

MILJÖSKYDD

Lagar, Myndigheter, Styrmedel, Miljöcertifiering, Miljöledning, Miljömål Analyser, Mätmetoder

Miljöskydd beskrivs här i vid bemärkelse. Näringslivets egna insatser har fått ökad betydelse. Analyser av kemiska ämnen är en viktig del av miljöskyddet. Författarens egen forskning har i hög grad byggt på miljöanalytisk kemi.

Dokumentet svarar mot kap 18 (8 s) och 19 (4 s) i kursboken Kemisk Miljövetenskap. Boken publiceras under 2008 på nätet i tolv delar som alla nås via denna översiktslänk.

<http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/72639.pdf>

Göran Petersson, Professor i Kemisk Miljövetenskap
Kemi- och Bioteknik, Chalmers, 2008

MILJÖSKYDD

70-TAL	REGLERINGAR
80-TAL	STYRMEDEL
90-TAL	MARKNADSKRAFTER

Historik

Regleringar: I inskränkt bemärkelse avses ofta med miljöskydd samhällets regleringar av miljöproblem via *lagar* och förordningar vilkas efterlevnad bevakas av *miljömyndigheter*. Miljöskyddet i detta avseende byggdes till stor del upp på 1970-talet i Sverige.

Ekonomiska styrmedel: Utformning av skatter, avgifter och subventioner ger möjligheter att styra verksamheter i miljövänlig riktning. Under 1980-talet började detta utnyttjas i allt större omfattning.

Miljömarknadskrafter: Under 1990-talet har miljöskyddet närmast revolutionerats av att marknadskrafterna kopplats till *miljöanpassning av produkter och verksamheter*. Detta har möjliggjort snabba och effektiva framsteg inom många branscher. Miljöorganisationer och miljömyndigheter har medverkat genom att driva på denna utveckling samtidigt som deras egen betydelse i miljöarbetet minskat jämfört med näringslivets.

2000-Talet: På miljöområdet har globaliseringen inneburit ökande internationella satsningar. Bland enskilda människor har intresset för kemiska hälsoskyddsfaktorer kopplade till livsstil och kost ökat starkt.

Miljökunskap och miljöetik: Den enskilda människans kunskaper om miljöproblem, och vilja och förmåga att agera utifrån dessa är grundläggande för ett fungerande miljöskydd. Organiserad miljöutbildning, miljöorganisationer, miljömyndigheter, miljömarknadsföring, och massmedia fyller viktiga funktioner som kunskapsförmedlare och inspiratörer.

Miljöjuridik

Huvuddelen av all miljölagstiftning har nu samlats i *miljöbalken*. Denna trädde i kraft 1999 samtidigt med omfattande ändringar i de femton ingående lagarna. De viktigaste lagarna på kemi- och kemiteknikområdet är de två följande.

Miljöskyddslagen (ML): Denna lag har funnits sedan 1969 men har ändrats avsevärt i den nya miljöbalken. Lagen gäller för miljöfarlig verksamhet vid *fasta anläggningar* och därmed bl a för kemitekniska industrier och verksamheter. Lagen är främst inriktad på kontroll av emissioner till vatten och luft. För att starta eller bygga ut verksamhet i en anläggning krävs ett *tillstånd* enligt miljöskyddslagen. För stora och miljömässigt viktiga anläggningar görs tillståndsprovningen av någon av de fem nyinrättade regionala *miljödombstolar* som ligger i Växjö, Vänersborg, Stockholm, Östersund och Umeå. Dessa domstolar ersätter den tidigare koncessionsnämnden för miljöskydd. Mindre anläggningar prövas av en särskild enhet vid *länsstyrelsen* i det aktuella länet.

Tillståndsprocedur: Den som söker tillstånd måste först samråda med berörda intressenter och måste sedan lämna in en ansökan som beskriver den planerade verksamheten och som innehåller en utförlig *miljökonsekvensbeskrivning*. Ansökan kungörs offentligt och skickas ut på remiss. Handlingarna hålls tillgängliga för alla intresserade. Ansökan prövas vid en öppen förhandling. Efter en tid meddelas ett beslut som vanligen är ett tillstånd med preciserade villkor i form av bl a utsläppsgränser. Beslutet kan överklagas av berörda parter och även av större organisationer.

Kontrollprogram och tillsyn: Hur utsläppsvillkoren och andra villkor skall kontrolleras fastställs i ett kontrollprogram. Kontrollen görs av företaget självt eller av dess konsulter vilket ofta har kritiserats. Länsstyrelsen och andra miljömyndigheter har dock en skyldighet att utföra tillsyn. Avgifter uttas från respektive företag för provning och tillsyn.

Lagen om kemiska produkter (LKP): Först 1986 tillkom denna centrala produktinriktade lag. Den ger tillverkare och importörer en skyldighet att utreda och informera om en produkts innehåll och miljö- och hälsofarlighet. En förordning reglerar hur märkningen av kemiska produkter skall ske. Den skall innefatta produktens namn, riskupplysning, skyddsanvisning, innehållsuppgift samt namn och adress till tillverkare eller importör. En lagpassus som kan få stor betydelse är *produktvalsprincipen*. Den säger att kemiska produkter skall bytas ut om de kan ersättas med ofarligare produkter.

Lagarnas betydelse: Modernt produkttänkande på miljöområdet ansluter bättre till LKP än till ML. I praktiken har dock ML haft större betydelse än LKP. I de fall kemiska produkter har stoppats av lagar och myndigheter har det som regel varit fråga om en uppföljning av en utveckling som redan startats av andra krafter.

<p>NATURVÅRDSVERKET LÄNSSTYRELSENS MILJÖENHET KOMMUNENS MILJÖNÄMND</p>
--

Myndigheter

Kemikalieinspektionen (KemI): Denna centrala myndighet inrättades 1986 samtidigt som LKP kom. Den har det nationella myndighetsansvaret för bevakning av kemiska produkters miljö- och hälsopåverkan. Det senaste decenniet har EU tagit över alltmer. Systemet REACH för kontroll och testning av högvolykmkemikalier är en följd av detta.

Naturvårdsverket: Detta statliga verk i Solna har det centrala huvudansvaret för naturvård och miljöskydd. Det har ett tusental anställda. Naturvårdsverket ger ut ett stort antal rapporter och andra publikationer. Många av dessa utgör underlag för regeringen och för regionala och lokala miljömyndigheters arbete.

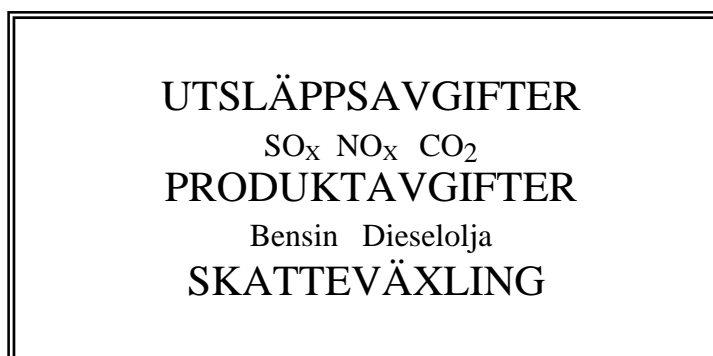
Länsstyrelsernas miljöenheter: Vid varje länsstyrelse finns en enhet som har ansvar för naturvård och miljöskydd i länet. Dubbelrollen som tillståndsmyndighet enligt ML och som tillsynsmyndighet kan vara svår. Tillsynsansvaret har dock till stora delar övertagits av kommunernas miljöansvariga nämnder.

Miljö- och hälsoskyddsnämnder: I varje kommun finns en politiskt tillsatt nämnd med ansvar för miljö- och hälsoskydd. Det praktiska arbetet utförs av en inför nämnden ansvarig *miljöförvaltning*. I mindre kommuner består den ofta av enstaka tjänstemän men i stora städer finns särskild kompetens i miljöskyddsfrågor.

Statens livsmedelsverk: I Uppsala ligger detta statliga verk med ansvar för alla livsmedel inklusive *dricksvatten* och därmed också för kontroll av föroreningar i dessa livsmedel.

Skogsstyrelsen: Det centrala ansvaret för skogliga frågor ligger på denna statliga myndighet i Jönköping. Regionalt hanteras skogsfrågor av *skogsvårdsstyrelser* ute i länen. Skogsbruket regleras av *skogsvårdslagen*.

Konsumentverket: Huvudansvaret för konsumentfrågor inklusive miljö- och hälsoaspekter på konsumentprodukter har detta statliga verk. I vissa kommuner finns *konsumentkontor* för konsumentupplysning.



Ekonomiska styrmedel

Olika slag av ekonomiska styrmedel kan vara effektiva miljöpolitiska verktyg. Miljöavgifter och miljömotiverade skatter har alltmer utretts och införts under de senaste decennierna.

Emissioner: Avgifter på *svavelutsläpp* relaterade till det lätt bestämbara svavelinnehållet i fossila bränslen infördes tidigt som en åtgärd mot svavelförsurningen. Senare har avgifter på utsläpp av *kväveoxider* från förbränningsanläggningar visat sig vara effektiva styrmedel. Avgifter på *koldioxid från fossila bränslen* har införts som en åtgärd mot växthuseffekten. Undantag har dock gjorts för elproduktion, och koldioxidavgifter är också en kontroversiell internationell fråga. Ett styrmedel för att minska trafikens emissioner är *trängselavgifter* som också jämnar ut trafikbelastningen. Under 2000-talets första år infördes *deponeringsavgifter* för avfall för att gynna bättre miljöanpassade behandlingsmetoder.

Produkter: Delvis miljömotiverade avgifter och skatter på produkter används särskilt för petroleumbränslen som bensin, dieselolja och eldningsolja. Differentierade avgifter för fordon och fordonsbränslen införs på basis av *miljöklassningar*. Inom jordbruket har avgifter använts för bekämpningsmedel och konstgödning. Återanvändning och återvinning kan främjas med *panter* som används särskilt för vissa dryckesförpackningar. Medlemskapet i EU har försvårat nationellt införande av miljömotiverade produktavgifter genom att sådana kan betraktas som handelshinder.

Naturresurser: Globalt sett är västvärldens höga naturresursförbrukning både orättvis och långsiktigt ohållbar. Samtidigt betraktas brist på avlönat arbete som ett problem. Begreppet *skatteväxling* har kommit att stå för minskade arbetsgivaravgifter och löneskatter parallellt med ökade avgifter och skatter på naturresursförbrukning och miljöförstöring. Detta förordas nu av alltfler även med hänvisning till att energisnål, resurssnål och miljöanpassad teknik rimligen har bra framtidsutsikter.



Företaget och omvärlden

Den accelererande miljöanpassningen av företagen och deras produkter med början under 1990-talet beror i hög grad på ett samspel med pådrivande krafter i omvärlden. Man kan se det som att lagar och myndigheter numera bara fastlägger minimikrav.

Miljöaktörer: Den enskilda människan påverkar genom att välja miljöanpassade produkter med hänsyn även till olika företags allmänna miljöprofil. Miljöorganisationer har haft stor betydelse för att driva på miljöanpassning av näringslivets företag och deras produkter. De två stora i Sverige, *Naturskyddsföreningen* och *Greenpeace*, har ofta gjort detta i samverkan med ledande företag.

Marknadsekonomi: I ett marknadsekonomiskt system är vinsten den främsta drivfjädern för företagen. Vinsten styrs i sin tur av kundernas köp av företagets produkter. Kunderna kan vara både enskilda människor, offentliga verksamheter och andra företag som alla ställer miljökrav. Det har blivit vanligt att företag ställer miljökrav på sina underleverantörer. Låneinstitut tar hänsyn till kundföretagens miljöprofil vid utformning av kreditvillkor. På liknande sätt tar *försäkringsbolag* hänsyn till miljörisker kopplade till företagets verksamhet. Miljöprofilen är viktig för företagets marknadsvärde och kapitalförsörjning via aktiebörser. Utvecklingen påskyndas av *miljöfonder* och rankinglistor över företag med bra miljöprofil.

Systemvillkor: Stiftelsen *Det Naturliga Steget* förankrade under 1990-talet framgångsrikt grundprinciper för miljöanpassad verksamhet inom det svenska näringslivet. De formuleras vanligen som fyra systemvillkor som här följer i förenklad form.

- ✓ Uttag av lagerresurser måste minimeras
- ✓ Spridning av naturfrämmande och andra miljöfarliga ämnen måste begränsas
- ✓ Den biologiska mångfalden och produktionsbasen måste bevaras
- ✓ En hållbar och globalt rättvis resursanvändning måste eftersträvas

<p>Miljöledning Miljömanagement</p> <p>Miljöcertifiering</p> <p>EMAS — ISO 14001</p>
--

Miljöcertifiering och Miljöledning

Under 1990-talet har miljöhänsyn för företag övergått från att vara påtvingade till att i stället bli konkurrensmedel och ibland överlevnadsfrågor. Miljöanpassning började med produkter men har främst efter 1995 fortsatt med företagens hela verksamheter. Miljöcertifiering har då starkt accelererat utvecklingen.

Miljöcertifieringssystem: Två alternativa system har använts för svensk miljöcertifiering. Det europeiska systemet betecknas *EMAS* som står för Eco Management and Audit System. Den internationella standardiseringsorganisationen har ett likartat system betecknat *ISO 14001*. Det motsvarar välkända ISO-system för kvalitetssäkring.

Certifiering: En miljöcertifiering inleds med en oftast konsultgenomförd heltäckande *miljöutredning* av företagets verksamhet. Företagsledningen utarbetar en *miljöpolicy* för företagets agerande och konkreta miljömål fastställs. Ett *miljöprogram* för uppnåendet av målen tas fram med specifikation av tidsplaner, resurser och ansvariga personer. Löpande *dokumentering av miljöarbetet* och av miljödata för processer och andra verksamhetsled krävs sedan. All väsentlig miljöinformation redovisas regelbundet i en skriftlig *offentlig miljöredovisning*. Med specificerade tidsintervaller på något eller några år skall *miljörevision* genomföras. Denna syftar till att upptäcka brister och att föreslå förändringar. Certifieringen ställer krav på *ständiga förbättringar* i företagets miljöarbete.

Miljöledning och Miljömanagement: Miljöcertifieringen utgör normalt kärnan i företagets organisatoriska *miljöledningssystem*. Övergripande hantering av miljöfrågor brukar särskilt inom näringslivet betecknas *miljömanagement*.

Plus och minus: För relationerna gentemot kunder, banker, försäkringsbolag, aktiemarknad och allmänhet kan miljöcertifiering fungera som en viktig kvalitetsstämpel. Inom företaget ger ett högklassigt miljöledningssystem ökade möjligheter att engagera den egna personalen i miljöarbetet vilket ofta är avgörande för att uppnå framsteg och undvika misstag. En nackdel med att företagen själva har kontroll över miljöstyrningen kan vara frestelser att framställa den egna verksamheten och de egna produkterna i osakligt positiv dager. Sådana övertramp kallas ibland grönmalning (greenwash).

Miljöcertifierat skogsbruk FSC	Ekologiskt lantbruk KRAV
--------------------------------------	--------------------------------

Miljöanpassat skogsbruk och lantbruk

Den svenska skogsnäringen har en nyckelroll för övergången till förnyelsebara råvaror för produkter, material och energiförsörjning. På motsvarande sätt har lantbruket en nyckelroll för bättre miljö- och hälsoanpassade livsmedel och andra jordbruksprodukter. Samtidigt är skogsbrukets och lantbrukets utveckling avgörande för biologisk mångfald i vår natur.

Skogsbrukets miljöcertifiering: Kundkraven på miljöanpassning har successivt vidgats från skogsindustrins massablekning och andra processer till att innefatta även hur skogsbruket. Miljöcertifiering startade under 1990-talet omvälvande förändringar. Den internationella organisationen *Forest Stewardship Council, FSC*, har lett utvecklingen. Dess ledning har representanter för bl a miljöorganisationer, skogsnäringar och köpare av skogsprodukter. Ett alternativt certifieringssystem är skogsägarnas *Pan European Forest Certification, PEFC*. Huvuddelen av den svenska skogen certifieras redan.

Certifieringskrav: Den svenska FSC-standarden ställer långtgående krav utöver baskraven i skogsvårdslagen, med sikte särskilt på ökad biologisk mångfald. Minst 5% av produktiv skogsmark skall undantas från skogsbruk för att få fram större arealer naturskog. Andelen lövskog skall ökas markant. Vid avverkning skall småbiotoper och gamla träd samt ett visst antal stormfasta träd undantas. Andelen kvarlämnad grov död ved skall ökas via bl a högstubbar och orörda vindfällen. Skogsdikning stoppas och viss hyggesbränning införs.

Ekologisk odling: Konsumenternas efterfrågan på *KRAV-märkta livsmedel* har varit en viktig drivkraft för övergång till ekologiskt lantbruk. Under 1990-talet ökade den ekologiskt odlade arealen allt snabbare från mindre än 1% till ca 10%. Vid sidan av friheten från bekämpningsmedel och konstgödning betyder kraven på hänsyn till djurens behov och stopp för genmodifierade organismer mycket för konsumenternas val. Den ekologiska odlingens krav på balans mellan växtodling och djurhållning gynnar också miljömässigt angelägna lokala kretslopp av näringsämnen via stallgödsel. Dessutom gynnas biologisk mångfald.

- | | |
|--|---------------------------------------|
| 1. <i>begränsad klimatpåverkan</i> | 9. <i>grundvatten av god kvalitet</i> |
| 2. <i>frisk luft</i> | 10. <i>hav i balans</i> |
| 3. <i>bara naturlig försurning</i> | 11. <i>myllrande våtmarker</i> |
| 4. <i>giftfri miljö</i> | 12. <i>levande skogar</i> |
| 5. <i>skyddande ozonskikt</i> | 13. <i>ett rikt odlingslandskap</i> |
| 6. <i>säker strålmiljö</i> | 14. <i>storslagen fjällmiljö</i> |
| 7. <i>ingen övergödning</i> | 15. <i>god bebyggd miljö</i> |
| 8. <i>levande sjöar och vattendrag</i> | |

Miljömål

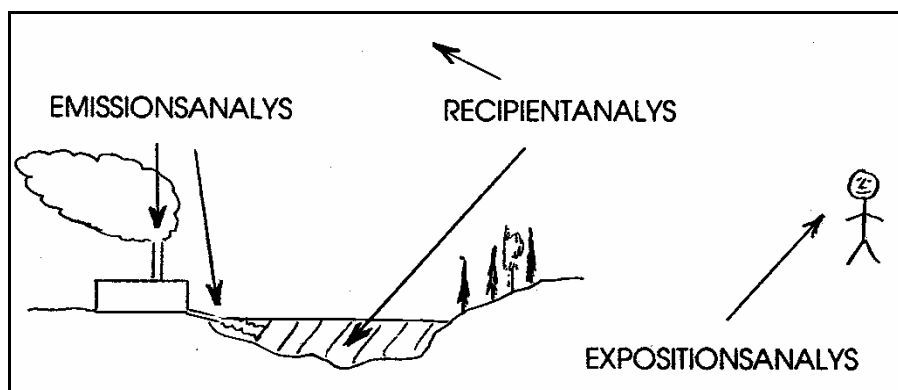
Ett betydelsefullt framåtriktat sätt att stärka miljöskyddet är att fastställa miljömål på kortare eller längre sikt.

Nationella miljömål: Riksdagen antog 1999 femton *miljökvalitetsmål* enligt ovan. Syftet är formellt att uppnå en ekologiskt hållbar miljö för nästa generation inom 20-30 år. Miljömålen beskrivs med ord som kan kännas positiva, entusiasmerande och lättförstådda för alla. Under vart och ett av de femton målen formuleras ett antal delmål som är mer preciserade. Målen syftar till att få alla att dra i rätt riktning. Särskild betydelse har de för att styra inriktningen av den statliga miljöadministrationen med Naturvårdsverk och länsstyrelsernas miljöenheter. Regelbundna utvärderingar görs av hur långt målen har uppfyllts.

Giftfri miljö och biologisk mångfald: Flera av de femton miljömålen kan inordnas under giftfri miljö som på flera sätt blir ett övergripande mål. Den närmare utformningen av detta mål framgår av rutan på föregående sida. Några av målen är inriktade på naturmiljöer. För dessa kan biologisk mångfald sägas vara ett övergripande mål.

Agenda 21: Internationella mål och miljökonventioner utarbetas inom FN:s miljöprogram. Välkända konventioner finns för växthusgaser, ozonskikt och Östersjön. En miljökonferens i Rio 1992 antog Agenda 21 som handlingsprogram för tjugonde århundradet. Begreppet "sustainable development" etablerades. Viktiga grundprinciper är "Polluter Pays Principle" och försiktighetsprincipen. I Sverige har lokalt arbete med Agenda 21 bedrivits främst inom kommunerna.

MILJÖANALYTISK KEMI



Miljövetenskapligt basarbete

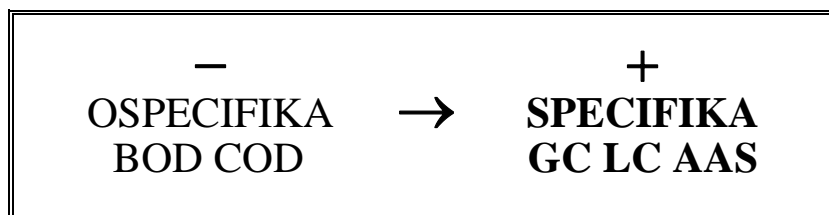
Konkret miljövårdsarbete innefattar ofta av mätningar av miljöfarliga ämnen i olika medier. Kemiskt inriktad mätteknisk kompetens behövs därför för tillämpade miljöinsatser.

Emissionsmätning: Olika slags mätningar av det som släpps ut genom skorstenar, avgasrör och avloppsledningar kallas vanligen emissionsmätningar. Koncentrationerna är ofta höga, men reaktiva komponenter kan ge analystekniska svårigheter. Emissionsmätningar av olika slag föreskrivs ofta i koncessionsvilkorens kontrollprogram.

Recipientmätning: Mätningar i det medium som får ta emot föroreningar från olika källor betecknas recipientmätningar eller *immissionsmätningar*. Oftast används begreppen för mätningar i luft och vatten. Låga halter innebär ofta analystekniska utmaningar. En stor del av den kemiskt inriktade miljövetenskapliga litteraturen utgår från recipientmätningar.

Expositions-mätning: Mätningar av vad någon eller något verkligen utsätts (exponeras) för betecknas expositions-mätningar. Begreppet används särskilt ofta om föroreningar i den luft som människor inandas. För expositions-mätningar används ofta en provtagningsutrustning som följer mottagaren. *Dosmätningar* används som beteckning för bestämningar av upptagen föroreningsmängd.

Produktkontroll: Mätningar av kemprodukters sammansättning och av föroreningar i och från kemprodukter har länge varit ett viktigt led i teknisk produktkontroll. När produkten nu hamnat i fokus för miljöintresset blir sådana mätningar från miljösynpunkt allt viktigare.



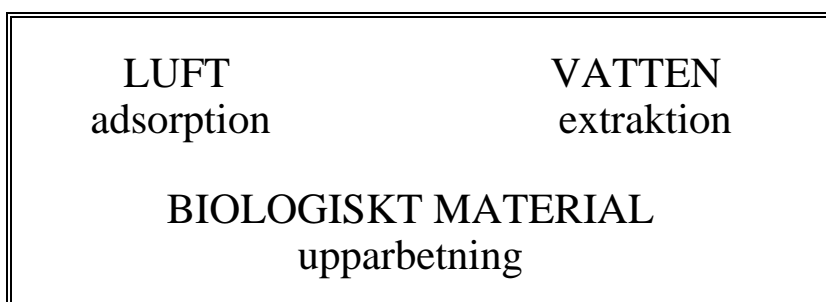
Mätmetoder

Som regel är det viktigt att använda mätmetoder som är specifika, d v s som ger resultat för varje ämne för sig. Detta beror på att varje enskilt ämne har olika miljö- och hälsofarlighet. Ofta är det också värdefullt om mätmetoden är kontinuerlig så att tidsvariationer av t ex föroreningshalter kan mätas enkelt. Kontinuerliga mätmetoder klarar dock oftast få ämnen.

Specifika mätmetoder: För komplexa blandningar är oftast *kromatografiska analysmetoder* överlägsna. De separerar ämnen genom att de fördelas olika mellan en *rörlig fas* och en *stationär fas*. *Vätskekromatografi* (LC, liquid chromatography) med vätskeformig rörlig fas är en fördelaktig metod för polära ämnen med relativt hög molekylvikt. *Gaskromatografi* (GC, gas chromatography) separerar ämnen som får passera genom kapillärkolonner eller packade kolonner med lämplig stationär fas och med en bärgas som rörligt medium. Denna teknik lämpar sig väl för de flesta kemiska ämnen som kan överföras till gasfas. *Atomabsorptionsspektroskopi* (AAS, atomic absorption spectroscopy) är en sedan länge använd metod för bestämning av metaller i miljösammanhang.

Kontinuerliga mätmetoder: För såväl luft som vatten finns en mångfald metoder som kontinuerligt kan registrera olika fysikaliska parametrar. I luft mäts ofta enkla oorganiska ämnen som CO, NO₂ och O₃ kontinuerligt. Differentiell optisk absorptionsspektrometri, *DOAS*, är en av få metoder som kontinuerligt kan mäta halter av flera enskilda ämnen. Detta sker genom registrering av dessa ämnens våglängdsspecifika ljusabsorption i luft över en vald mätsträcka. Kombinerad användning av specifika och kontinuerliga mätmetoder kan ge stora fördelar om föroreningsmixen har en relativt konstant sammansättning.

Ospecifika mätmetoder: Ett klassiskt mått på mängden biologiskt nedbrytbart material i vatten är mikrobiell *biologisk syreförbrukning* (BOD, biological oxygen demand) under ett visst antal dagar. *Kemisk syreförbrukning* (COD, chemical oxygen demand) är ett vanligt mått på syreförbrukningen vid kemisk oxidation. Särskilt BOD men även COD kan bli vilseledande genom att de är ospecifika och inte ger utslag för svårnedbrytbara respektive oxidationströga miljöfarliga ämnen. En något säkrare metod bygger på starkare och därmed mer fullständig oxidation av *totalt organiskt kol* (TOC, total organic carbon).



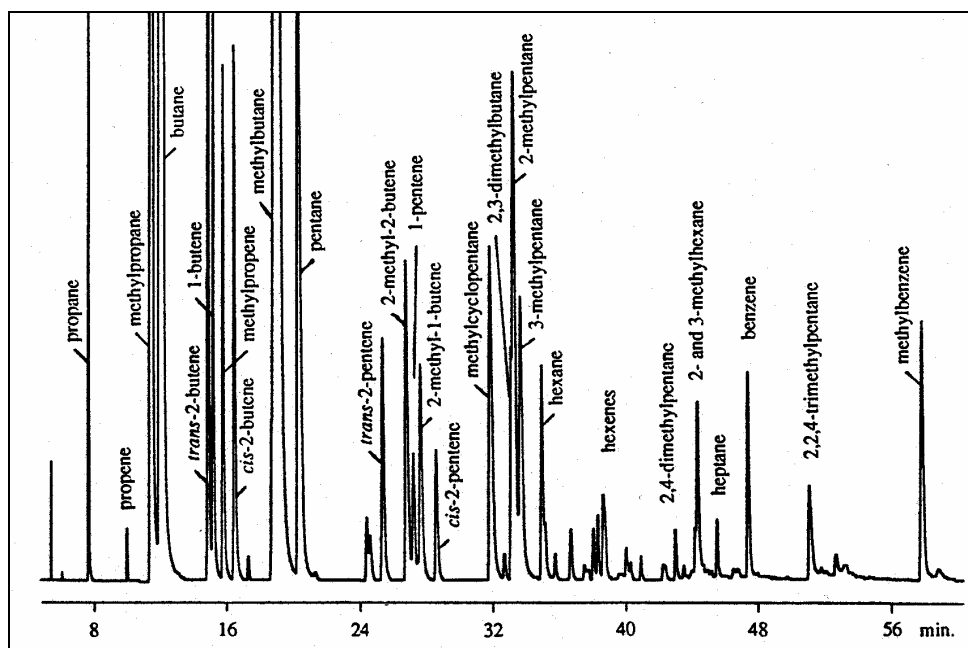
Ämnen i olika medier

Den egentliga miljömätningen föregås ofta av en provtagning och en upparbetning av provet med stor betydelse för slutresultatet. Detta gäller i hög grad vid samtidig analys av många ämnen med de vanliga metoderna GC eller LC.

Luft: Provtagning av gasformiga ämnen i luft sker ofta genom att luft pumpas genom ett provtagningsrör fyllt med ett eller flera adsorbentmaterial som tar upp föroreningar ur luften. På laboratoriet frigörs ämnena vid förhöjd temperatur och analyseras med gaskromatografi. Anrikningen på adsorbenttröret medför att låga halter kan bestämmas. Metodiken bygger på analyssekvensen *adsorbentprovtagning - termisk desorption - gaskromatografi*. Tekniken passar för de kolväten och andra flyktiga ämnen med upp till ca 15 kolatomer som utgör dominerande gasformiga luftföroreningar. Ofta mäts endast totalmängden flyktiga organiska ämnen (VOC, volatile organic compounds). Detta blir i många fall vilseledande eftersom de enskilda komponenterna har mycket varierande miljöfarlighet.

Vatten: Vattenföroreningar är som regel avsevärt mindre polära än vatten. Provtagning sker därför ofta genom extraktion med ett opolärt lösningsmedel, varvid man samtidigt kan få en kraftig anrikning av föroreningarna. En annan vanlig metod är att flyktiga föroreningar drivas av till luft och anrikas på ett adsorbenttrör. I båda fallen kan den slutliga analysen ske med gaskromatografi.

Biologiskt material: Anrikning och upparbetning av föroreningar från biologiskt material sker ofta i flera steg med användning av väl valda extraktioner och gruppseparationer för olika ämnesgrupper. Såväl LC som GC är vanliga analytiska slutsteg, och valet beror oftast på vilken ämnesgrupp som analyseras. Studier av föroreningar i levande människor görs ofta via analyser av blod och urin. Vissa ämnen kan analyseras i utandningsluft och med hänsyn till spädbarn studeras ibland bröstmjök.



Gaskromatografi och GC-MS

Figuren illustrerar det principiella utseendet för ett *gaskromatogram* som är det primära resultatet av en gaskromatografisk analys. Exemplet visar kolväten från ett prov taget med adsorbenttrör på luft förorenad av bensinångor. Kolvätenas namn har angivits på engelska.

Separation: Under passagen genom kolonnen separeras de enskilda ämnena från varandra och detekteras som toppar med ett för varje ämne karakteristiskt läge i kromatogrammet. Ju högre molekylvikten är, desto längre hålls vanligen ämnena kvar i kolonnen. Olika kolonner separerar ämnena i en för respektive stationär fas specifik ordning.

Detektering: Den vanliga flamjonisationsdetektorn (FID, flame ionization detector), ger utslag för alla ämnen som innehåller kol. Topparean är proportionell mot mängden, och alla kolväten ger ungefär lika stor area per viktenhet, vilket underlättar mängdbestämning. En mer specifik detektor är elektroninfångningsdetektorn (ECD, electron capture detector) som har hög känslighet för de miljömässigt ofta viktiga klorföreningarna.

Masspektrometri: I en masspektrometer bildas, separeras och registreras en för varje ämnes molekyl karakteristisk mix av positiva joner med olika masstal. Masspektrometern är därför en mycket specifik metod för identifiering av ämnen. Den kan kopplas till en gaskromatograf så att masspektra registreras för varje ämne som kommer ut från kolonnen. Kombinationen (GC-MS) är dyr men svåröverträffad för identifiering av kemiska ämnen i små mängder och komplicerade blandningar.