer sammansättningen av nederbörden. Vi placerar nederbördstrattar dels fritt ute på fält och precis i fronten och några stycken längre in i beståndet, för att följa depositionen.
- Det här (nästa sida) är en provtagning som är gjord på västkusten. Diagrammet visar innehållet av svavel i kron-droppet och i nederbörden utanför en front. Utanför fronten har vi en halt av  $SO_4$ -svavel som är mycket lägre, än om vi tittar på det som vi har i fronten. Om vi börjar med noll meter, alltså exakt i frontlinjen och går längre och längre in i skogen 10,20,30,40 meter in så sjunker halten, men aldrig ner till den nivå vi har utanför. Det här kallar man inte bara för en fronteffekt utan också för en filtereffekt. Skogen är alltså ett utmärkt filter för både gaser och partiklar.



Bengt Björklund Är det någon skillnad på barr- och lövträd?

Lena Skärby Ja det är stor skillnad. Dels så har gran och tall en mycket större Barryta på vilken partiklar och gaser kan fastna. Dessutom är de ju städsegröna. Så de är väldigt effektiva filter.

Peringe Grennfelt Vi har jämfört barr- och lövträd. Barrträd har 2,5 till 3 gånger mer svavel i kronddroppet än vad vi har i nederbörden. I ett lövskogsbestånd kanske vi har 10-30% mer. Det är alltså väldigt stora skillnader. Det hänger samman med dels vinterförhållandena, men sedan är det ju också så att barr filtrerar vinden effektivt. Ett barrträd rör väldigt lite på sig när det blåser, medan löven följer med hela den fina turbulensen; de ställer in sig i hög utsträckning efter vinden, vilket innebär att depositionen mot lövytorna blir mycket mindre.

Björn Lindahl Är det här provat i olika delar av landet?

Peringe Grennfelt Vi håller för närvarande på att göra det i olika delar av Sydsverige.

- Lena Skärby Skåne, västkusten, Östergötland och Småland.
- Björn Lindahl Algpåväxten som finns spridd över hela skogen hör alltså inte ihop med filtereffekten eftersom den avtar en bit in i skogen?
- Bengt Nihlgård Ja den avtar, men den försvinner ju inte.
- Björn Lindahl Ja, men du ser hur det ser ut. Man kommer ner mot nederbördens kvävehalt.
- Bengt Nihlgård Jovisst, men för algernas vidkommande så kanske det räcker.
- Björn Lindahl Ja, men då är det nederbörden i det fallet som är den stora transportmekanismen, och inte det gasburna ifrån en trafikled.
- Bengt Nihlgård Precis.
- Bengt Björklund Hade du någon mer kommentar till den här bilden?
- Lena Skärby Jag tycker det räcker. Den visar samma fenomen för kvävet, alltså en tydlig fronteffekt.
- Rolf Bergqvist Är det då lämpligt att man har en tät granskärm utefter motorvägen som skyddar det bakomliggande landskapet? Eller skall vi ha en lövskärm för att det är vackrare?
- Lena Skärby Mest effektivt är en granhäck.
- Björn Lindahl Om inte vinden går över den?
- Lena Skärby Ja, det kan den göra om häcken är mycket tät. Partikelfysik och meteorologi kan medföra att vi får turbulens och att luftföroreningarna deponeras bakom häcken i stället.
- Lena Skärby Hur mycket ska vi gå in på hur varje gas påverkar; hur den tränger in i växtcellerna?
- Rolf Bergqvist Det hinner vi nog inte, det får bli ett ämne för ett eget seminarium.
- Apropå turbulens, vill du Bengt, prata om blandbestånd kontra monokulturer i det här avseendet?
- Bengt Nihlgård Frågan gäller vilket som är bäst när det gäller barrträden. Att luckra upp dem med löv eller inte. Det är olika beroende på om det är gasskador eller om det är markförsurning, man är rädd för.

Är det gasskador så har tyskarna konstaterat att i närheten av utsläppskällor är det ganska dumt att luckra upp barrskogen. Då får man skador av gas som sipprar igenom. Vintertid när lövträden är kala så sipprar gasen igenom ännu mer effektivt. Man får svaveldioxidskador, prickskador och barrfällningar på alla träden. När det bara är barrträd så får man skadorna mer koncentrerade till fronten. Så just i närheten av direkta källor verkar det alltså inte vara så smart att luckra upp barrskogsbestånd.

Om man däremot ser det ur markförsurningsvinkel, så finns det aspekter som verkar åt andra hållet. Det var det tyskarna tänkte på. Man får positiva effekter på marken om man luckrar upp med lövträd. Även om man höjer pH-värdet i marken med bara en tiondel eller ett par tiondelar så har det en viss positiv effekt, för att motstå utlakningsfenomenen i marken. Lövträden suger åt sig det som lakas ut lite längre ner, och har till synes bättre förmåga att stå emot försurningseffekterna.

Rolf Bergqvist

Ska vi nu reda ut begreppen lite, genom att ni redogör för er uppfattning om respektive ämnes betydelse dels för markförsurningen, dels för den direkta påverkan på blad och barr.

Bengt Nihlgård

Jag börjar med markförsurningen, som vi har i hela landet. Då sätter jag högst gradering på svavelsyran, därefter salpetersyran och därefter även saltsyra som finns i mindre utsträckning. Sedan har vi också försurning över hela landet orsakad av ammoniumdeposition, men den är främst knuten till Sydsverige.

När det gäller försurningseffekterna totalt så bör dock ammonium komma in på en nivå som kanske ligger på andra plats efter svavelsyra, i höjd med salpetersyra. Vi har ungefär lika stor deposition av ammonium som av nitrat.

Bengt Nihlgård

När det gäller direktpåverkan så är det dels ren gaspåverkan, dels är det sura ämnen som tvättar ut ifrån kronorna. Där slår jag ihop alla vätejoner och ammoniumjoner - alla sura ämnen. Dem sätter jag fortfarande på första plats. De har nämligen en utlakande effekt på barren, som vi inte har nämnt så förfärligt mycket om.

Men den utlakningseffekten kommer kanske efter andra gaseffekter på vaxskiktet, där har jag svårt med bedömningen. Jag har dock satt svaveldioxid, kväveoxider och ozon på andra plats.

Men primärt kommer vaxskadorna, sedan kommer utlakningsfenomenen. Då är det möjligt att gaserna skulle komma före, eftersom de samtidigt har större effekt på vaxet. Det

här vill jag helst inte ha någon bestämd uppfattning om.

Rolf Bergqvist Efter detta nästan helgarderade svar, vad säger ni andra nu?

Göran Petersson När det gäller betydelsen av markförsurning gentemot direkteffekter, så finns det mycket som tyder på, att för de akuta regionala skadorna på skogen nu, så betyder markförsurningen praktiskt taget ingenting.

Det är nämligen så att vi har mycket kraftiga skador på skogen även i mycket kalkrika områden, där det knappast är möjligt att hävda att markförsurningen skulle vara ett problem.

Jag har själv undersökningar från flera områden i Skaraborg, där man har tittat på skog på rena kalkmarker. Där är skadorna minst lika svåra som i urbergsområden. Det finns också rapporter om skador från Öland och Gotland och många andra områden med marker som motstår försurning bra.

Jag vill alltså hävda att direkteffekterna förmodligen är det helt dominerande problemet i Sverige.

Det kan vara annorlunda ute i Europa, där det sura nedfallet är mycket större.

Bengt Björklund Frågan var vilka ämnen som har betydelse för markförsurningen, och vilka ämnen som har betydelse för direktpåverkan.

Göran Petersson Jag kan fortsätta med vilka olika ämnen som har betydelse för direktpåverkan. Det bör vara atmosfärkemiskt bildade ämnen. När det gäller direktemitterade ämnen är halterna så oerhört mycket högre nära utsläppen. Så om sådana främst var det som skadade träden skulle vi inte ha några levande granar inne i städerna och intill motorvägarna. Men det har vi ju.

Därför menar jag att det är atmosfärkemiskt bildade ämnen som har störst betydelse för skadorna. Ozon är ett av dem, men det finns många hundra andra. Det finns verkligen anledning att titta på en massa ämnen som bildas i atmosfären utöver ozon.

Lena Skärby Jag sätter, när det gäller direkteffekter, ozon och övriga fotokemiska oxidanter först. När det gäller vaxskador så är det mera tro och hypoteser än vetande idag. Man vet otroligt lite om kutikulan och vad som händer med den när man har släppt på föroreningar. På andra plats sätter jag att vi har en direkt syraeffekt, och som nummer tre sätter jag svaveldioxid i gasform.

När det gäller markförsurning så tycker jag Bengts lista är riktig.

Peringe Grennfelt Jag tycker Bengts klargörande på marksidan är alldeles utmärkt.

Jag håller också med Göran när det gäller sekundära föroreningar, som jag tror är väldigt viktiga. För att få de regionalt uppträdande skadorna, så måste det vara frågan om sekundära ämnen.

När det gäller påverkan av luftföroreningar bör man tillägga att svaveldioxid är att betrakta som en primär förorening. Vi skall också ha klart för oss att kvävedioxid är någonstans mitt emellan primär och sekundär förorening. Medan däremot ozon och andra fotokemiska oxidanter, sulfatpartiklar och salpetersyra i högsta grad är sekundära föroreningar. Det är de som kommer att ha den storregionala utbredningen.

Det är kanske i första hand de här ämnena själva, i kombination med varandra eller i kombination med svaveldioxid och kväveoxider, som är det vi skall koncentrera oss på.

På tal om direkteffekter, så talar allt för att svaveldioxidhalterna har minskat något i Skandinavien under 70-talet. Det finns dåligt med mätdata, men utsläppen har minskat i en sådan omfattning att vi kan dra slutsatsen att halterna har minskat. Av det skälet vill jag inte placera svaveldioxiden speciellt högt i det här sammanhanget. Däremot vet vi att kvävedioxid ligger kvar eller möjligen har ökat något; kolvätena ligger också kvar eller har möjligen ökat något under 70-talet. För ozon ser vi inte några större förändringar - jag kan återkomma till det senare.

Jag vill i den här rangordningen sätta ozon allra högst. Speciellt av det skälet att den förekommer i koncentrationer av minst en tiopotens högre än alla ämnen vi diskuterar. Det gör att den är mest intressant. Därefter vill jag sätta sulfatpartiklar och salpetersyra, innan jag sätter de övriga gaserna.

Bengt Nihlgård Gasbedömningarna tror jag är riktiga. Vad jag vill varna för, är det här med kalkrika marker. I fallen med skogsskador på kalkrika marker, så kan man med ganska stor sannolikhet misstänka att det är höga ammoniakhalter under torrperioder som kan ge skador. Man skall vara försiktig med att skylla för mycket på ozon. Det kan vara en ren ammoniak effekt också. Särskilt på kalkrika marker.

Bengt Björklund Kan man tyda det här som att Bengt inte är lika övertygad om ozonets stora betydelse som IVL:arna?

- Bengt Nihlgård Ja, just därför att vi saknar symptomen. Jag vill se fenomenen för blotta ögat eller under elektronmikroskop, och jag vill se att de går att producera med hjälp av ozon.
- Bengt Björklund Har ni sett dessa fenomen?
- Lena Skärby Ja, i laboratoriet i kontrollerade experiment har vi sett dem. Men att sedan gå ut och vara en säker diagnostiker är svårt, det är komplicerat att läsa av skador överhuvudtaget när det gäller skog.
- Bengt Björklund Men jag tycker mig spåra en nyansskillnad mellan er. Är det rätt uppfattat?
- Lena Skärby Ja.
- Rolf Bergqvist Finns det något speciellt att säga om lövträd som inte gäller barrträd?
- Bengt Nihlgård Det finns ett fenomen hos lövträden som finns registrerat både i centraleuropa och i Sydvästsverige. Det gäller främst bok i Skåne och Halland men i Centraleuropa även ek. Det är skador på tillväxten på grenarna, grenstrukturerna, som vi för närvarande inte hittar några andra förklaringar till, än att det är påverkan från rotsystemet. Det är då sannolikt kopplat till aluminiumeffekterna. Vi håller på att utreda det med hjälp av avhjälplingsexperiment, för att se om det går att få relativt unga träd - alltså 40-50 åriga bokar - att få tillbaka normal skottbildning genom att häva aluminiumspårren i marken t ex med kalkning.
- Där finns gulningsfenomen i lövträden som påminner om gulningsfenomen hos barrträden, när de har för låga halter av både kalium och magnesium. Det antyder att det finns brist på dessa ämnen, men varför den har uppstått vet vi inte. Det kan också vara en koppling till ozon, förutom de nämnda utlakningsfenomenen.
- Jag har lämnat exempel på sådana löv till Lena och hon får lösa den här knuten. Alltså om det är fråga om primära ozonskador på bladen, som ger skador på vaxskiktet och sedan utlakningsfenomen av näringsämnen.
- Där finns gulningsfenomen på bokarna, och där finns hämningar i skottspetsarna. Någon motsvarande hämning på tillväxten finns inte på barrträden.
- Rolf Bergqvist Hur påverkas tillväxten på barrträden? Vi på praktiksidan har märkt en skillnad på tillväxten i toppen, på diameten och i formen. Vad har man gjort för iakttagelser från vetenskaplig synpunkt?

- Bengt Nihlgård Om man ser det i stort över Sydvästsverige så finns det ingen nedgång i tillväxten enligt riksskogstaxeringarnas mätningar. Å andra sidan finns det provytor som registrerar sänkning av produktionen i norra Skåne. Provytor som följs upp av Institutet för skogsförbättring. Där visar det sig bl a att de provytor som har fått mycket kväve har vuxit sämst. Det är svårt att förklara, om man inte tror att det är brist på något annat i relation till kväve. Det går knappt att förklara den nedgången på annat sätt.
- Men generellt sett så är inte en tillväxtsänkning registrerad. Det finns teoretiska förklaringar till detta. Vi har ganska mycket ungskog i Sydvästsverige. På 60-talet och i slutet av 70-talet har många stormar fällt äldre skog. Det man mäter tillväxten på idag är alltså ungskog som växer bra upp till 30-års åldern. Det stora frågetecknet är hur denna skog kommer att bete sig framöver, när den kommer upp i 40-50 års åldern. Man kan nämligen förvänta sig eventuella hämningar i stil med kvävemättnadssymptom först i den åldern.
- Rolf Bergqvist Får vi då en inskränkning i toptillväxten först? Och en konstant diametertillväxt?
- Lena Skärby Jag tycker inte att man kan veta det idag. Pratar vi om ozon så visar vissa experiment att det kan bli en hämning av rottillväxt först.
- Rolf Bergqvist Det betyder att det blir reduktion av toptillväxten som syns först.
- Lena Skärby Ja, och jag tycker också att man kan säga att vi vet tillräckligt mycket från litteraturen och vetenskapliga experiment för att säga att tillväxten påverkas. Det är bara fråga om vilken halt vi rör oss med. Generellt kan man säga att luftföroreningar minskar tillväxten på växter.
- Bengt Björklund Om jag utvidgar frågan till andra växter och grödor, vad svarar du då?
- Bengt Nihlgård Då kan man konstatera att man inte vet så mycket i Sverige för närvarande. Vi har gjort en liten studie på Malmöhuslän som konstaterar att tillväxten på grödorna över ett tioårsperspektiv faktiskt ligger sämst till i anslutning till de stora städerna Malmö, Helsingborg och Landskrona, alltså närmast västkusten. Man kan utgå ifrån trendtillväxten under de senaste tio åren i olika odlingsdistrikt, och konstatera att det finns någon form av påverkan även på odlade grödor.
- I Östtyskland vet man att det är så. Där tar man sedan länge fram grödor som är anpassade till höga halter sva-



veldioxid och kväveoxider. Växter som korn, havre och vete är anpassade till sådana koncentrationer.

Jag vill härmed inte ha sagt att vi har denna situation i Sverige, men det finns indikationer på det. Vi håller för närvarande på att kartlägga hela den svenska skördestatistiken för att se om det finns trender i den riktningen i Sydvästsverige.

- Lena Skärby Igen, när det gäller ozon, kan man gå ett steg längre och säga att vi har halter som definitivt kan orsaka tillväxtminskning på grödor.
- I experiment som vi gjort de senaste tre till fyra åren med potatis, spenat och även ärtor ser vi, när vi doserar med en extra ozontillsats som är fullt realistisk för svenska förhållanden, att vi får en minskning i avkastningen på mellan tio och trettio procent.
- Bengt Björklund Det finns inga undersökningar där man tittat på växande gröda? Det är alltså bara i experimentsituationer man har gjort de iakttagelserna?
- Lena Skärby Ja. Men vi har också kunnat konstatera skador som vi vet beror på ozon på grödor i södra Sverige.
- Bengt Björklund Hur vet ni det?
- Lena Skärby Vi har efteråt gjort experiment där vi har tittat på t ex spenat. Vi har doserat med ozon och fått samma symptom, och vi har också använt andra sk indikatorväxter för att verifiera resultaten. Så jag tycker att vi har bevis.
- Björn Lindahl Är det inte så att Findus har minskat sina odlingar av spenat i Sverige därför att de får ozonskador?
- Lena Skärby Nej, de har inte minskat sina odlingar. Vi har jobbat tillsammans med en forskningsinstitution som är knuten till Findus, Nordreco AB. De har samma volym på sina spenatodlingar som de har haft i flera år. De har observerat sådana här skador sedan minst tio år tillbaka, om inte femton, och inte vetat vad de har berott på. De har tidvis haft problem med skador på spenat.
- Bengt Nihlgård Det är väl snarare ett skönhetsfel, det där med gula fläckar på spenaten.
- Lena Skärby Det är ett skönhetsfel. De har svårighet i sorteringen av hel bladspenat. De måste sitta manuellt och sortera bort de skadade bladen. Däremot har inte Findus eller någon annan tittat på avkastningen och fått någon uppfattning om den har minskat.

- Bengt Björklund Nu närmar vi oss slutet på detta tema. Jag skulle bara vilja komplettera med en ytterligare fråga. Hur bedömer ni kunskapsnivån på hela detta område; hur växterna skadas av luftföroreningar? Finns det behov av stora forskningsinsatser?
- Peringe Grennfelt Min uppfattning är att vi står inför ett stort och omfattande problem där grundforskningsnivån kring de mekanismer vi studerar inte ligger tillräckligt långt fram, för att vi skall kunna studera hur föroreningarna påverkar träden. Vi behöver alltså bättre kunskaper redan när det gäller hur träd fungerar i, och reagerar på olika stressituationer. Det är där som den allra viktigaste forskningen behöver sättas in idag.
- Lena Skärby Ja, jag håller med Peringe helt och hållet om det. Det är definitivt så att det behövs mer forskning på det området. Samtidigt skulle jag vilja framhålla att vi vet tillräckligt mycket för att säga att det inte är särskilt lämpligt att fortsätta att släppa ut sådana här ämnen i miljön.
- Göran Petersson Jag vill tillägga en viktig aspekt på detta. Det är så oerhört många ämnen som vi har att göra med samtidigt, och det leder till att det finns en mängd möjligheter till synergistiska effekter.
- Så fort man gör praktiska experiment med ett enskilt ämne, det kan vara ozon, det kan vara svaveldioxid, så är det en uppenbar risk, för att inte säga ganska självklart, att man underskattar problemen. Därför att i verkligheten har man inte dessa ämnen ensamma, utan man har dem tillsammans med en massa andra luftföroreningar, och då sänks trösklarna för olika skadeeffekter.
- Bengt Nihlgård Vi behöver veta hur allmänt spridda de här olika typerna av effekter är i Sverige. Vi har koncentrationer i Sverige som ligger väsentligt lägre, än vad man har i Mellanuropa. Efter att ha åkt omkring och tittat där, så är man verkligen fundersam över hur deras träd överhuvudtaget kan växa, om vi har skador i Sverige redan vid våra koncentrationer. Det finns helt andra problem kopplade till deras orenade utsläpp, men de kanske vi inte skall gå in på.
- Sverige befinner sig i den situationen idag att vi har en försurningsnivå, vad gäller skogsmarken i alla fall, där vi ser en förhöjning av produktionen. Det är helt naturligt det första steget i försurningsprocessen; man får frigörande av näringsämnen och ökad kvävedeposition, som ger en högre produktion.
- Nästa skede, som vi enligt vår mening börjar komma in i på de magraste markerna i Sydsverige; det är när närings-

ämnesutlakningen har gått så långt i markerna att brist-symptom uppträder. Om tio till femton år kommer t ex förekomsten av magnesium att ha halverats på vissa marker.

Då kommer vi att gå in i skede nummer tre; att produktionen kommer att sjunka på de arealerna. Det är den prognosen jag tror man måste leva med. Vi kommer inte att kunna häva några emissioner och depositioner fram till år 2000. Även 20 år därefter kommer vi att ha en ganska hög syradeposition. Kanske har vi kunnat minska nitrösa gaser och kolväten i luften, men inte syradepositionen och dess kvardröjande markeffekter. Därmed kommer syradepositionen att bli det absolut viktigaste problemet även i fortsättningen, när det gäller skogsmarkerna.

Bengt Björklund

Kan man då sammanfatta det ungefär som Lena gjorde: Det finns mycket osäkerhet, men vi vet tillräckligt mycket för att man skall vidta åtgärder för att minska utsläppen?

Det tycks alla vara överens om på svarandesidan.

Björn Lindahl

En kort kommentar där: Jag tycker ändå inte att vi vet tillräckligt mycket, för att veta att de åtgärder som vi vidtar är tillräckliga på lång sikt. Det fordras mycket mer forskning på effektsidan och utsläppsidan, innan man är klar över problemen.

# Kopplingar mellan utsläpp och skador

Bengt Björklund      Då går vi över till dagens tredje tema där vi skall titta lite närmare på de samband som finns mellan bilavgasutsläpp och skogsskador.

Magnus Lenner      Vi har ju tidigare nämnt vilka föroreningar som kommer ut med bilavgaserna, och dessutom att de kan ge upphov till sekundära föroreningar genom reaktioner i luft - ozon t ex.

Nu skulle jag vilja fråga var och när man finner de högsta koncentrationerna av de här ämnena och vilka värden som förekommer.

Göran Petersson      Jag börjar gärna svara med utgångspunkt från en tabell. Det är en tabell som jämför halter av olika luftföroreningar i landsbygdsmiljö i Sydsverige med typiska halter i trafikmiljöer.

	trafikmiljö	landsbygd	haltförhållande
xylén	150	0.1	1500
toluén	150	0.25	600
bensen <sup>a</sup>	60	0.3	200
diklorethan <sup>a</sup>	1	0.02	50
bly (oorganiskt)	2	0.02	100
kolmonoxid	10000	200	50
kväveoxid	800	2	400
kvävedioxid	200	4	50
svaveldioxid <sup>b</sup>	100	5	20

<sup>a</sup> Cancerogena.    <sup>b</sup> Främst från andra källor än motorfordon.

Halter av luftföroreningar ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) i svenska tätorters trafikmiljöer jämfört med sydsvenska landsbygdsområden.

Längst till höger har vi ett haltförhållande. De halter som vi har angett för trafikmiljön är när trafiken är igång. Här ser man just detta som jag har pratat om tidigare, att halterna intill utsläppen är så mycket högre än i de regionala skogsområdena. Om det vore direktemitterade ämnen som gav skadeeffekter skulle det få stort utslag i skadornas spridning, vilket man alltså inte observerar. Därför menar jag att man i princip kan utesluta direktemitterade ämnen som orsak till de regionala skogsskadorna.

Vi kan ju titta på det ämne där vi har det lägsta haltförhållandet, svaveldioxid. Peringe nämnde att vi bör betrak-

ta även svaveldioxid som ett direktemitterat ämne. Där har man då ett haltförhållande på 20. I vissa andra fall, om man inte är nära trafiken, så är det kanske mindre, men det är i alla fall flera gånger högre halter inne i tätorter än ute i skogarna. Därför kan man ju utesluta t o m svaveldioxid som en viktig faktor när det gäller regional skogspåverkan. Alla de andra ämnena kan man utesluta desto säkrare, menar jag.

För att illustrera effekten av haltskillnaderna skulle jag vilja ta ett exempel med just svaveldioxid, som är det ämne där man har minst skillnad mellan land och stad. Det är ju väl känt att svaveldioxid ger en kraftig och ganska specifik effekt på trädväxande lavar. Från en kurs som jag har haft har jag fått in en massa undersökningar från olika tätorter runt om i landet om trädlavarnas utslagning.

Kungsbacka är ett område där man har mycket skogsskador. Där har man sett att trädlavarna är utslagna inne i de centrala delarna av samhället. Redan på någon kilometers avstånd är trädlavarna nästan normala och ser ut ungefär som de gör i hela regionen.

Med det här resonemanget menar jag alltså att direktemitterade ämnen kan man rensa undan. De betyder inte särskilt mycket för skogsskadorna regionalt. Däremot kan de naturligtvis betyda en del alldeles i närheten av motorvägar och tätorter. Men för de regionala skogsskadorna är det atmosfärkemiskt bildade ämnen som ozon och alla dessa andra radikaler, peroxider osv, som är viktiga.

Magnus Lenner

Vi har ju talat om försök där man har exponerat växter för ozon och även kväveoxider för att kontrollera vilka halter som behövs för att påverka växterna. Jag skulle vilja veta vad som är gjort på det området, och om man kommit fram till några exakta tröskelvärden för olika ämnen, när de börjar påverka växtligheten.

Lena Skärby

Det har arbetats mycket med tröskelvärden, särskilt för svaveldioxid.

Om 25 mikrogram per kubikmeter överskrids som årsmedelvärde får man effekt på tillväxt på gran.

Peringe Grennfelt

Då skall vi komma ihåg att de högsta regionala årsmedelvärdena i Skåne ligger på 8-10 mikrogram svaveldioxid per kubikmeter.

Bengt Björklund

Finns det inga ställen i landet där man ligger över 25 mikrogram?

- Lena Skärby           Inte regionalt. Däremot i storstäderna.
- Magnus Lenner       Då skulle alltså svaveldioxid ensamt inte kunna påverka växtligheten i de halter som förekommer. Har det någon betydelse om det här medelvärdet döljer kraftiga toppar och dalar, eller om det är någorlunda jämt fördelat?
- Lena Skärby           Det har stor betydelse. Fler och fler rapporter pekar på att sättet på vilket växten får ta emot en viss dos har en väldigt stor betydelse. Tiden mellan varje hög halt har stor betydelse. Om växten får tid på sig att reparera sig eller inte.
- Magnus Lenner       De nämnda årsmedelvärdena, med vilken upplösning är de mätta, i 24-timmasintervaller, entimmasintervaller eller vad?
- Lena Skärby           Det finns inga förslag till dygns- eller entimmasvärden för svaveldioxid förutom den här snitthalten för ett år.
- Peringe Grennfelt   De här riktlinjerna härstammar ifrån observationer på skogsskador framför allt nerifrån Centraleuropa. De innefattar i sig ett variationsmönster med toppar på 100-200 mikrogram per kubikmeter under korta perioder.
- Lena Skärby           Jag skulle vilja ge ett litet exempel. Vi gjorde experiment på tall förra året. Vi exponerade tallkvistar för en gasblandning som bestod av svaveldioxid, kvävedioxid och ozon. Halterna på svaveldioxid låg kring 50 mikrogram per kubikmeter och ungefär samma för kvävedioxid, vilket är ganska mycket högre än vad vi ser ute, men ändå en halt som mycket väl kan förekomma nära stora städer. Och slutligen en halt på 160 mikrogram per kubikmeter av ozon. Redan efter ett dygns exponering fick vi effekt särskilt på fotosynteshastigheten. Så redan vid halter kring 50 mikrogram svaveldioxid, t ex under 24 timmar, så reagerar trädet definitivt, och särskilt om svaveldioxiden kombineras med andra föroreningar.
- Magnus Lenner       Men detta var ju sammantaget ganska våldsamma halter, 50 plus 50 plus 160 av ozon.
- Lena Skärby           Utanför en storstad är det inte så våldsamt, utan ganska realistiskt.
- Rolf Bergqvist       Samtidigt?
- Lena Skärby           Ja.
- Peringe Grennfelt   Jag skulle kunna tänka mig ett regionalt uppträdande av halterna 5, 5, 160 mikrogram per kubikmeter. Alltså precis samma halt av ozon, men halten 5 mikrogram per kubikmeter utav svaveldioxid respektive kvävedioxid. Det kan förekomma sommartid. Vintertid kan vi vända på förhållandet,

- då kan vi ha 50 mikrogram per kubikmeter svaveldioxid och 50 mikrogram per kubikmeter av kvävedioxid, men då har vi kanske inte mer än 10-20 mikrogram per kubikmeter av ozon. Vi är således inte så långt ifrån de här situationerna under perioder som kan vara under några dygn.
- Bengt Björklund Är vi nöjda nu med tröskelvärdena? Gran har vi nämnt. Har vi några andra intressanta tröskelvärden för andra träd och växter?
- Lena Skärby Andra ämnen då snarare. Jag skulle vilja säga att 25 mikrogram svaveldioxid per kubikmeter får gälla skogen. För kvävedioxid är det mycket svårare att ange ett tröskelvärde; det ligger högre.
- Peringe Grennfelt Det ligger avsevärt högre när vi tittar på kvävedioxid, men däremot så finns det en samverkans effekt mellan kvävedioxid och svaveldioxid. Sannolikt sådan att den skulle sänka tröskelvärdet för svaveldioxid något. Man har studerat effekter vid haltnivåer som ligger obetydligt över 25 mikrogram per kubikmeter av vardera svaveldioxid och kvävedioxid vid samtidiga exponeringar och sett tillväxtnedgångar på vissa trädarter. Så det finns en kombinationseffekt.
- Bengt Björklund Några andra ämnen?
- Lena Skärby Ozon. Där är det nästan besvärande att prata om tröskelvärdet. Det finns egentligen inte, eftersom skadlig halt ligger så nära den ständiga bakgrundshalten, som är 20-30 ppb alltså 40-60 mikrogram per kubikmeter.
- Magnus Lenner När inträder den skadliga effekten?
- Lena Skärby På känsliga arter kring 100 mikrogram per kubikmeter. Det är inte ens en faktor 2.
- Magnus Lenner Det är alltså en mycket liten marginal för just ozon?
- Lena Skärby Ja.
- Lena Skärby Det som gör bilden lite mörkare och komplicerar det hela ytterligare, det är att bakgrundshalten av ozon ständigt stiger.
- Bengt Björklund Finns de variationer i olika delar av landet på den punkten också?
- Peringe Grennfelt Nej, sannolikt inte.
- Lena Skärby Bakgrundshalten av ozon stiger allmänt. Och vi vet väldigt lite om hur växternas förmåga att reparera sig eventuellt kan påverkas, om vi får en högre bakgrundshalt som alltid

ligger och stör växterna. Att den ständigt ökar kan ha en väldig betydelse i fortsättningen.

100 till 120 mikrogram per kubikmeter som ett riktvärde för effekt alltså.

Bengt Björklund

Någon följdfråga innan vi lämnar tröskelvärden?

Magnus Lenner

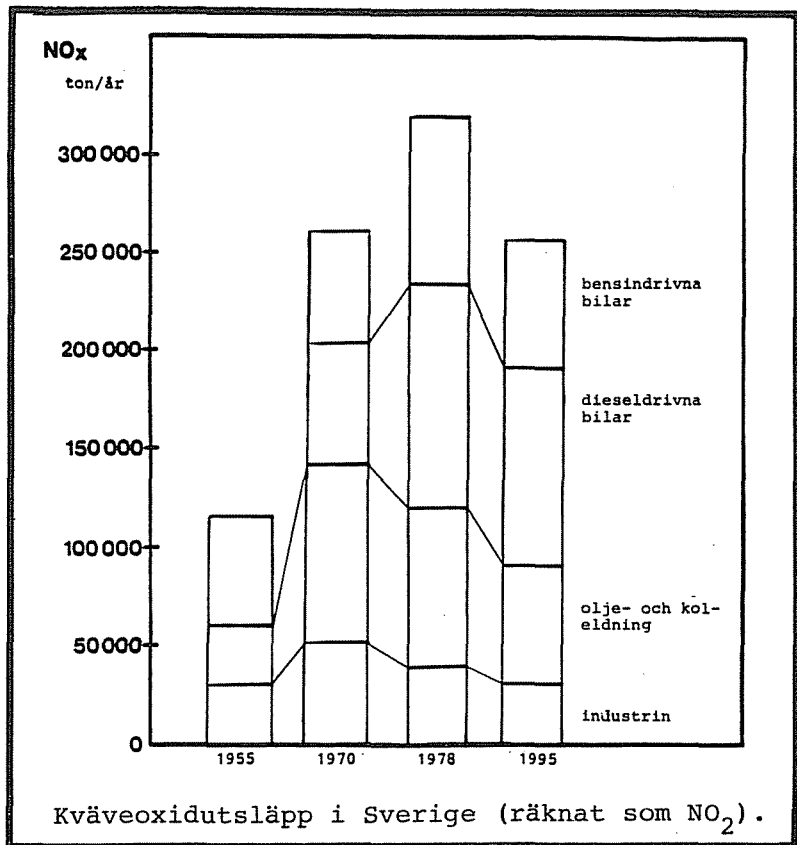
På vilket sätt deltar biltrafiken i den här höjningen av ozonhalten? Kan man säga något definitivt om det?

Peringe Grennfelt

Då får vi gå tillbaka till emissionsutvecklingen.

Magnus Lenner

Den svenska bilparken den har ju utvecklats från en kvarts miljon personbilar i början på 50-talet till över tre miljoner nu. Å andra sidan så var väl avgasrening ett okänt begrepp för trettio år sedan, men numera har det ju blivit alltmera aktuellt med skärpta krav och bestämmelser på emissioner av olika ämnen. Hur har utsläppen förändrats under den här tiden?





Peringe Grennfelt Här är en bild (föregående sida) över hur kväveoxidemissionerna har förändrats ifrån 50-talet och fram till 1978. Sedan finns det en prognos för 1995 som är hämtad ifrån "Aktionsplan mot luftföroreningar och försurning".

1955 var utsläppen drygt 100 000 ton kväveoxider. Vi skall ha klart för oss att dessa inventeringar är ganska grova. Den samlade emissionen från både bensin- och dieseldrivna fordon låg på ungefär hälften av de 100 000 tonnen.

När vi kommer fram till 1978 så ser vi att utsläppen ligger på ca 320 000 ton. Då svarar bilavgasutsläppen för 60-65%, och dieseldrivna fordon har större andel än bensindrivna.

I den inventering som är gjord 1983, och som publicerades i förra veckan, ligger utsläppen kvar på ca 320 000 ton, men biltrafikens andel har ökat till ca 70%.

Den här bilden är ganska enhetlig sett ur europeiskt perspektiv. Det rör sig om storskaligt spridda föroreningar. Biltrafikens andel av emissionerna är emellertid mindre i Europa än i Sverige. Det är istället betydligt större andel kväveoxider från stationär förbränning i bl a koleldade kraftverk. För Europa som helhet svarar nog biltrafiken för ungefär 50% av kväveoxidemissionerna. I Västtyskland räknar man med ca 55%. I Östeuropa kan man nog räkna med att den stationära förbränningen svarar för större andel än 50%.

Magnus Lenner Prognosen för 1995 - hur pass säker är den? Innefattar den genomförandet av katalytisk avgasrening?

Peringe Grennfelt Ja, den innefattar införande av katalytisk avgasrening omkring 1987. Det skisserades i aktionsplanen. Så prognosen är ju i högsta grad osäker när det gäller bensindrivna fordon. Den innefattar också vissa åtgärder på den stationära förbränningssidan; framförallt förbränningstekniska åtgärder.

Bengt Björklund I USA har man ju haft skärpta avgasregler sedan åtskilliga år tillbaka. Har du några siffror som visar hur utvecklingen har varit i USA?

Peringe Grennfelt Nej. Vad man möjligen kan säga är att andelen dieselfordon är väsentligt mindre än vad den är i Sverige. Därigenom har effekten av den katalytiska avgasreningen fått något större genomslagskraft i USA. I Californien har man haft ganska kraftiga minskningar av kväveoxidutsläppen.

Magnus Lenner Har du data om andra föroreningar av liknande art?

Peringe Grennfelt På kolvätesidan är kunskapen mycket sämre. Av de utsläpp som sker från mänsklig verksamhet i Sverige svarar biltra-

fiken grovt sett för 60% av de lättflyktiga kolvätena. Utvecklingsprognosen kan nog ses som lite mer positiv i det sammanhanget. Det är lättare att åtgärda kolväteutsläpp både från biltrafik och andra källor.

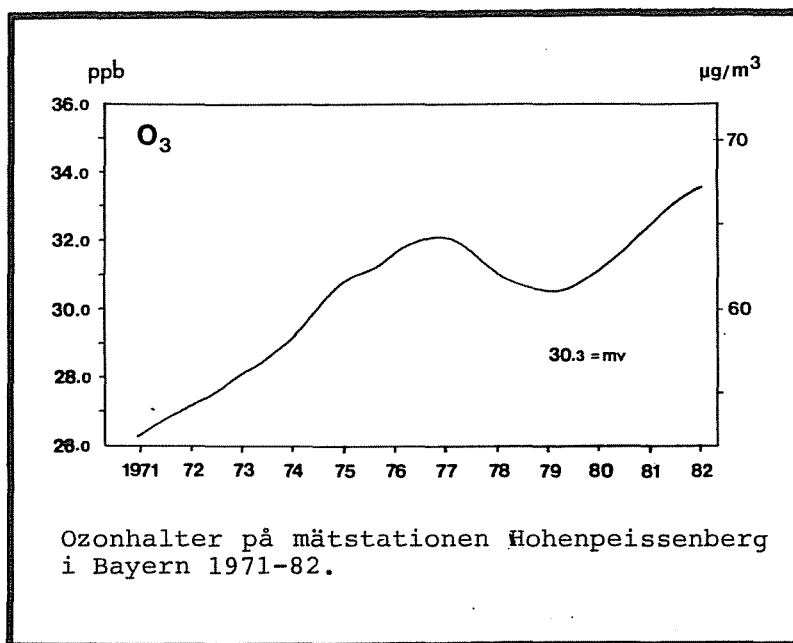
Bengt Björklund Det var kolväten och kväveoxider. Inga andra ämnen av intresse?

Peringe Grennfelt Inte från biltrafiksynpunkt.

Jag skulle också vilja peka på den successiva ökningen vi har av bakgrundshalten av ozon, som i viss utsträckning har förändrat bilden under de allra senaste månaderna.

När man har diskuterat ozoneffekter har man utgått från att man haft en konstant bakgrundshalt, och sagt att vi har ett ganska litet språng mellan bakgrundshalten och de halter som ger effekter.

Nu finns det några platser där man har haft långsiktiga mätningar av ozonhalten i atmosfären. De allra längsta mätningarna har gjorts i Östtyskland. Där har man mätt sedan mitten av 50-talet. En station har funnits på Arkona i Östersjön. Den mätstationen visar att man har haft ca 80% ökning av årsmedelvärdet av ozon mellan 1956 och 1982. Det är inte unikt, flera stationer har liknande resultat. Men den här är kanske den mest anmärkningsvärda, för den ligger relativt opåverkat av föroreningar.



Den här kurvan (föregående sida) kommer från en mätstation nere i Bayern på ca 1000 meters höjd. Den heter Hohenpeissenberg. Där man har mätt ozonhalten från 1971 och framåt, och det här är årsmedelvärden av ozonhalt. Det är en relativt konstant ökning med ett maximum 1976-77 och ett 1980-82.

Den här kontinuerliga ökningen av ozonhalten vill man tillskriva en ökning av bakgrundshalten av kolväten och kväveoxider över hela norra hemisfären. Man ser ökningen inte bara sammankopplad med sommaren, utan också en viss ökning under vintern. Den är inte heller enbart förknippad med perioder av stark föroreningspåverkan, utan även kopplad till bakgrundsvärdena - renluften.

Rolf Bergqvist

Det här med bakgrundsvärden. Om man diskuterar med den kraftproducerande industrin om olja, så får man ju alltid reda på att det är bakgrundsvärdena för svavel som är besvärande höga. Vulkanerna skulle släppa ut mellan 90 och 95% av det svavel som finns i atmosfären. Är det sant?

Peringe Grennfelt

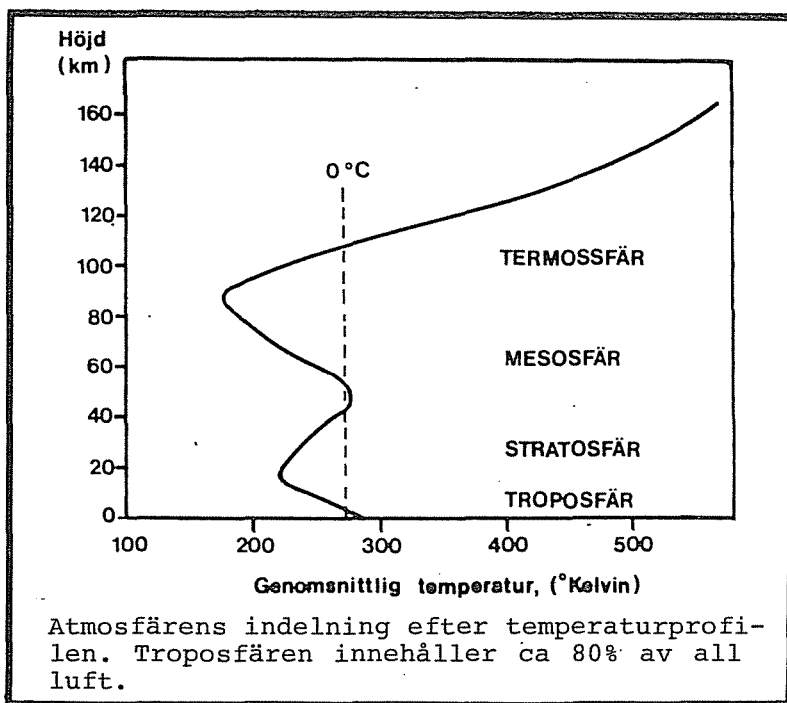
Tvärtom! Mindre än 5% räknar man med kommer från vulkanisk aktivitet.

Bengt Nihlgård

Gäller det Europa?

Peringe Grennfelt

Det gäller globalt.



- Gerhard Salinger Ozontransporten ifrån högre luftskikt ner till lägre luftskikt, vad har den för betydelse?
- Peringe Grennfelt Det är den vi kallar för bakgrundshalt av ozon. Det är två faktorer som styr den. Det ena är nertransporten, och den andra är den troposfäriska bildningen. Det har förekommit mycket omfattande diskussioner om betydelsen av de här två faktorerna under lång tid. De senaste resultaten tyder på att det är produktionen i troposfären, som är den dominerande. Inte minst har de här trendförändringarna understött den tanken.
- Man har också tittat på fördelningen genom hela atmosfären upp till stratosfären vid ett antal tillfällen. Skulle inflödet ifrån eller halten i stratosfären ha ökat, så skulle man ha märkt det. Men man ser inte några sådana förändringar. Det enda stället i atmosfären där ozonhalten har ökat är i luftlager närmast marken. Längre upp ser man inte någon trendökning mellan mätningar som är gjorda i början på 60-talet och mätningar som är gjorda i början på 80-talet.
- Magnus Lenner Kan man sammanfatta det här så att man kan skylla de ökande bakgrundshalterna av ozon på bilismen till kanske 50%, om man hänför problemet till kolväten och kväveoxider? Biltrafiken svarar ju för ungefär den andelen emissioner av kolväten och kväveoxider.
- Peringe Grennfelt Ja, då talar vi om ökningen över norra hemisfären. Av de antropogena utsläppen i industriländerna svarar biltrafiken sannolikt för hälften.
- Vi har dessutom säkerligen en viss ökning av emissioner från jordbruket. Hur stora de är vet vi väldigt lite om, men de kan ha ökat och gett ett visst bidrag. Men när det gäller kväveoxider är det en mycket stor del som kommer från biltrafiken.
- Det är lite mer osäkert för kolväten. Jag vågar inte säga om de 60% som vi har i Sverige kan överföras till ett europeiskt perspektiv eller ett perspektiv för hela norra halvklotet. Dessutom har vi naturliga utsläpp, som också bidrar.
- Gerhard Salinger Kan du kvantifiera dem?
- Peringe Grennfelt Vi har gjort ett förök, när det gäller terpenemissionerna i Sverige. En mycket grov uppskattning tyder på att de ligger på nivån 400 000 ton, d v s ungefär lika mycket som de antropogena utsläppen. De här naturliga kolväteemissionerna deltar kanske inte i kemin riktigt på samma sätt när det gäller ozonbildningen.
- Göran Petersson Det är väldigt farligt att dra generella slutsatser när det gäller kolvätena, därför att varje enskilt kolväte har sin

egen ozonbildningspotential och sin egen potential för bildning av andra sekundära ämnen. Resultatet beror i hög grad på vilka kolväten det är.

Sedan vill jag verkligen stryka under vad Peringe antyder: Att jämföra med biogena utsläpp är väldigt farligt. Terpenerna är ju naturliga komponenter som skall, och måste finnas i ekosystemet. Jag skulle t o m vilja gå så långt som att säga att förmodligen har många av dessa ämnen en försvarsfunktion gentemot naturligt förekommande ozon.

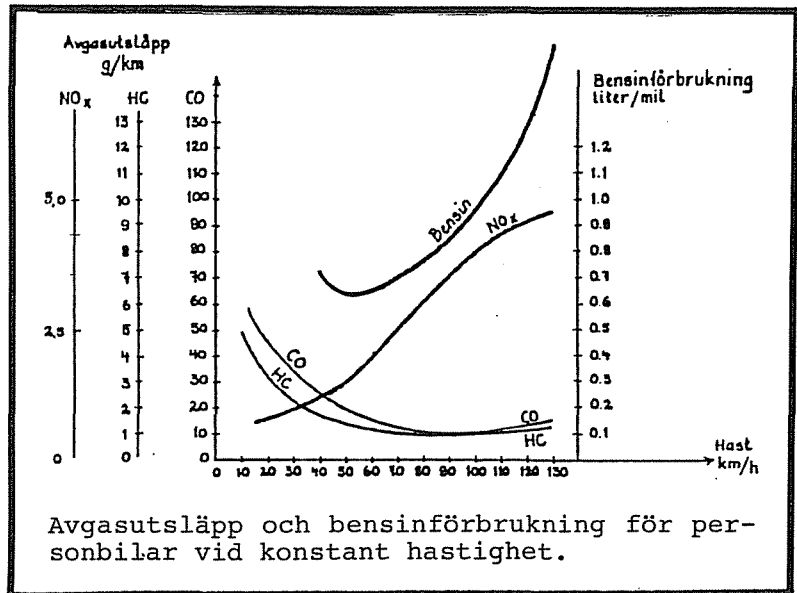
- Peringe Grennfelt Nej, jag tror inte att jag delar den synpunkten helt.
- Göran Petersson Vad jag menar är att terpenkolväten, som isopren eller monoterpener, är så reaktiva gentemot ozon att de genom reaktioner med dubbelbindningarna tar ned ozonhalterna snabbt, inte minst alldeles intill barren och löven, i gränsskiktet där terpenerna emitteras. På det sättet menar jag att de bör kunna vara ett skydd gentemot ozon och kanske vissa andra reaktiva ämnen som bildas atmosfäriskt.
- Lena Skärby Det här har man studerat lite grand. Jag har läst någon enda artikel om vilken betydelse naturliga organiska ämnen har i en skog, för att kunna skydda mot ozon. Siffran kommer inte just nu upp i huvudet, men slutsatsen var i alla fall att det har en marginell betydelse.
- Bengt Björklund Lena anser att det har marginell betydelse. Göran anser att det har en större betydelse. Är ni oense om detta?
- Göran Petersson Jag har försökt att följa den amerikanska debatten på området. Där har man numera frångått att jämföra emissionsmängder av antropogena och biogena kolväten. Biogena kolväteemissioner ser man inte alls allvarligt på i de här sammanhangen.
- Lena Skärby Där överensstämmer min erfarenhet också. Däremot just detta med att terpenerna skulle spela en stor roll för att skydda mot ozon, där är vi oense.
- Göran Petersson Min slutsats av terpenernas eventuella försvarsfunktion är inte alls att ozon skulle vara ofarligt, snarare tvärtom. Men teorin understryker vikten av att ta in andra fotokemiskt bildade ämnen i diskussionen också, t ex PAN och alla dessa 100-tals olika reaktiva ämnen som vi varit inne på.
- Magnus Lenner Då tänkte jag gå över på hur avgasprov sker i Sverige. Det finns ju åtminstone för vissa av de ämnen som kommer ut ur bilavgaserna maximivärden och lagar som reglerar vad bilarna får släppa ut. För att kontrollera detta så ut-

för man olika typer av prover på avgaserna för att, som det heter, certifiera en viss typ av motor eller bilmodell. Då skulle jag vilja veta hur de här provtagningarna går till, och hur pass verklighetstroga de är. Hur väl stämmer de med bilarnas naturliga körsätt i trafiksituationer?

Göran Petersson

De här testerna görs enligt standardiserade system. Provmotoden kallas A-10, och kommer från USA. Bilarna körs på en ställning som simulerar väg- och luftmotstånd mm. Hastigheten varierar på ett förutbestämt sätt enligt en körcykel, som simulerar körning i förorts- och tätortsmiljö under 23 minuter. Motorn håller mellan 20 och 30 grader Celsius vid starten, och sedan kör man upp i max 91 km/tim. Körcykelns medelhastighet ligger på dryga 30 km/tim, bilen stannas och körs igång flera gånger.

Jag nämner detta för att de i det här sammanhanget kritiska kväveoxidemissionerna visar sig öka ganska kraftigt när man kör vid höga hastigheter, vilket alltså inte kommer in i detta standardiserade testförfarande. Verkligheten ger därför förmodligen högre kväveoxidutsläpp, och de här testerna ger i viss mån missvisande resultat även på andra punkter.



Jag har en figur här ifrån den nyligen utkomna fordonsavgasgruppens rapport här i Göteborg, där vi kan titta på hur just kväveoxidutsläppen ökar med hastigheten. Det görs en hel del undersökningar om detta, framförallt i Västtyskland, men även på bilavgaslaboratoriet i Studsvik. Genom att det standardiserade testförfarandet är uppbyggt

så att man aldrig kör upp till höga hastigheter, så kommer detta bort i hanteringen.

En annan mycket intressant punkt gäller kolvätena. Om inte jag kommer ihåg fel när vi gjorde våra tester på bilavgaslaboratoriet, så hade man ett bränsle där som inte överensstämmer med den verkliga bensinen. Det betyder ju väldigt mycket för kolväteutsläppen.

- Bengt Björklund I ditt svar ligger ett påstående att fordonen släpper ut mera? D v s att den körcykel som ligger till grund för avgaskraven är inte representativ för hur fordonen i verkligheten körs.
- Göran Petersson Det är riktigt. Körcykeln är gjord med tanke på hälsoeffekter i tätorter. Därför stämmer det inte när man kommer in på skogsdöden.
- Bengt Björklund Vet du någonting närmare om hur de verkliga utsläppen ser ut? Kan man lösa problemet genom att använda en annan körcykel?
- Göran Petersson Jag vill bara peka på skillnaderna mellan de verkliga förhållandena och den standardiserade körcykeln. Vad man kan göra åt detta, har jag inte alls funderat över.
- Magnus Lenner Betyder detta att t ex siffran för de totala kväveoxidutsläppen, 300 000 ton per år, i verkligheten är betydligt större? Massor av bilar körs ju i 100 till 150 km/tim på motorvägar?
- Peringe Grennfelt Emissionsberäkningen är justerad för landsvägstrafik.
- Göran Petersson De här testerna görs ju också på injusterade nya bilar. När bilarna blir äldre försämras utsläppsvärdena en hel del.
- Magnus Lenner Vid testen finns det väl en s k försämringsfaktor?
- Peringe Grennfelt Många av de här förändringarna tar man hänsyn till, när man gör emissionsinventeringar. Att man lyckas ta hänsyn till dem fullt ut, är väl kanske inte troligt, men man har tagit med åldringsfaktorer, höghastighetsfaktorer o s v.
- Göran Petersson Samtidigt är det ju så att de kraftigt ökade kväveoxidutsläppen vid höga hastigheter tydligen är något man inte har känt till tidigare. Det har presenterats som nyheter i Västtyskland, liksom resultaten här i Sverige från bilavgaslaboratoriet.
- Bengt Björklund Vi avslutar med att konstatera att kväveoxidutsläppen ökar kraftigt med ökande hastighet, och att när vi sätter våra krav på bilarna idag så förutsätts hastighetsintervallet 0-91 km/tim.

Det finns utredningar som visar att kväveoxidutsläppen stiger rätt kraftigt vid hastigheter, som ligger över den nivån. Vi vet heller inte riktigt vad som händer med bilarna, när de väl har kommit ut i trafiken och körts ett tag. Gamla bilars utsläpp har vi inte heller riktigt kontroll över.

Behöver vi fördjupa oss ytterligare i hur avgasproverna går till i Sverige? Hur de verkliga utsläppen avviker från provsituationen. Är det någon som vill tillägga något?

Gerhard Salinger Det kunde vara värdefullt att peka på en annan punkt. Problemet med hastigheten bedömer jag inte vara av någon storleksordning. Medelhastigheten på våra motorvägar är 108 km/tim.

Men när man kommer in på temperaturer så kan de väl ge större skillnader?

Göran Petersson Det är viktigt det här med kallstarterna. Framför allt påverkas kolväteutsläppen kraftigt. Utsläppen är direkt efter en kallstart minst tio gånger högre än för en väl varmkörd motor. Speciellt i vårt vinterklimat måste det betyda mycket för kolväteutsläppen. Om vi ser kolväteutsläppen och kväveoxidutsläppen som de allvarliga i skogsdödssammanhang, så är det alltså olika faktorer som medför kraftiga förhöjningar. Stora kolväteutsläpp från kallstarter är ju vanligast vintertid i tätortsområden, där man kör korta sträckor. Ökade kväveoxidutsläpp får man istället vid höga motortemperaturer och hastigheter och speciellt vid motorvägskörning.

Bengt Björklund Om vi inför USA-83-kraven som ju idag förutsätter s k katalytisk avgasrening, kommer den här kurvan på kväveoxidutsläppen att se annorlunda ut då? Hur påverkas utsläppen vid kallstart?

Göran Petersson Ja, framförallt kommer absolutnivån på kväveoxidutsläppen att sänkas kraftigt över hela skalan - kanske till en fjärdedel. Däremot lär det vara så att man inte löser problemet med kallstarter särskilt bra med katalytisk avgasrening.

Just efter kallstarten lär det inte bli någon effekt över huvudtaget, men det kanske man kan kringgå med hjälp av motorvärmare eller liknande.

Bengt Björklund Det kan man ju göra idag också.

Att införa de strängare avgaskrav som diskuteras idag löser alltså inte kallstartsproblematiken, men det kan möjligen förbättra utsläppen av kväveoxider.

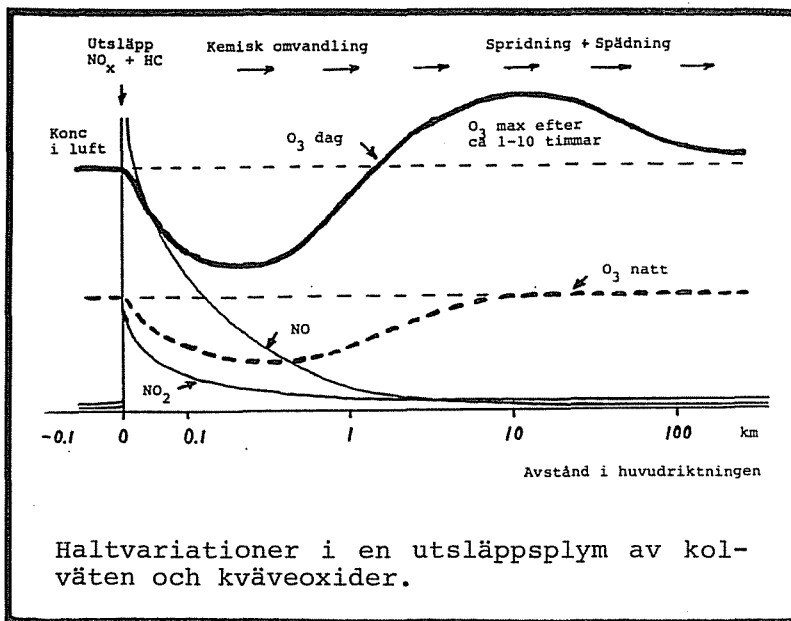


- Göran Petersson Totalt sett minskar naturligtvis utsläppen av både kolväten och kväveoxider kraftigt.
- Björn Lindahl De allra värsta utsläppen av kolväten från kallstartande bilar har vi som tur är vintertid. Då är ozonproduktionen inte så häftig, att de här två faktorerna samverkar, som tur är.
- Göran Petersson Man kan fråga sig vart kolvätena som släpps ut på vintern tar vägen. En del kanske binds upp i snö och vegetation, och kommer loss på våren, när temperaturerna stiger och snön smälter. Så man kanske får ett deltagande i atmosfär-kemiska reaktioner ändå. Jag har en del mätresultat som pekar i den riktningen, men de är inte alls säkra.
- Gerhard Salinger Jag vill komma med en komplettering eftersom jag inte kan tänka mig att ni har haft anledning att följa upp situationen i Alaska. Problemställningen är mycket typisk för Alaska. Man frågar sig om det tjänar något till att införa väldigt komplicerade avgasreningssystem där, när man ändå har kallstartfasen innan katalysatorn tändes. Men man har fått en stadig förbättring hela tiden, allt eftersom man har förbättrat avgasreningen. Uppvärmningsfasen är mycket värre på dagens bil än på en katalysatorbil.
- Magnus Lenner Hur påverkas utsläppens storlek och sammansättning av typ av fordon, bensinmotor kontra dieselmotor, motorns storlek, personbil, lastbil, buss, och dessutom körsättet, accelerationer och retardationer?
- Göran Petersson Det är bara att hänvisa till Bilavgaskommitténs rapport, dels slutrapporten, dels bilagan om hälsoeffekter, där de här sakerna finns beskrivna. Men det finns kanske något vi kan bedöma som speciellt viktigt i samband med dagens ämne.
- Magnus Lenner Ja, bensin kontra diesel - hur ser utsläppsbilden ut?
- Bengt Björklund Det är väl så att dagens bestämmelser i Sverige är olika utformade om det gäller bensindrivna bilar eller dieseldrivna bilar. För bensindrivna bilar har vi gränsvärden på tre ämnen - koloxid, kolväten och kväveoxider. På dieseldrivna bilar har vi inte de kraven. Där sägs det bara att de inte får släppa ut mer än vissa stoftmängder.
- Peringe Grennfelt Om man tar de svenska bilavgasbestämmelserna för bensindrivna bilar och applicerar dem på diesel, så skulle en persondiesel klara alla de bestämmelser som finns för personbilar.
- Göran Petersson När det gäller tunga dieselfordon så är problemet de stora utsläppen av kväveoxider. Kväveoxidutsläppen per kilometer är storleksordningen tio gånger större för en dieslbuss och en tung diesellastbil än för en personbil. Där- emot är kolväteutsläppen relativt små.

- Bengt Björklund Det vi nu pratar om, är inte det egentligen höjt över all diskussion, det finns inga motsättningar?
- Göran Petersson Det är bara att slå upp det här i Bilavgaskommitténs rapport.
- Rolf Bergqvist När man ligger och kör med traktorer i skogen och färdas samma väg i fjorton dagar med tunga lass. Hur påverkar det träden runtomkring?
- Göran Petersson Man kan ju titta på aktionsplanens siffror för t ex kväveoxidutsläpp. Där anger man för vägtrafik 180 000 ton per år och för traktorer och motorredskap 30 000 ton per år. När det gäller kolväten, så är bidraget från traktorerna jämförelsevis mycket mindre. Där är det ju bensindriften som står för de stora utsläppen.
- Magnus Lenner Hur förändras koncentrationen av de emitterade ämnena med avståndet från emissionskällan - t ex en motorväg eller en tätort?
- Peringe Grennfelt Mycket förenklat kan man säga att halten ifrån en punktkälla i marknivå avtar med kvadraten på avståndet. En faktor som påverkar detta är att vi har en spridning p g a att plymen vidgar sig och svänger lite fram och tillbaka. Vi har också en spridning i höjddled, därför att blandningen ökar. Sen har vi dessutom ett nedfall, en deposition, som kan göra att halten avtar.
- Om man överför det här resonemanget till en väg, en linjekälla, så kan vi försumma spridningen i längdriktningen. De två faktorer som kan spela in är att plymen ifrån vägen växer och på det sättet blandas om. Dessutom är det depositioner - det som fastnar på vegetation och annat.
- Den viktigaste faktorn sett i det korta perspektivet, några hundra meter eller någon kilometer, det är omblandningen, den ökande blandningshöjden, medan depositionen är av mindre betydelse för de gaskomponenter vi talar om.
- Björn Lindahl Är det inte också så att turbulensen ökar när man kommer in i skogsbrynet. Skogen är en turbulensbildande faktor?
- Peringe Grennfelt Jo, skogen är turbulensbildande. I och för sig har vi en ganska stor turbulens överhuvud taget. Vi får ganska kraftigt avtagande halter de närmaste metrarna från vägen, till följd av turbulensen intill vägen. Man kan säga att halterna kanske halveras mellan tio och femtio meter från vägen, grovt sett.
- Göran Petersson Här är vi inne på den enligt min mening viktigaste frågan för dagen. Jag skulle gärna vilja diskutera detta med utgångspunkt från en bild.

Bengt Björklund

Ta gärna med effekterna i resonemanget. Om man kan se skillnader i effekter med avståndet från t ex en motorväg eller en tätort.



Göran Petersson

Jag vill hänvisa till de siffror som jag nämnde förut och som innebär att för alla direktemitterade ämnen, så avtar halterna väldigt snabbt med avståndet till vägen. Det kan gälla t ex kvävemoxid, som jag har ritat in en kurva för.

Detta innebär alltså att om det vore effekter av direktemitterade ämnen som skadade skogen, så skulle skogsskadorna vara starkt koncentrerade till vägarnas absoluta närhet. Men det är de som regel inte.

Det kan ju finnas vissa mycket lokala skador av svaveldioxid och kvävedioxid m fl direktemitterade ämnen nära vägen. De skadorna har då en annan orsak än skador på längre avstånd.

Skador på längre avstånd menar jag att man måste förklara genom atmosfärkemiskt bildade ämnen.

På bilden har jag bara ritat in ozon. Det finns många andra ämnen som har kurvor av en liknande typ. Som regel är det så att halten av ozon och andra oxidanter minskar närmast vägen. Detta beror på att ozon reagerar med kvävemoxid, eten och andra omättade kolväten som kommer ut med avgaserna.

Under dagen kommer de fotokemiska reaktionerna igång och på ett visst avstånd ökar halterna och kommer över bakgrundsnivån för ozon. Det är då man får kraftiga förhöjningar, som kan förklara skador på skogen. Genom spridning, spädning och omblandning sjunker sedan halterna på ytterligare avstånd.

Det viktiga är här som regel förstadagsbildning av ozon och oxidanter. Då kan man få haltförhöjningar upp till avstånd på 10-20 mil. Ofta kan avståndet vara mycket mindre, det beror på vindhastigheten. Den effektivaste bildningen av ozon och oxidanter har man under högtrycksperioder under sommaren. Då räknar man normalt med att det är ganska vindstilla.

Har man helt vindstilla så kan halterna rasa upp alldeles intill vägen, men det har man som regel inte. Här utefter kusten har man ju land- och sjöbris som gör att man har en viss, om än svag, vind och typiskt blir det så att man får de högsta halterna och de svåraste skogsskadorna några mil från utsläppen.

Detta var en kurva för ozon. För andra fotokemiskt bildade ämnen kan kurvorna se annorlunda ut. Man kan få maximum antingen närmare eller på längre avstånd. Den viktiga slutsatsen här är att genom att alla direktmitterade ämnen har så mycket högre halter närmast utsläppen, så bör man kunna utesluta dem som orsak till regionala skador, och man bör istället diskutera atmosfärkemiskt bildade ämnen.

- Bengt Björklund Får jag fråga er andra: Är den här kurvan riktig?
- Peringe Grennfelt Om man skall ta den här bilden som sådan, så finns det ett mycket allvarligt, men i sammanhanget betydelselöst fel i den.
- Bengt Björklund Allvarliga fel som inte har betydelse?
- Peringe Grennfelt Det är nämligen så att kväve-monoxid övergår till kvävedioxid momentant p g a det ozon som finns. I princip är resonemanget rätt, med undantag för att någon enskild väg inte kan pekas ut som ozonbildande faktor. Man får överföra vägresonemanget till ett betydligt större källresonemang. En väg är en alldeles för liten källa för att åstadkomma en påvisbar ozonbildning i sig själv.
- Göran Petersson Principskissen är tänkt att gälla generellt för olika utsläppskällor; det kan vara en väg, en täort eller ett industriområde. Observera också att avståndsskalan är logaritmisk (haltskalan är lineär).
- Peringe Grennfelt Principen i figuren är riktig. Man får en ozonbildning som har ett maximum som ligger från 10-20 km till några hund-

ra kilometer bort. Maximumet är förskjutet längre bort än vad Göran antyder här. Sedan kanske inte den högsta ozonhalten behöver uppträda samma dag som utsläppet sker. Den kan mycket väl uppträda en eller två dagar efter utsläppet. Framförallt gäller det vid transport över hav. Det innebär att vi inte har någon väsentlig gradient mellan kontinenten och Skandinavien när det gäller ozonhalter. Vi har vid många tillfällen olika nivåer, men ofta kan vi ha samma nivåer här som på kontinenten. Åtminstone i kustområdena.

Björn Lindahl Är det verkligen så att ozonet som bakgrund är ca 10 kanske 20 gånger högre än kväveoxid och kvävedioxidvärdena?

Peringe Grennfelt Ja, åtminstone 10 gånger, även 20 gånger är möjligt.

Göran Petersson Jag skulle vilja föra in andradagsresonemanget här också. Det är riktigt som Peringe säger, att över hav händer kanske inte så mycket. Men nu är det ju de svenska skogarna vi är intresserade av.

Frågan är då: Vad händer i luftmassor som transporteras över land och över skog? Över natten sker ingen nybildning av ozon och andra oxidanter, däremot får man en ganska kraftig upptagning på bl a vegetation, så luften på låga nivåer rensas fri ifrån ozon. Nästa dag när man får en omblandning efter nattens markinversion, kan man räkna med att man normalt inte kommer upp i lika höga halter.

Jag vill också av detta dra slutsatsen, att de kraftiga effekter som man får på höjder och berg t ex uppe i Västergötland på Kinnekulle, Halle- och Hunneberg delvis är andradagseffekter av oxidanter. På lite högre höjd har ju ozon inte alls rensats bort ur atmosfären lika effektivt som i de lägsta luftskikten. Jag tycker detta kan vara en logisk förklaring till det fenomen som har observerats på många håll, att man har ganska svåra skogskador uppe på höjder och berg även mycket långt från stora utsläppskällor.

Bengt Björklund Om jag förstår dig rätt skulle man ha den största effekten ungefär en mil från en motorväg?

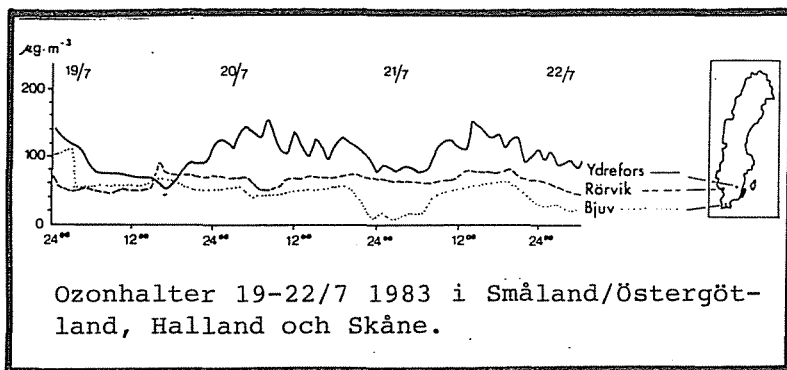
Göran Petersson Nej, du skall inte tolka det på det sättet. Du kan lika gärna lägga in en tidsskala i stället för avståndsskalan. Hur avståndsskalan blir beror på vindhastigheten, och den kan variera ganska mycket. Men om vi håller oss till västkusten så har vi ju sjöbrisen som för in utsläppen med några meter per sekund inåt land.

För förstadagseffekterna så är det utsläppen från trafiken på morgonen som har betydelse i första hand. Där kan man

hänvisa till det amerikanska gränsvärdet för kolväten, som gäller mellan 6 och 9 på förmiddagen, och som satts med tanke på oxidantbildning. Jag menar att man bör föra ett liknande resonemang här, och kanske diskutera bilavgaserna på morgonen i första hand, när det gäller förstadags-effekten.

- Bengt Björklund Har man kunnat konstatera skadeeffekter här på västkusten, öster om staden, öster om motorvägarna, som stämmer överens med din tes?
- Göran Petersson Ja, jag tycker det. Dessutom kan man få skador västerut också. Under natten har vi en landbris som kan föra ut kvällens avgaser mot havet. På morgonen, när sjöbrisen sätter in, förs de tillbaka. Så även skogsskador ute i kustbandet kan bero på oxidanter från våra bilavgaser.
- Bengt Björklund Det innebär att man får skador både öster, väster, nord och syd runt motorvägarna och tätorterna.
- Peringe Grennfelt Resonemanget kanske är lite hypotetiskt. Vi har ju mätt ozonhalter här under snart 15 år. Vi gjorde under ett par sommars tid mätningar av ozon runt Göteborg för att undersöka om Göteborg som källa verkligen kunde åstadkomma en ozonbildning i lå av Göteborg. Vi använde även indikatorväxter. Trots två års intensiva studier med flera instrument utplacerade, så såg vi kanske vid två à tre tillfällen en lokal bildning av ozon med Göteborg som utgångspunkt. Vi mätte upp till en 4 - 5 mil ifrån Göteborg. Vi har även tittat på det här genom modellberäkningar, och vi kan konstatera att man måste nog bort på storleksordningen 8 - 10 mil för att kunna få en ökning av ozonhalten.

Vi har tack vare mätningar som vi gjorde här 1983 kunnat se att vi har en ozonbildning med en lufttransport tvärsöver Sverige. Vi kan titta på figuren här som är en period i mitten på juli 1983. Vi har ozonmätningar i gång på 3 olika platser i Sverige: på västkusten, Ydrefors som ligger



på gränsen mellan Småland och Östergötland och i Skåne. Vi kan titta på förhållanden 19 - 22 juli. Ozonhalten på västkusten ligger nästan konstant under hela den här perioden. Vi kan också se att ozonhalten i det inre av Småland varierar lite upp och ner. Om vi tittar på de storskaliga vindförhållandena och lufttransportförhållandena, så hade vi under den här perioden en luftmassatransport från väster till öster tvärs över Sverige. Luften kom in lite från nordväst, och var mycket ren. Jag tolkar de här resultaten som att vi har en ozonbildning av de luftföroreningar som emitteras i Skandinavien, dvs i en transport tvärsöver Sverige. På en skala av åtminstone 10 mil, i det här fallet rör det sig om 20 - 25 mil.

**Björn Lindahl** Det här som ni också har publicerat - om en ozonbildning i Lerum i Göteborgs skugga - är det alltså inte så väl belagt?

**Peringe Grennfelt** Jo, vi hade 2 - 3 tillfällen med den typen av episod som vi måtte i Lerum. Mycket talar dock för att vi måste se detta i mycket större perspektiv.

Flerdagsperspektivet är mycket viktigare än endagsperspektivet, när det gäller det skandinaviska problemet eller det nordeuropeiska problemet.

**Göran Petersson** Jag vill invända lite mot vad Peringe säger. När man håller på med mätningar av ozon och oxidanter kan det vara väldigt svårt att fånga upp de plymer och de band i den transporterade luften, som har de verkligt höga halterna. Det finns resultat som pekar på att utsläppta luftföroreningsspaket kan transporteras långt ganska sammanhållna och det kan vara sällsynt att man träffar på dem vid en mätstation.

Vad jag har förstått av litteraturen så räknar man ofta med att den viktigaste oxidantbildningen sker samma dag. I USA diskuterar man några timmar som den viktigaste ozonbildningstiden.

**Peringe Grennfelt** Det är riktigt så till vida att man har utgått ifrån Los Angelesituationen och applicerat den i hög utsträckning på hela världen. Med ganska felaktiga slutsatser, för det är så att Los Angeles tyvärr ligger i lä av sig självt, när det gäller ozonbildning.

Men när det gäller den storskaliga bilden, så tittar man på det i nordöstra USA nu, och där får man precis samma situation - man ser att ozonhalten ökar succesivt under flera dagar.

**Göran Petersson** En mycket viktig sak är att man bör skilja på bilavgaser och industriella utsläpp. Med bilavgaser får man utsläpp av

kväveoxider och kolväten i en ganska idealisk blandning, som förmodligen möjliggör ozon- och oxidantbildning ganska snabbt. Industriella utsläpp är däremot ofta isolerade - antingen är det stora kolväteutsläpp för sig eller stora kväveoxidutsläpp för sig. Då har man inte direkt efter utsläppet de haltproportioner som behövs för oxidantbildning. I de fallen kan det alltså krävas väldigt långa avstånd innan kväveoxider och kolväten träffar på varandra på ett sådant sätt, att förhållandena blir gynnsamma för oxidantbildning. Kanske kan det vara det som förklarar de här observationerna, att man får haltförhöjningar på mycket långa avstånd.

- Bengt Björklund Finns det några större meningsskiljaktigheter mellan er? Du, Göran Petterson, hävdar alltså att nära utsläppskällan så har man inte konstaterat några nämnvärda skador eller några nämnvärda effekter av bilavgaser?
- Göran Petersson Skador nära utsläpp av olika slag har varit kända i hundratals år och kan säkert förekomma även för bilavgaser. Sådana skador finns alldeles i närheten av utsläppskällor och i överensstämmelse med haltvariationerna för de utsläppta ämnena.
- Men den nya, allvarliga typen av skogsskador är de regionala, och de har helt andra orsaker. Då måste man räkna med atmosfärkemiskt bildade ämnen som skurken i sammanhanget.
- Peringe Grennfelt Jovisst, i princip har Göran rätt i den bild han ger. Det är bara det att man får inte tolka den precis på det sättet, utan man skall vara lite friare i skalorna.
- Göran Petersson Jag instämmer naturligtvis i det. Vad jag har försökt att göra är att förenkla resonemanget, för att riktigt tydligt få fram poängen.
- Bengt Björklund Då är det inte några större motsättningar mellan er på den här punkten.
- Gerhard Salinger Kan man göra någon utsaga om vilka ozonbildande utsläpp som har skett i Sverige, och vad som är importerat?
- Peringe Grennfelt Vi har haft väldigt stora svårigheter att se lokal oxidantbildning eller i mesoskala upp till 10 - 20 mil. Vi har väldigt svårt att se en ozonbildning, när det gäller de svenska utsläppen överhuvud taget. Det är välbelagt att man har svårt att hitta källorna, även här man tittar på lite större avstånd ute i världen. När det gäller Skåne och västkusten - sydvästligaste Sverige där vi har de största skadorna - där är den storregionala transporten av ozon helt dominerande över den lokala ozonbildningen. Om vi däremot flyttar oss en bit in i landet, så kommer de svenska utsläppen att betyda mer.



- Björn Lindahl Den svenska ozonbildningen - är det säkert att det är svenska utsläpp av kolväten och kväveföreningar som ligger bakom den, eller är det en fördröjd produktion av utsläpp från kontinenten?
- Peringe Grennfelt Båda fallen är naturligtvis möjliga. Just vid det beskrivna tillfället i juli 1983 så talar allt för att det verkligen var svenska utsläpp, av det skälet att vi hade mycket, mycket ren luft som kom intransporterad från nordväst.
- Å andra sidan kan vi ha t ex kolväten i luften som inte ger upphov till någon oxidantbildning, men om vi plötsligt emitterar kväveoxider in i den luftmassan, sätter vi fart på kemin, och kan då få en ökad oxidantbildning. En kombination av kolväteutsläpp ifrån ett land tillsammans med kväveoxidutsläpp ifrån det egna landet, eller vice versa.
- Magnus Lenner Nu har vi talat lite om bildningen av ozon. Det är ju en sekundär förening. Med vilket tidsperspektiv kan andra sekundära föreningar börja uppstå - kvävedioxid, salpetersyra, svavelsyra?
- Göran Petersson Det ju mänskligt att diskussionen hela tiden hakar sig fast vid ozon, som är bäst känt. Men det finns ingen anledning att utan vidare anta att ozon skulle vara den enda sekundärt bildade föreningen som är allvarlig. Det bildas ju en massa andra föreningar också, vi har t ex aldehyder, ketoner, peroxider, fria radikaler av de mest skilda slag. Alla dessa ämnen bildas från kolväten under den fotokemiska nedbrytningen. För de flesta är det så att maximum tidsmässigt - och därmed avståndsmässigt - ligger tidigare än för ozon. Därmed betyder det svenska bidraget mycket mer än för ozon. Det finns i och för sig några komponenter, där det är tvärtom, t ex peroxiacylnitraterna.
- Det är viktigt att inte hela tiden haka sig fast enbart vid ozon, utan att tänka på alla dessa andra hundratals ämnen, som man inte vet så mycket om, men som kan ha allvarliga effekter på växterna de också.
- Björn Lindahl Herr ordförande, precis som Göran talar om en mängd olika ämnen som kan ha verkan så skulle jag gärna också ha sett att vi hade talat om en mängd olika funktioner i växter som kan påverkas.
- Men på g a tidens olycksaliga knapphet avstår jag från det. Det är alltså väldigt många saker som gäller reglering av olika processer i växterna, som vi inte kommer att ta upp. Som är vitala för att förstå vad det är som händer, om en effekt kan orsakas på kort eller lång sikt o s v.

- Bengt Björklund Ditt inlägg här har ett värde, på det sättet att du pekar på just de aspekterna.
- Björn Lindahl Kan vi utmed en väg se en gradient av effekter på växter? Jag tycker den frågan inte är riktigt väl besvarad ännu.
- Lena Skärby Det har inte gjorts några systematiska studier, i alla fall inte i Sverige. När man tittar längs vägen t ex mellan Göteborg ner mot Hallandsåsen, så ser man ju tydliga skador på skog. Och de skadorna avtar ju längre bort ifrån vägen man kommer. Det är komplicerade samband, och man kan inte riktigt förklara vad skadorna beror på. Det kan ha att göra just med fronteffekten, som vi var inne på tidigare, det kan ha att göra med att vägen är nybyggd och att hela mikroklimatet har ändrats för det här skogsbeståndet.
- Naturligtvis så spelar bilavgaserna en viktig roll, i den direkta närheten till vägen. Samtidigt så har det gjorts en undersökning i Östergötland på vägar med olika trafikintensitet, för att titta på skador på tall och gran. Där visar det sig att det inte går att se någon gradient - man ser lika omfattande skador femtio till hundra meter in från vägen. Det här talar då för att en storregional påverkan ofta överlagrar de lokala effekterna längs vägen.
- Bengt Nihlgård Den erfarenhet vi har ifrån Sydsverige är att man har lite småeffekter i form av rodnande årsskott, alltså röda barr på träden, som man med viss sannolikhet kan hänföra till en övermättnad av kväveoxider, som sedan ger frostsador. Men det är alltså lokala effekter precis utmed de stora vägarna.
- Däremot kan man se t o m sämre träd längre in i bestånd. Så ovanpå dessa vägeffekter så finns det en regional stor faktor.
- När det gäller t ex bly ser man en mycket klar gradient ifrån vägen. Blyet fastnar mycket snabbt i skogsvegetationen, i barren, och kommer så småningom ner i förnan i markytan. Där är en mycket snabb gradient som avklingar efter ca 30 meter. Sedan har man det regionala blynedfallet som ligger kvar. Det mesta tyder på att de direkta vägeffekterna är relativt små.
- Bengt Björklund Stämmer det överens med Göran Petterssons uppfattning?
- Göran Petersson Ja, det stämmer ju mycket bra. Att nära vägarna så blir det oerhört komplicerat - för dels kan man tänka sig effekter av de direktemitterade ämnena: svaveldioxid från dieseltrafik, kväveoxider från all trafik och därtill en mängd andra avgaskomponenter och över detta så kommer då den regionala förekomsten av sekundärt bildade, för växterna

skadliga ämnen där halterna av bl a ozon ofta blir lägre närmast vägen. Teoretiskt kan alltså skogsskadorna t o m bli större på avstånd från en väg än närmast intill den, trots att avgasutsläppen är grundorsaken till skadorna.

Bengt Björklund      Så ni är helt överens på den här punkten också?

Bengt Nihlgård      När man kommer till de regionalt stora överlagrande effekterna, så kanske vi inte är hundra procentigt överens. Så länge jag inte vet hur ozonskadan ser ut, så tror jag inte på den. Jag vill veta vilka effekter som finns av ozon eller oxiderande substanser. Hur det eventuellt påverkar vaxskiktet, där man inte har så lätt att se effekten. Det som tyskarna kallar för ozoneffekter, där trillar barren av efter några dagar. De har höga halter - mycket högre än vad vi har.

Jag tror alltså inte alls annat än att de här teoretiska resonemangen stämmer, om hur ozonet bildas och transporteras. Men det är frågan om koncentrationerna är så höga att de verkligen slår igenom på vegetationen?

Vi vet däremot att försurningseffekterna i marken och utlakningseffekterna i kronorna slår igenom. Man måste skilja på vad man vet och vad man tror, till dess man har bevis för ozonskadorna i svensk vegetation.

Lena Skärby      Det finns ganska mycket gjort i Amerika, men det går inte att översätta på svenska förhållanden. Men man kan dra ut några viktiga slutsatser från amerikanska undersökningar, som pekar på ozons betydelse för skogsskador och skogsproduktion. Det handlar inte bara om de akuta effekterna av en kort ozonexposition med hög halt. Det handlar också om vad ozon gör under en lång livsperiod på ett träd som växer ute under 75 - 100 år. Där har man nu resultat som tyder på att hela växtens kolmetabolism kan påverkas av ozon. Transporten av kol till rötterna blir sämre. Även vedproduktionen blir sämre, men i första hand rötterna.

Vad det sekundärt kan ha för betydelse - det är ju inte så svårt att räkna ut. Om rötterna får en mindre mängd kol, så omdisponeras hela växten till en produktion som inte är naturlig för den. Den kan bli väldigt känslig för annan stress.

Den här känsligheten för annan stress, skulle jag vilja trycka på. Ozon, lika väl som andra föröreningar kan bereda vägen för väldigt svåra skador på skog. Vi har fått resultat som tyder på att ozon disponerar träden på det sättet, att de t ex inte klarar av en torkstress.

Göran Petersson      Jag tycker det är väldigt viktigt att ta upp den här punkten där Bengt Nihlgård har en avvikande mening. Du för

in resonemang om haltjämförelser mellan Sverige och Västtyskland, och det är precis vad jag tycker att man skall göra.

Om man då tittar på sulfat, nitrat och vätejoner mm, då är faktiskt nedfallet och koncentrationerna betydligt högre nere i Europa än vad de är här.

Men om man tittar just på ozon och på fotokemiskt bildade ämnen, då är det just inga större skillnader. Den typen av haltjämförelse är ytterligare en sak som pekar starkt på att det är atmosfärkemiskt bildade ämnen som orsakar de regionala skadorna här i Sverige. I Centraleuropa kan det kanske vara annorlunda.

Jag skulle vilja kontrollera det här med Peringe: Om man gör de här haltjämförelser mellan Europa och Sverige: Har man några större skillnader när det gäller just ozon och oxidanterna?

- Peringe Grennfelt Om man tittar på medelnivåer för somrarna så är det väldigt små skillnader mellan Centraleuropa och Skandinavien. Tittar man på ozonepisoder så har det i vissa områden framför allt i Sydtykland, Karlsruheområdet, förekommit väsentligt högre ozonhalter, än vad vi har uppmätt i Sverige. Men tittar vi på den regionala bilden i Tyskland så ser episoderna, tillfällena med höga ozonhalter ganska lika ut som de i Sverige. Så där finns enligt min bedömning inte speciellt stora skillnader.
- På svavel- och kvävesidan så är nivåerna i nedfall ungefär en faktor 3 högre i Centraleuropa än i Mellansverige och södra Sverige. Det finns naturligtvis större skillnader inom väldigt starkt industrialiserade områden. En faktor två eller tre är dock ganska typisk.
- Bengt Nihlgård Det är bara från Sydtykland, där man har de här höga ozonhalterna, som man menar att man har ozonskador. Vad beträffar syranedfallet så har man inget surt nedfall i Centraleuropas låglandsskap. Man har högre deposition av svavel, men inte så mycket surt nedfall. Det buffras upp av alla alkaliska ämnen från orenade utsläpp. Därför har man inte mer än i höjdlägena lika stark försurning, som vi har här i Sverige.
- Göran Petersson Men du räknar väl ammoniumnedfall som surt nedfall?
- Bengt Nihlgård Ja, det är klart. Men det har de i ungefär samma koncentrationer som i Sydvästsverige.
- Peringe Grennfelt Bengt har i stor utsträckning talat om effekter på vaxskiktet, som de enda tänkbara direkt effekterna på vegetation. Vaxskiktet är en barriär, men det är ju så att väx-

terna har olika barriärer som de utnyttjar. Vaxskiktet är den yttersta och kanske den viktigaste. Vi har också cellmembran, där effekter kan uppstå. Vi har dessutom effekter inne på de grundläggande biokemiska förloppen. Det finns idag inte några definitiva belägg för, att det enbart är i vaxskikten som effekterna kan uppstå.

När vi talar om effekter av ozon så är det snarare effekter på flera olika nivåer, och även övriga oxidanter kan ge effekter på flera olika nivåer. Såväl på yttre vaxskikten och på membran som biokemiska effekter inne i cellerna. Man är alltså inte helt på det klara med, var effekterna uppstår.

- Magnus Lenner Jag undrar hur bilavgasernas omvandling och växternas mottaglighet påverkas av tid på dygnet eller tid på året, av meteorologiska parametrar, alltså hurdan väder det är - om det regnar, snöar eller är vackert väder - och dessutom det geografiska läget. Samvarierar utsläppens skadlighet med växternas känslighet på något sätt?
- Peringe Grennfelt Det är ju en väldigt svår fråga. I början pratade vi lite om det här med dosfrågan och tidsaspekterna. Det har ju väldigt mycket att göra med växternas förmåga att reparera de skador som uppträder. Det finns naturligtvis perioder när träden har mycket svårare att klara av reparationer.
- Vårvintern kan vara kritisk. Under soliga dagar öppnar sig klyvöppningarna, en viss del av metabolismen sätter igång, samtidigt som det kan vara tjäle kvar i marken, vilket gör att växterna inte kan få upp något vatten eller näringsämnen. Det kan innebära en stress, som kan vara väldigt besvärande för växterna.
- Magnus Lenner Hur är det under den strängaste vintern, då vi i och för sig har mycket luftföroreningar, men då växtlivet går på sparlåga - är det ingen större fara då?
- Peringe Grennfelt Sannolikt är riskerna då betydligt mindre. En annan period som är mycket känslig är hösten. Under invintringsförloppet är det viktigt att växterna befinner sig på en riktig näringsnivå. Om de varit stressade omedelbart innan, kan det innebära att riskerna för effekter är betydligt större.
- Rolf Bergqvist Det finns väl ytterligare en period som är kollossalt viktig - omkring midsommar, när växterna laddar knopparna för nästa år?
- Bengt Nihlgård Det är ju helt klart att gaspåverkan kan ge störst effekt vid den tidpunkten på året. Sedan stabiliseras bladens kutikula och om den inte luckras upp, bör den vara så stabil att direkta gas effekter blir mindre sannolika.

Jag kan inte minnas att jag har sett någon som belagt något om påverkar på nästa års knoppar. Däremot vet vi från lövträden, när vi har haft tidig bladfällning, redan i juli månad att knopparna är betydligt mindre. Och de har blivit mindre bara de sista åren. Hur länge ett träd klarar att ha mindre och mindre knoppar, kanske bara tredjedelen i storlek av vad de normalt skall vara, det vet vi inte heller.

Där är tyskarnas erfarenhet den att om träden börjar tappa bladen före eller omkring midsommar så kommer de inte att klara övervintringen överhuvudtaget. Då dör de nästa säsong. Jag kan inte ge ett bättre svar.

- Rolf Bergqvist Dina förkrympta bokskott förut - kan det vara en följd av tidig påverkan?
- Bengt Nihlgård Ja, det har bevisats, att svaveldioxid kan ge sådana hormonella effekter att tillväxten minskar. Men det är bara visat vad gäller svaveldioxid.
- Lena Skärby Vet ej, när det gäller ozon.
- Rolf Bergqvist Gäller det invintringen också?
- Lena Skärby Ja.
- Rolf Bergqvist Där är väl tiden kanske inte lika farlig när det gäller invintringen?
- Lena Skärby Nej.

# Skador orsakade av bilavgaser

Björn Lindahl

Vi har tidigare utgått ifrån effekter och sett hur de hänger ihop med utsläppen av föroreningar. Nu skall vi utgå ifrån föroreningarna och, som en sorts kontroll bakvägen, se i vilken grad de olika föroreningarna påverkar växterna. Och så vill vi också försöka komma fram till en uppskattning av bilavgasernas andel, av de skador som växterna får av luftföroreningar.

Först vill jag fråga efter den relativa betydelsen av de luftföroreningar som skadar växterna. Även om det är svårt vill jag att ni försöker uppskatta respektive ämnes procentandel av de luftföroreningsalstrade skadorna.

Lena Skärby

Kväveoxider betraktar jag dels i sig själva, dels som grund för ozonbildning. Då sätter jag 60% för kväveoxider, 30% för svaveloxider och 10% för kolväten. Som en gissning utifrån min erfarenhet.

Bengt Nihlgård

När det gäller kväveoxiderna finns det direkteffekter som jag graderar ganska lågt. Sedan är det nitratutfall, tillförseln av salpetersyra som har försurande effekt, och medverkan till bildning av ozon.

Jag betraktar kväveoxiderna som mycket väsentlig substans, eftersom de ingår i alla de tre skadegrupper, som jag redogjorde för under förhörets andra tema. Jag tror att kväveoxiderna hamnar högst på skadelistan i svensk natur och jag summerar grovt ihop till 45% med bedömning av de olika grupperna.

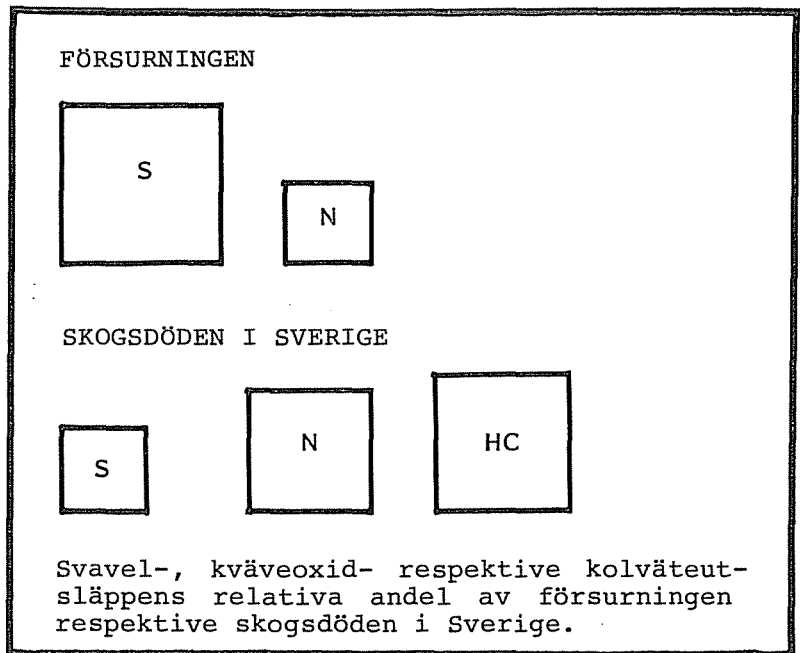
Kolväten är naturligtvis betydelsefulla, framförallt för ozonbildningen, men eftersom jag än så länge själv saknar åtminstone direkt belägg för hur effekterna ser ut så har jag graderat dem ganska lågt, och sätter bara 5% på dem.

Svaveldioxiden ger dels direkteffekt i samverkan med kväveoxider, dels är den försurningssubstans, där den svarar för en större andel. Jag skulle vilja sätta i storleksordningen 35% på svaveldioxiden.

Till övriga försurande substanser lämnar jag 15%. Ozon lät jag ingå i kväveoxiderna. Man måste se de två tillsammans.

Göran Petersson

Jag vill gärna jämföra med vad olika utsläpp betyder för mark- och vattenförsurning. Där är det ju en allmän enighet att det är svavelutsläppen som betyder det mesta, och att kväveoxidutsläppen betyder en del.



När det gäller skogsdöden, vill jag ha den fördelning som visas nertill i figuren. Anledningen till att utsläppen av kväveoxider och kolväten hamnar så högt, är betydelsen av ozon och andra sekundärt bildade ämnen. Jag vill tona ner betydelsen av markförsurningen för de skogsskador vi ser nu.

Ser man på det hela internationellt och tittar på oxidantbildningsproblemet så tror jag att man är överens om att man bör bedöma kväveoxider och kolväten ganska jämbördigt. Det tycker jag att man bör göra här också. Kolvätena har kommit bort på ett skandalöst sätt i diskussionen i Sverige. Ett skäl till att jag har ritat kolvätekvadraten t o m lite större än kväverutan är att man kan tänka sig en inverkan av jordbrukets växtbekämpningsmedel. De har vi inte alls haft uppe till diskussion idag. Och framför allt har vi en inverkan av väldigt många olika ämnen, som bildas på nedbrytningsvägen från ursprungligt kolväte. Alla de ämnena för jag in under gruppen kolväten också.

- Bengt Björklund Får vi sätta några procentvärden på detta?
- Göran Petersson Ja, säg 50% för kolväten, 40% för kväveoxider och 10% för svaveldioxid.
- Göran Petersson Jag vill betona att det är viktigt att särskilja effekterna av direktmitterade ämnen nära utsläppkällor. Där blir bilden en helt annan än för de regionala skadorna. Det är alltså



de regionala skadorna som är de viktiga, och som jag tycker man främst bör diskutera.

- Peringe Grennfelt Jag vet inte om jag vill göra gällande någon uppfattning. Det här blir ju lite som att spela på hästar.
- Det är farligt att plocka fram ett ämne i alldeles för hög grad, på den hypotesnivå vi är nu, och att helt och hållet utesluta ett annat. Förutom de ämnen vi har pekat på här, så bör vi ha med ammoniakfrågan i resonemanget. Det handlar då om kvävemättnadsdelen.
- Jag känner mig inte mogen att gradera de här i procentsatser.
- Göran Petersson Det är nog ingen av oss andra, som egentligen gör det heller.
- Björn Lindahl Eftersom vi ska pressa er att svara, så får du försöka göra en uppskattning.
- Peringe Grennfelt Vi har markeffekter, och vi har direkteffekter. För markförsurningseffekter generellt sett för Sverige skulle jag vilja sätta nivån 80%, 10%, 10% för svaveldioxid, kväveoxider respektive ammoniak.
- När det gäller direkteffekter skall jag sätta en siffra på ozon - 50%. Sedan behöver vi ta hänsyn till svaveldioxid och dess reaktionsprodukter, 10%; kväveoxider och dess reaktionsprodukter - salpetersyra o s v, 20%; och vi behöver ta hänsyn till ammoniaken och kolvätena, jag sätter 10% på vardera av dem.
- Här vill jag bara markera att de här ämnena kan vara med och spela roll som enskilda ämnen. När det gäller direkteffekter så är det kombinationseffekterna av reaktionsprodukterna sulfat och nitrat som är de intressanta - de närmar sig storleksordningen för ozon. De andra vill jag ha med som helgardering.
- Direkteffekter bedömer jag vara något viktigare än markeffekterna. Men vi får räkna med att träden bränner sina skepp i bägge ändar när det blir torra. Då är det kombinationseffekterna som är intressanta. Det är dynamiska förlopp med episoder, som vi måste betrakta. Precis som Bengts första bild med topparna när vi går över stressgränsen - det är då effekterna uppstår. Om vi har en torrperiod slår effekterna i bägge ändar i väldigt hög utsträckning och då är det svårt att skilja mark- och direkteffekterna från varandra.
- Bengt Björklund Vågar du sätta något procenttal för direkt- respektive markeffekterna, så att vi kan jämföra?

- Peringe Grennfelt Ja, 50-50 eller 60-40. Jag skulle vilja betona direkteffekterna något mer än markeffekterna.
- Göran Petersson Direkteffekterna bör betyda mer här i Sverige än nere på kontinenten. Jag förutsätter att siffrorna vi har diskuterat gäller Sverige hela tiden.
- Björn Lindahl Ja, det gör de.
- Jämförelsen mellan markeffekter och direkteffekter - det får vi höra med flera om. Vad säger du Bengt?
- Bengt Nihlgård Jag började dela upp det på motsvarande sätt. Det är konstriktigt att tänka på de båda delarna. Jag skulle bara vilja sätta tvärtom vad gäller procenten. Jag tror att våra försurningseffekter slår hårdare. Jag tänker på de långsiktiga effekterna.
- Jag skulle satt 60% på markeffekterna och 40% för direkteffekterna.
- Göran Petersson Jag vill ha väldigt lite på markeffekter - säg 10%, och 90% på direkteffekter. Jag vill gärna hänvisa till Svante Odén som redan för 10 - 20 år sedan räknade ut att vi skulle få urlakningseffekter m m på marken, som skulle ge problem för skogen först fram emot år 2000.
- Björn Lindahl Du sa 10% på markeffekter och 90% på direkteffekter? Du betonar alltså detta?
- Göran Petersson Det är ingen nedvärdering av markeffekterna. På lång sikt måste vi även lösa det problemet för att rädda skogen. Men när det gäller de skador vi ser nu, vill jag kraftigt betona direkteffekterna.
- Sedan är det en annan sak att svavelförsurningen ändå måste angripas snabbt med hänsyn till effekterna på vattensystem.
- Lena Skärby Det är en teoretisk fråga det här, från växtens synpunkt spelar det ju ingen roll. Det spelar ingen roll när det gäller åtgärder heller, för vi är ju överens om ämnena.
- Björn Lindahl Hur stor andel av de svenska utsläppen av respektive ämne står fordonstrafiken för?
- Peringe Grennfelt Där vill jag hänvisa till Naturvårdsverkets PM 1973 som kom i förra veckan. Där finns svaret på detta i tabellen (nästa sida).
- På kväveoxidsidan så står mobila källor för 224 000 ton av 320 000, alltså två tredjedelar, ja nästan 70%; för kolmon-

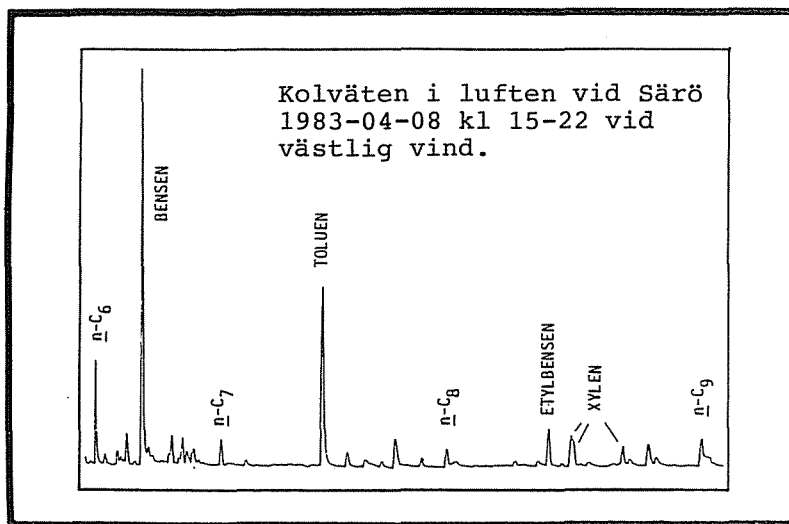
Totalt Sverige, ton				
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	HC
<b>I STATIONÄR FÖRBRÄNNING</b>				
a) Värmeverk, kraftverk	59200	19800	4100	1200
b) Industrier	78000	21100	5000	2200
c) Bostäder, Lokaler	74500	28900	154200	33100
d) Avfallsförbränning	1300	600	1800	600
	213000	70400	165100	37000
<b>II INDUSTRIELLA PROCESSUTSLÄPP</b>				
a) Petroleumindustri	10900	5200		8500
b) Kemisk, petrokemisk industri	8200	2900	2400	7500
c) Järn- och stålverk	6200	1600	33600	1800
d) Övriga ind.processutsläpp	55700	15200	118100	3800
	81100	24900	154200	21600
<b>III MINDRE INDUSTRIELLA SAMT ÖVRIGA ANTROPOGENA KALLOR</b>				
a) Bensinhandtering				9200
b) Lösningsmedelutsläpp				
1) Verkstadsindustri			1100	23400
2) Trävaruindustri				12000
3) Grafisk industri				6800
4) Kemisk industri				5600
5) Tvätterier				1500
6) Diffusa utsläpp				41600
7) Bilservice				2600
8) Bagerier				2600
			1100	105200
<b>IV MOBILA KALLOR</b>				
a) Vägtrafik	9200	182200	1272600	206100
b) Traktorer	2300	18700	17100	3400
c) Skotrar, truckar, motorsågar	1500	13800	125400	30900
d) Flygtrafik	500	5100	16200	6500
e) Fartygstrafik	3400	3700	2100	2400
f) Järnvägstrafik	300	800	200	200
	17300	224200	1433500	249400
<b>V NATURLIGA KALLOR</b>				
a) Skogar				405500
<b>TOTALT</b>	<b>311400</b>	<b>319500</b>	<b>1753900</b>	<b>818700</b>

Utsläppen till luft i Sverige år 1982 av SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO och organiska ämnen. (Obs att värdena i tabellen avrundats till närmaste hundratal. Avrundningen har skett efter summering.)

- oxidutsläppen svarar bilarna för 1,4 miljoner av 1,75 miljoner ton, och kolväten 250 000 ton av 413 000 ton totalt om man bara tar de antropogena utsläppen.
- Björn Lindahl Så det är 60%. Om vi tar med de totala utsläppen då? Även de från skogen själv?
- Peringe Grennfelt Ja då får man drygt 800 000 ton. Där är osäkerheterna mycket stora naturligtvis.
- På svavelsidan är det 17 000 ton utav 311 000 ton.
- Björn Lindahl Svavelemissionen från bilismen - den är vad man kan kalla försumbar?
- Peringe Grennfelt Marginell, ca 5%. 17 000 ton är inte gärna försumbara.
- Gerhard Salinger Du sa mobila källor?
- Peringe Grennfelt Ja, det innefattar förutom bilar fartygstrafik, flygtrafik, traktorer och motorredskap. Fartygstrafiken gäller innanför territorialvattengränsen, alltså kusttrafiken.
- Björn Lindahl Hur stor andel av mängderna av respektive ämne transporteras in till Sverige från andra länder?
- Peringe Grennfelt De enda bra värdena finns på svavelsidan. Den senaste uppgiften är ca 600 000 ton svavel som ramlar ner över Sverige. Av dessa kommer ca 100 000 ton ifrån Sverige, det betyder alltså en sjättedel ungefär. Tittar vi däremot på förhållandena på västkusten så är det i allmänhet något mindre, ca 10% eller där under.
- Björn Lindahl När det gäller kväveoxiderna; har vi någon möjlighet att säga något om den svenska biltrafikens andel där?
- Peringe Grennfelt Det har vi egentligen inte. Men min bedömning är att om vi tittar på det i nationell skala, så är det något mer som är inhemskt. D v s kväveoxider har sannolikt en något kortare uppehållstid i atmosfären än svavlet. Framförallt sommartid, då vi har en ganska snabb övergång till salpetersyra. Och salpetersyra försvinner väldigt snabbt och effektivt från atmosfären genom både torr och våt deposition.
- Björn Lindahl Kolväten har väl inte så lång uppehållstid att vi får så mycket utifrån?
- Peringe Grennfelt Det är en omöjlig fråga att besvara. För vi har en så stor variation när det gäller kolväten. När det gäller de mest reaktiva så kan de säkert jämföras med svaveldioxid. De minst reaktiva ska vi säkert tala om som problem för norra halvklotet.

Göran Petersson

Där har jag en lite avvikande mening. Vi har försökt att komma åt det här via mätningar och en hel del funderingar. Att halveringstiden i luft är så väldigt olika, hindrar inte att man kan väga in mängden av olika enskilda kolväten.



Bilden visar en mätning som är gjord på stranden utanför Särö Västerskog söder om Göteborg vid västliga vindar. Vi kan se på fördelningen mellan de kolväten som kommer in, vilka som har brutits ner i större eller mindre utsträckning. När det gäller bensen, som visar sig vara den största komponenten bland kolvätena med mer än fyra kolatomer, så räknar vi med att här på västkusten kommer ungefär hälften in utifrån. När det gäller mer lättnedbrytbara ämnen, så är andelen mycket mindre.

Jag skulle vilja göra en bedömning att totalt sett för Sverige kanske 10-20% av kolvätena kan komma utifrån, om vi jämför med vår egen totala utsläppsmängd. Då får man naturligtvis räkna bort metan, som är ett naturligt förekommande ämne.

Björn Lindahl

Liknar detta diagrammet något annat du har sett? Kan du säga något om källan?

Göran Petersson

Ja, med kännedom om halveringstiderna för de olika kolvätena, så kan man göra bedömningen att det mesta kommer från bensin och bilavgaser. Oljeutsläpp kan tänkas bidra en del också.

Björn Lindahl

Det är intressant. Har ni gjort något liknande hos IVL, eller känner du till något motsvarande, Peringe?

- Peringe Grennfelt Nej, det gör jag inte. Det skulle gå att göra source-receptoranalys på det här, där man kan inkludera kemin. Det vore intressant.
- Lena Skärby Är det här en typisk dag? Har ni flera mätningar? Detta är ju mellan klockan 15 och 22 en dag.
- Göran Petersson Vi har ganska många mätningar.
- Lena Skärby Så det här är representativt?
- Göran Petersson Ja, det är utvalt för att vara typiskt. Det kan vara svårt att få renodlade förhållanden, så att man är säker på att ingenting kommer bakvägen från t ex motorvägen inifrån land. Där har vi gjort ganska utförliga studier. Det gäller att se upp med land- och sjöbris, så att det inte blir fel. Helst skall man passa på vid pålitlig västlig vind.
- Björn Lindahl Hur stor andel av ozonen produceras här i Sverige, jämfört med det som transporteras hit?
- Peringe Grennfelt Det är väsentligt mer än 50% av den ozon som har antropogent ursprung som långdistanstransporteras.
- Bengt Björklund Hur mycket mer än 50%?
- Peringe Grennfelt Det ligger i samma nivå som svaveldelen, ca 70-80% som en mycket grov bedömning.
- Göran Petersson För de flesta andra atmosfärkemiskt bildade ämnen, så är den svenska andelen mycket större.
- Peringe Grennfelt Ja, det är väldigt svårt att bedöma tycker jag. Men det kan vara så, för mera reaktiva kolväten så är det säkerligen så, att den svenska andelen blir större.
- Björn Lindahl Hur stor del av PAH, polyaromatiska kolväten, kommer in utifrån och hur mycket är genererat här? Det är ju inte bara bilar som producerar det.
- Peringe Grennfelt Det finns väldigt lite data när det gäller det här. Men man kan vända på frågan. Det finns en hel del mätresultat som tyder på att PAH är ganska väl relaterat till sothalten i atmosfären. Och sotmönstret är ganska snarlikt svavelmönstret. Då skulle PAH-mönstret kunna vara ganska likt svavelmönstret, när det gäller långdistanstransport. Däremot vet jag inte om det gäller uttvättning med nederbörd.
- Göran Petersson Det är ju viktigt att påpeka att PAH-mängderna är så små att de knappast kan ha någon större betydelse när det gäller oxidantbildningsproblem.

- Björn Lindahl Nej, det har det inte. PAH kanske inte är något problem för växter.
- Lena Skärby Det vet vi inte. Det kan vara det. Och det kommer från biltrafik.
- Göran Petersson Och genetiska effekter har vi inte diskuterat.
- Peringe Grennfelt Det är reproduktionsfrågan man skulle ta upp i det sammanhanget. Störning av reproduktionen och de frö som bildas - genuppsättningen.
- Björn Lindahl Om man skulle ta upp det, så finns det ju skäl att ta upp många andra viktiga processer hos växterna.
- Kan man på något sätt avgöra hur stor del och vilka komponenter i ett långdistanstransporterat luftpaket som härrör från just bilavgaser? Du, Göran, kunde räkna tillbaka och se att det påminde om bilavgaser.
- Göran Petersson För kolväten skall det vara möjligt, men då är man verkligen framme vid forskningsfronten.
- Peringe Grennfelt Det finns ett mycket begränsat antal komponenter som är användbara i sammanhanget.
- Förutsättningen för att man skall kunna utnyttja den metoden är att ämnena är konservativa i atmosfären, d v s att de inte genomgår någon förändring under transport. Det andra är att deras depositionsmonster är hyfsat känt eller att depositionen är relativt liten så att de inte försvinner på vägen. Det tredje är att de är relativt unika för bilavgaser så att det inte finns en massa andra källor som stör.
- Bly skulle kunna vara en sådan komponent. De lätta aromterna, kanske framför allt bensen, skulle också kunna vara en relativt god indikator. Emissionsvärdena för dem är dock inte helt välkända när det gäller Europa. Och vi har även direktavdunstningen som en väsentlig faktor. Den tredje typen av ämnen som skulle kunna ingå är de tunga organiska komponenterna; PAH och liknande.
- Det är vad jag kommer att tänka på, utan att ha tänkt igenom det här speciellt mycket. Om man vet sammansättningen på utsläppet så finns det idag modeller som ger möjligheter att räkna tillbaka, och konstatera hur stor andel som förorsakats av bilavgaser.
- Björn Lindahl Vilken betydelse för skadorna på växtligheten i Sverige har utsläppen från bilar? Jag tycker det är meningsfullt att ställa frågan även med föroreningarna som kommer in

- utifrån, alltså skador på svensk skog av de samlade europeiska bilavgasutsläppen.
- Peringe Grennfelt I det europeiska perspektivet uppskattar jag att bilavgasernas bidrag till den totala dosen av kväveoxider, ozon och kolväten ligger på nivån 50-60%.
- Om man ska ta med effektsidan, får man ju tänka på svavel-dioxidens och ammoniakens effekter också.
- Som en grov uppskattning kanske jag då hamnar på 30-35% som den europeiska biltrafikens del i de svenska skogsskadorna. Men vi har dåligt underlag för den här bedömningen.
- Bengt Björklund Ska vi fråga dig, Bengt Nihlgård, om din uppfattning?
- Bengt Nihlgård Bilisten bidrar till direkteffekter via kväveoxider och ozon och via deposition som kvävesubstans och som salpetersyra. Det är nog realistiskt att räkna med storleksordningen ca 30%.
- Bengt Björklund Innebär det här att du har i stort sett samma uppfattning som Peringe egentligen?
- Bengt Nihlgård Ja, när det gäller det totala bidraget till skogsskadeeffekter så tror jag att den samlade biltrafiken i Europa kan bidra upp till 30%.
- Bengt Björklund Vi går vidare till Göran Petersson.
- Göran Petersson Jag skulle vilja peka på två saker som jag tycker är viktiga här. Dels att förstadagsbildning av atmosfärkemiskt bildade ämnen har speciellt stor betydelse. Dels att när det gäller bilavgaserna så släpper man ut kolväten och kväveoxider samtidigt, och därmed ordnar man till mycket gynnsamma förhållanden för bildning av sekundära ämnen. De två faktorerna, menar jag, bidrar till att höja bilavgasernas skadeandel jämfört med utsläppsandelen.
- Så om bilarnas utsläppsandel för kolväten och kväveoxider är ca 60%, så svarar de kanske för 70-80% av skogsskadorna från sekundärt bildade luftföroreningar. Sedan sänks detta något av andra luftföroreningars betydelse, så säg upp till 70% av de svenska skadorna orsakas av bilavgaser. Men här måste vi gardera för den okända betydelsen av växtbekämpningsmedel och av klorkolväten m fl, specifika ämnen från andra källor.
- Bengt Björklund Du ligger högre än Peringe och Bengt; det är helt klart? Lena, har Du någon uppfattning?



Lena Skärby Min bedömning bygger inte på några djupa kunskaper om källor, halter och utsläppsmängder. Men ändå så skulle jag snegla lite mer på bilavgaser än 30%. Jag kanske hamnar någonstans mellan 40 och 50%.

Göran Petersson Det finns en poäng här som är viktig att dra fram. Om man tar bort bilavgaserna, så innebär det inte att man minskar skadorna med dessa procenttal, utan det innebär att de sannolikt försvinner helt och hållet. Orsaken är bl a att vi har detta med additiva och synergistiska effekter.

Peringe Grennfelt Jag delar i ganska stor utsträckning det som Göran säger. Vi har nog inget linjärt dos-respons samband. Vi har säkerligen tröskelnivåer för många av effekterna, vilket gör att vi alltså uppnår mer vid en utsläppsminskning.

Vad jag samtidigt vill peka på är att det är så pass komplicerade samband, när det gäller produktion av fotokemiska oxidanter och andra sekundära produkter. Det är inte entydigt att man uppnår en positiv situation genom att minska ett enda enskilt ämne.

Man kan t o m uppnå negativa effekter, åtminstone för vissa transport- och bildningsavstånd och bildningstider. Det är mycket välkänt när det gäller den mera kortsiktiga oxidantbildningen. Den regleras i hög utsträckning av kvoterna emellan kolväten och kväveoxider. Det finns en optimal kvot mellan dessa ämnen som ger en högsta oxidantbildning sett över en dag. Och om man ligger snett i den, och minskar den ena komponenten, så kan det innebära att man rör sig mot den optimala kvoten. Då kan man öka oxidantbildningen. Det är ett problem som man känner rätt väl idag. När det gäller den lokala situationen kan man se till att man inte hamnar i det läget.

Däremot är det inte kartlagt när det gäller den större skalan. Man har också pekat på att, om man nu går in och minskar svavelutsläppen, så kanske man får en annan depositions- och uttvättningsbild när det gäller salpetersyra.

Man kan alltså riskera att inte enbart få de positiva effekterna.

Bengt Björklund Betyder det här att om man teoretiskt kunde eliminera bilavgaserna, men behöll övriga föroreningskällor konstanta, så skulle man inte med säkerhet kunna säga att man eliminerade skogsskadorna?

Peringe Grennfelt Det kan man inte säga, även om det är troligt. För att exemplifiera kan vi säga så här: Vi har effekter av svavel-syra och salpetersyra, vi säger att de effekterna är lika stora. Då kan det vara så att om man plockar bort svavelut-

släppen så kanske man fortfarande har precis lika hastig bildning av salpetersyra i atmosfären, som den totala syrabildningen tidigare. Om det råkar vara precis samma ämne som producerar svavelsyra som salpetersyra; samma radikal som katalyserar reaktionen. Då kanske man inte får någon förändring av det totala syranedfallet inom ett visst avstånd från källområdena.

- Rolf Bergqvist Om man vänder på det här resonemanget då? Om vi producerar mera energi med hjälp av olja i fortsättningen, kanske 5% mer än vad vi har gjort hittills. Det skulle alltså kunna innebära att det skulle bli en fullständig katastrof då?
- Peringe Grennfelt Det är inte alls säkert att det kommer att påverka depositionsmonstret, och den mängd som tillförs ett visst skogsområde. Det kan istället vara så att vi bara ökar längdskalan, det vet vi inte. Det kan också innebära att vi uppnår en sådan här tröskel.
- Rolf Bergqvist Är det till och med sannolikt?
- Peringe Grennfelt Jag vill inte yttra mig om det blir en katastrof eller inte. Vi ser idag en kraftig minskning av svavelutsläppen. Även för Europa som helhet en viss minskning, och det är mycket som talar för att svavelutsläppen inte kommer att öka, utan minska under den närmaste 10 årsperioden.
- Rolf Bergqvist Vad jag menar är vad en obetydlig ökning av en av de här faktorerna kan innebära? Vi är redan på tröskeln, och en obetydlig ökning kanske gör att vi ramlar in i rummet?
- Peringe Grennfelt Det kan mycket väl hända, ja.
- Göran Petersson Det gäller vilka utsläpp som ökar. Utgår man ifrån att ozon och oxidanter är viktiga, då är det ju en ökning av kolväten och kväveoxider som är det allvarligaste. Det vill säga bli bilavgaser. Tillskottet av kolväten är närmast obetydligt vid ökad olje- och koleldning.
- Bengt Björklund Om vi ökar avgasutsläppen från bilar - har vi då samma hotbild framför oss, som vi hade när vi stod på tröskeln tidigare - gäller samma hotbild här?
- Göran Petersson Ja, fast i mycket högre grad. Med hänsyn till att det är rätt komponenter för oxidantbildning, som släpps ut ifrån bilavgaserna.
- Bengt Björklund Så faran är alltså ännu större med ökande utsläpp från bilar än andra utsläppskällor?
- Lena Skärby Ja.

- Peringe Grennfelt Jag skulle nog säga både ja och nej. Vi har att göra med två typer av effekter. En som vi kan kalla irreversibel eller svårreversibel. Till den hör utlakningseffekterna vi talade om tidigare. Det är effekter som ackumuleras. Vi tillför alltså svavel hela tiden, som i marken lakar ut ämnen, och vi når så småningom en bristsituation. Den är väldigt svårreparerad. Och vi får så småningom de här effekterna, även om vi ligger kvar på samma utsläppsnivå.
- Sedan har vi reversibla förändringar, där dosen under en kortare period är mest intressant. De är akuta effekter. Ozoneffekterna är en typ, där doser vid kortare och längre tid ger effekt. Där kan vi diskutera om en femprocentig ökning eller minskning är katastrofal eller inte. Det är naturligtvis svårt att bedöma.
- Det tror jag hänger mycket samman med om vi åstadkommer utsläppsökningar, och samtidigt får besvärliga klimatologiska problem. Då kan det naturligtvis bli en katastrof. Det är ingenting som säger att åren 1975-76 och 1982-83, när vi såg mycket skador, hade de mest extrema klimatförhållandena.
- Lena Skärby Det här med reversibla effekter och vad som är en katastrof, det är ju också tånjbart. Vi vet egentligen inte vad som är reversibelt. Vi jobbar mot tiden, och det är frågan om när vi skall göra bedömningen att det är dags att sluta emittera, så som vi gör idag. Det handlar ju om hela ekosystem, inte bara skogsproduktionen och skogen. Vi har inte haft uppe idag vad som händer med artsammansättningar och ändrade konkurrensförhållanden i naturen.
- Vad vi än gör, så tror jag att det värsta som kan hända, är att fortsätta att tillåta ytterligare biltrafik på det sätt som vi gör idag.
- Göran Petersson Naturligtvis kan vi inte heller tillåta en sådan kemisk belastning på naturen och på ekosystemen, att vi ligger precis under den gräns där vi får synliga skador och effekter. Vi måste sätta målet mycket högre: Att minska den kemiska belastningen så att vi kommer långt under den tröskel där vi kan få effekter, och får en bra säkerhetsmarginal; att närma oss de halter av kemiska ämnen som vi skall ha naturligt i ekosystemet. Det är ju då alla organismer fungerar på bästa sätt. Det måste vara den slutliga målsättningen.
- Gerhard Salinger Anser ni att man kan dra samma slutsats, som när det gäller svaveldepositionen, nämligen att detta är ett Europa-problem, som inte kan lösas inom landet?
- Peringe Grennfelt Det är ett Europaproblem, det måste åtminstone lösas för norra Europa från skandinavisk synpunkt. Där har vi en

skillnad mellan Öst- och Västeuropa. Utsläppen av oxidantbildande ämnen är större i Västeuropa än i Östeuropa, medan vi på svavelsidan har det motsatta förhållandet.

- Göran Petersson Problemen med bilavgaser, oxidantbildning och skogspåverkan har vi i egna händer i betydligt högre grad än svavelproblemen.
- Bengt Björklund Finns det enligt er uppfattning ett särskilt behov av att öka kunskaperna inom något av de områden som vi har behandlat idag?
- Peringe Grennfelt Ja, just luftföroreningarnas påverkan på vegetationen. Det är själva effekterna som idag är den mest kritiska delen, när det gäller att få ett bra beslutsunderlag. Det inkluderar då eventuella nya ämnen, som vi idag inte känner till. Vi vet förhållandevis väl vad som släpps ut, och hur det transporteras, när det gäller många ämnen. Men påverkansdelen är den mest kritiska.
- Lena Skärby Jag instämmer med det.
- Göran Petersson Det är speciellt viktigt att få fram samband mellan verkliga koncentrationer i luften av olika ämnen och skadornas spridning. Det centrala avsnittet idag har varit just när vi har diskuterat sådana samband, och vilka slutsatser man kan dra av dessa. Sedan tror jag att det behövs undersökningar över hela fältet.
- Jag skulle också vilja peka på att det gäller att rätta till allvarliga missuppfattningar som finns här i Sverige om orsakerna till skogsdöden. De flesta talar om skogsdöden som ett försurningsproblem, vilket jag menar är fel. Direkt effekter av oxidanter och påverkan av andra atmosfäriskt bildade ämnen har ju ganska lite med försurning att göra.
- Bengt Björklund I och med det så är dagens förhör avslutat. Jag vill tacka deltagarna.
- Jag skall inte göra något försök att sammanfatta hela dagen, men det sista temat har ju varit ett försök att knyta ihop trådarna.

## Slutkommentarer

Sedan förhørsreferatet redigerats och skrivits ut har det överlämnats till deltagarna för granskning. Ordföranden, utfrågarna och den vetenskapliga projektledaren har ombetts ge några korta avslutande kommentarer. Respektive författare ansvarar helt för sina redovisade synpunkter.

Bengt Björklund

I miljödebatten brukar det ibland hävdas att man till varje pris måste värna om miljön. Inget pris är enligt den uppfattningen för högt för att bibehålla en ren miljö. Ett mera allmänt accepterat sätt att resonera är dock att miljöintresset måste vägas mot de politiska och ekonomiska konsekvenser som kan följa av skärpta miljökrav. Svårigheten med att föra ett sådant resonemang är att det som regel blir fråga om att väga faktorer som inte går att uppskatta i pengar mot faktorer som är lätt mätbara t ex i form av kostnadsökningar.

Bilavgasfrågan har varit ett exempel på hur svårt det kan vara att göra en lämplig avvägning när man har att göra med faktorer av nyss angivet slag. Bilavgaserna har ju inte lett till några omedelbara och för gemene man lätt konstaterbara skador på vare sig människor, djur eller växter. Däremot har det varit tämligen lätt att ge allmänheten en konkret bild av vilka negativa konsekvenser - t ex prishöjningar och dyrare underhåll på bilar, handelspolitiska hinder etc - som skulle följa med skärpta bilavgas-krav.

Det här problemet har emellertid under senare tid kommit i ett annorlunda läge i och med den s k skogsdöden. Om denna beror på bilavgaserna, kommer den avvägning som jag tidigare har nämnt att bli lättare att göra. Det blir ju då fråga om ett i huvudsak väga ekonomiska och därmed likvärdiga faktorer mot varandra.

Att denna avvägning blir riktig är särskilt angeläget idag mot bakgrund av att Sverige står inför flera viktiga beslut på bilavgasområdet. Jag är övertygad om att vi genom detta forskarförhör har kunnat förbättra beslutsunderlaget.

För egen del fann jag det särskilt intressant att forskarna vågade sig på att bedöma hur stor andel av skogsskadorna som beror på bilavgaser. Bedömningen varierade mellan 30 och 70%. Slutsatsen av detta måste bli att man snabbt bör begränsa utsläppen av bilavgaser om man skall kunna hejda skogsskadorna.

För en lekman som jag var det också en viktig nyhet att föroreningarna i bilavgaserna har en sådan förmåga att

omvandla sig t ex under inverkan av solljus till ozon. Dessa i atmosfären bildade ämnen tycks ha den största betydelsen för skogsdöden. Denna är alltså inte i första hand ett försurningsproblem. Ett viktigt konstaterande i sammanhanget är också att det främst är de lokala utsläppen som är upphovet till dessa skadliga ämnen. Slutsatsen blir att vi genom en begränsning av utsläppen från de svenska bilarna kan bidra till en bättre miljö för skog och annan växtlighet. Vi behöver alltså inte känna oss så maktlösa som vi tidigare kanske har gjort när vi har trott att svavelutsläppen från de västeuropeiska industriländerna har varit den främsta orsaken till alla skador i Sverige.

Vid forskarförhöret underströks också kväveoxidernas stora betydelse för uppkomsten av skador. Särskilt stora utsläpp av kväveoxider förekommer från dieseldrivna bilar och från bensindrivna bilar när de framförs i hög hastighet. Denna kunskap måste vara väsentlig när man som beslutsfattare har att välja t ex mellan att bygga en motorväg eller satsa på en utbyggnad av järnvägsnätet.

Sammanfattningsvis är min bedömning av förhöret att forskarna på det område som vi har behandlat har så goda kunskaper och på väsentliga punkter är så eniga att man som beslutsfattare knappast kan kräva så mycket bättre underlag för beslut. Bilavgasfrågan har därför som jag ser det nu utvecklats sig därhän att den i huvudsak har blivit en fråga av politisk och ekonomisk art och alltså i mindre mån en teknisk fråga.

Rolf Bergqvist

Forskarförhöret som sådant hade fördelen av att strukturera upp debatten genom konkreta frågor och svar mellan två förberedda läger. Belysningen av de upptagna frågorna måste uppfattas som god om än inte fullständig.

Begränsningen av ämnet till att gälla bilavgasernas del i skogsskadorna gav den effekten, att debatten blev besvärande låst till vissa ibland alltför trånga sektorer om man ser skogsskadorna som det totala komplex, med vilket skogsfolket har att arbeta med i praktiken.

Utvecklingen av de forskningsresultat som redovisades och åtgärder för att åstadkomma förbättring samt sekundära effekter av sådana åtgärder saknades i stor utsträckning i debatten med undantag för meningsutbytet beträffande avgasrening - som naturligtvis i och för sig är en grundläggande åtgärd för hela problemets lösning.

En svårighet är alltså att få forskningens ofta djupgående kunskaper i detaljfrågor att föras ut till och arbetas in i de förvaltande generalisternas bedömningsunderlag, som ju innefattar både biologi, ekonomi, teknik, juridik och social hänsyn. Om nu forskarförhöret inte hade ambitionen att nå så långt så borde en fortsättning och utveckling följa.

Det kvarstående intrycket är, att enskilda forskare vet så mycket om avgasernas medverkan till skadorna på skogen, att det räcker som underlag för en del av ett skogligt handlingsprogram.

Programmet bör ge anvisningar om förebyggande, avhjälpande och restaurerande åtgärder för att åstadkomma ett bättre skogsbestånd i framtiden. Det måste därvid ta hänsyn till det dynamiska och flexibla skeende som kännetecknar skogsbruket både vad det gäller biologiska, tekniska och ekonomiska faktorer.

Magnus Lenner

Vad beträffar de ämnen som emitteras i bilavgaser, kan man konstatera att tillåtna utsläpp av kolmonoxid, kolväten samt kväveoxider regleras genom lagstiftning. Denna grova indelning, vilken har sitt ursprung i bilavgasens hälsoeffekter, döljer bakom termen totalväte en myriad olika kemiska föreningar med stor inbördes variation vad beträffar reaktionsbenägenhet, och därmed möjlighet att skada skogen genom exempelvis sekundär bildning av fotokemiska oxidanter.

Likaledes innefattar begreppet kväveoxider dels kvävemonoxid, dels kvävedioxid. Den senare är att hänföra till gruppen oxidanter.

Växtskador av en mångfald olika typer, som anses eller misstänks härröra från luftföroreningar, har konstaterats i såväl barr- som lövskog. Forskarna är överens om att luftföroreningarnas allvarligaste verkningar utlöses när den naturliga stressen på skogen (vind, torka etc) är som högst, d v s de utgör toppen på ett "stressberg". Däremot råder mera oenighet om vilka komponenter eller kombinationer av komponenter, som åstadkommer skadorna på skogen, liksom om det är de primärt emitterade gaserna eller sekundärt bildade föreningar som är betydelsefullast.

Biltrafiken svarar för minst hälften, i Sverige ca 70%, av kväveoxid- och kolväteemissionerna. Dessa ämnen startar i solljus fotokemiska reaktioner och ger upphov till bl a ozon, den mest kända och viktigaste av de s k fotokemiska oxidanterna. Bakgrundshalten av ozon är sedan 1950-talet i stadigt stigande och är i dagsläget ca 50 mikrogram per kubikmeter, vilket är ungefär halva den halt, vid vilken direkta skadeverkningar på växtlighet kan påvisas.

Avgasrening med katalysator innebär för en bensinmotor reduktion av kväveoxid- och kolväteemissioner med minst 75%.

Bilavgasernas roll för skogsskadorna vill jag sammanfatta i korthet sålunda:

Kväveoxider och kolväten skadar vegetationen dels i sig, dels i kombination med andra ämnen såsom svaveldioxid, dels genom ozon och andra sekundärt bildade ämnen.

Kväveoxiderna omsätts efter hand till salpetersyra, vilken dels kan orsaka direkta frätskador på grönskan, dels ge markeffekter såsom försurning med åtföljande utlakning av för träden viktiga mineraler och näringsämnen. Kväveoxidernas andel i försurningen är i stigande eftersom utsläppen av svaveldioxid har minskat på senare år.

Bedömningar av de olika ämnenas och effekternas relativa betydelse, liksom av bilavgasernas totala andel för skogsskadorna varierar ganska starkt bland forskarna, den senare från 30% upp till 70%. Dock bör, om emissionerna från biltrafiken kunde minskas med ett väsentligt procenttal, kunna uppnås att stressen på skogen sjunker under den kritiska nivå som vi av allt att döma tangerar idag.

Björn Lindahl

Under sista avsnittet av forskarförhøret provocerades forskarna att var och en avge sitt omdöme om den relativa betydelsen av respektive slag av luftförorening för uppkomsten av växtskador, särskilt skogsskador. Vid genomläsningen av förhørsprotokollet framkommer att man startat frågeronden med en viss frågeställning som successivt förändrades medan de fyra forskarna besvarade frågan. Visserligen fördjupades och komplicerades frågebilden härigenom, men det ledde också till att de fyra forskarnas svar inte var helt jämförbara. När man med facit i hand frågar sig vad forskarna ansåg om bilavgaskomponenternas och deras atmosfärkemiska omvandlingsprodukters bidrag till skogsskadorna i Sverige, kunde deras svar inte jämföras på ett meningsfullt sätt. Sannolikt tyder detta på att detta slag av fråga, om kvantitativ fördelning av orsaken till skogsskadorna, är för tidigt väckt.

Ett förvånande och ändå tacksamt resultat att notera från detta forskarförhör är att skogsskador, som endast beror på direktemitterade ämnen i bilavgaser, ännu inte tycks ha konstaterats. Således har man ännu inte funnit en skogsskadegradient, som utgår från starkt trafikerade vägar på betryggande avstånd från tätorter.

När det gäller skogsskador från luftföroreningar tycks det ta lång tid av påverkan innan skadorna etableras. Detta försvårar och försenar den angelägna forskningen om orsakerna till skogsskadorna, som behövs för att de rätta åtgärderna skall kunna vidtagas mot dem. Under forskarförhøret anade man en viss skillnad i uppfattning vad gäller orsakerna till skadebilden mellan växtekologer med omfattande fälterfarenhet och växtfysiologer med detaljerad kunskap om skadefenomen orsakade efter relativt kortvarig behandling av enstaka utsläppskomponenter eller få i bland-



ning. Med stor sannolikhet hämmar denna skilda syn på orsakssammanhangen målforskningen efter de bästa åtgärder-  
na mot växtskadorna från luftföroreningsutsläpp. Ett sätt  
att minska detta hinder vore att i Naturvårdsverkets regi  
anordna sammankomster mellan dessa två kategorier av  
forskare med huvudsyftet att de skall lära varandra symp-  
tombilden av skogsskadorna och dess orsaker.

Under forskarförhöret klargjordes att vi redan vet till-  
räckligt om växt- och skogsskador för att vidtaga åtgärder  
mot dessa skador, liksom att det är på skadefenomensidan  
som mest forskning nu behövs. Trycket på politiker och  
samhällets myndigheter att göra något väsentligt mot skogs-  
skadorna är nu så kompakt att man bör kunna förvänta att  
vissa åtgärder verkligen görs. Efter hand som man vidtagit  
de mest verksamma och minst kostnadskrävande åtgärderna  
blir de dyrare och mindre verksamma åtgärderna kvar att  
välja bland. Inför dessa val krävs en utökad forskning som  
skall ge underlag i de allt svårare valen av lämpliga åtg-  
ärder. Forskningen om skogsskador kommer därför att få  
en alltmer ökad betydelse i framtiden.

Gerhard Salinger

Först några allmänna synpunkter på detta forskarförhör.  
Det fick alldeles för stor spännvidd - från elementära fakta  
och grundläggande samband till problem i forskningsfron-  
ten. De enklare frågorna borde först ha sammanställts i  
t ex en konsensus rapport så att förhöret enbart kunnat  
ägnas åt de mera komplicerade frågorna, skiljaktigheterna i  
åsikter och slutsatserna.

Det helt dominerande intrycket efter förhöret är hur oer-  
hört komplicerat ämnet är. Det gäller såväl de misstänkta  
substanserna i luftföroreningarna som de tänkbara mekanis-  
merna i skogsskadorna. De grundläggande teorierna om  
betydelsen av de atmosfärkemiskt bildade substanserna  
respektive stressituationen som orsak till skogsskadorna  
verkar vara väl underbyggda.

Sambanden mellan substanser och skador kan å andra sidan  
ännu inte anses väl belagda. Detta är inte heller förvån-  
ande då de olika substanserna sannolikt samverkar och en  
viss skada kan ha olika orsaker.

Svarandena visade sig ha divergerande uppfattningar i  
väsentliga frågor. Det är sålunda märkligt att bedömningen  
av vilken betydelse försurningen har i jämförelse med di-  
rekt påverkan kan variera från 10% till 60% medan uppskatt-  
ningen av vilken andel den europeiska biltrafiken har av  
de svenska skogsskadorna varierar mellan 30 och 70%. Det  
är också märkligt att ozonskador inte har kunnat beläggas  
i Sverige.

Sammanfattningsvis anser jag att förhöret på frågan om bilavgasernas betydelse för svenska skogsskador gett ett svar som är kvalitativt acceptabelt men inte kvantitativt tillfredsställande. Att en minskning av de svenska skogsskadorna förutsätter samordnade europeiska insatser torde efter förhöret vara om inte entydigt så dock med övervägande sannolikhet belagt.

Marie Arehag

Forskarförhöret klargjorde på ett levande sätt att utsläppta ämnen inte "går upp i rök", utan sätter igång en rad processer och reaktioner i luften. För varje utsläppt kolväte räknar man t ex med att det bildas minst 10 nya genom omvandlingsprocesser tillsammans med solljuset och andra utsläppta och naturliga ämnen.

Utsläppen får olika effekter på olika avstånd från källan. Mycket tyder på att utsläppen i sin ursprungliga form inte är orsaken till de regionala skogsskador vi ser idag.

De gaser som skadar växterna genom direktpåverkan på blad och barr kan ha olika avläggset ursprung. Fotokemiska oxidanter är ett problem på såväl lokal, regional, kontinental som på norra halvklotets nivå. T ex har den ständiga bakgrundshalten av ozon ökat med 80% över norra hemisfären sedan 50-talet. Ozon bildas ur kolväten och kväveoxider, som i Sverige till mer än hälften släpps ut från biltrafiken.

Förhöret gav inget entydigt svar på hur mycket av de atmosfärkemiskt bildade ämnen som har inhemskt ursprung. Det kan naturligtvis användas som argument för att fördröja åtgärder mot utsläppen, om man bara tänker på effekterna på den inhemska skogen. Mycket tyder dock på att de till högre grad är inhemska än de försurande utsläppen, som länge diskuterats.

Att träden påverkas av försurningen är nog allmänt känt idag, men att det sker genom omvandling av hela markemin så att näringsämnen lakas ut och blir bristvara för träden är nog inte lika bekant. Inte heller att sura dimdroppar kan ge direkta frätskador på barr och blad.

Bilavgasernas andel av försurningen är troligen ökande genom att svavelutsläppen minskat under senare år. Kväveoxiderna bildar salpetersyra genom omvandlingar i luften.

En tredje påverkansväg av bilavgaser på växtligheten är att marken kan bli kvävemättad, en slags övergödning. Detta har ännu bara iakttagits i sydligaste Sverige, men det är en effekt som förväntas sprida sig norrut med fortsatt stora kväveoxidemissioner.

Under förhöret poängterades också att det inte bara handlar om skogen som virkesförråd, utan om hela ekosystem.

Förhöret visade att det finns få vetenskapligt fastlagda orsakssamband mellan ett visst ämne och en viss effekt, men även att samverkan mellan olika ämnen och olika effekter i verkligheten är så omfattande, att kunskap om sådana isolerade orsakssamband har liten praktisk tillämplighet.

Det är viktigt att kunskapen om hur växterna och marken påverkas av olika ämnen och ämneskombinationer förbättras avsevärt. Inte för att man skall kunna vänta med utsläppsbegränsningar tills man har de exakta sambanden bevisade, utan för att mycket goda kunskaper kommer att behövas för att skadade områden eventuellt ska kunna restaureras i framtiden.

Om förhöret hade föregåtts av ett förberedande förhör eller en konsensusrapport hade vi nog hunnit med att få fler fakta redovisade, men huvudintrycket hade säkert blivit detsamma: Att problemet är komplext både vad gäller utsläppens omvandlingar och de olika sätt som ämnena ur bilavgaserna påverkar träden. Och att denna komplexitet inte får användas som anledning för att inte minska utsläppen. För att citera Lena Skärby: "det värsta som kan hända är att fortsätta att tillåta ytterligare biltrafik på det sätt som vi gör idag".

## Referenser

Bilavgaskommittén  
Bilar och renare luft  
SOU 1983:27-28

Bilavgaskungörelsen  
SFS 1972:596, ändrad SFS 1979:673

Grennfelt m fl  
Luftvård. Dialog, 1982

Naturvårdsverket  
Aktionsplan mot luftföroreningar och försurning  
SNV PM 1862, 1984

Naturvårdsverket  
Utsläpp till luft i Sverige 1982  
SNV PM 1973, 1985

Regeringens proposition 1984/85:127  
om program mot luftföroreningar och försurning.  
21 februari 1985

Royal Ministry for Foreign Affairs  
Royal Ministry of Agriculture  
Air pollution across national boundaries. The impact on the  
environment of sulfur in air and precipitation. 1971

## Ordförklaringar

Antropogen	Alstrad av människan.
Blandbestånd	Skog med både barr- och lövträd.
Deposition	Nedfall, avsättning av en förening från luften till t ex ett barr eller ett markområde som helhet. Torr deposition är ämnen som avsätts i gasfas eller med partiklar. Vid våt deposition avsätts ämnet via nederbörden.
Emission	Utsläpp (av en förorening).
Exudera	Utsöndra.
Förna	Det lager av döda växt- och djurdelar som håller på att brytas ned på marken.
Gremmeniella	Svampen Gremmeniella abietina. Vanligast som barrparasit på tall. När den angriper gran kallas den "granens toptorka".
Hemisfär	Halvklot (av jorden).
Kloros	Missfärgning på grund av avsaknad av klorofyll.
Kutikula	Det vaxskikt som täcker barr och blad.
Makroämnen	Näringsämnen som en växt behöver mycket av.
Metabolism	Ämnesomsättning.
Monokultur	Odling av en enda växtart (t ex gran) på en yta.
Mutagenicitet	Ett ämnes förmåga att framkalla mutationer, förändringar i arvsmassan.
Mykorrhiza	Svamprot. När växtens rötter lever i symbios (till ömsesidig nytta) med en svampart. Oftast hjälper svampen den högre växten med att fixera luftens kväve till en form som är åtkomlig som växtnäring.
Rostjorden	Anrikningsskikt i jordmånen i barrskog (podsolprofil). Där fälls järn ut, och skiktet blir rostfärgat.
Spårämnen	Näringsämnen som en växt behöver ytterst lite av.
Stratosfär	Det skikt av atmosfären som är ovanför troposfären. Där är luften mycket tunn. Dit kommer få föroreningar.
Sub-top-dying	Trädet tappar barren ett stycke under toppen, men inte just i toppen.

Synergistiska effekter	Effekter som samverkar så att de förstärker varandra (1+1 blir mer än 2). Det finns även additiva (1+1=2) och antagonistiska (1+1 blir mindre än 2) samverkans effekter.
Terpener	En grupp kolväten som utsöndras av växande barrskog. Det är de som ger barrträdsdoften. De är högreaktiva (en viss mängd halveras på mindre än 10 timmar).
Toxisk	Giftig.
Troposfär	Det närmaste skiktet av atmosfären. Innehåller 80% av luften.

”De flesta talar om skogsdöden som ett försurningsproblem, vilket jag menar är fel. Direkteffekter av oxidanter och påverkan av andra atmosfäriskemiskt bildade ämnen har ju ganska lite med försurning att göra.”

(Göran Petersson)

”En station har funnits på Arkona i Östersjön. Den mätstationen visar att man har haft ca 80% ökning av årsmedelvärdet av ozon mellan 1956 och 1982.”

(Peringe Grennfelt)

”Bilavgaserna kommer året runt. Är det en torrperiod, och man fortfarande vräker på kväve på träden, så tvingas bladen att suga till sig det där kvävet. Träden blir stressade, de måste producera kolhydrater för att ta hand om kvävet. Annars får det en direkt förgiftningseffekt.”

(Bengt Nihlgård)

”Vi vet egentligen inte vad som är reversibelt. Vi jobbar mot tiden, och det är frågan om när vi skall göra bedömningen att det är dags att sluta emittera, så som vi gör idag. Det handlar ju om hela ekosystem, inte bara skogsproduktion och skogen.”

(Lena Skärby)

Informationssekretariatet  
Chalmers tekniska högskola  
412 96 GÖTEBORG

1200 exemplar  
maj 1985

ISSN 0281-935X