

Vår miljö 1930–2030

Den oklippta versionen

RICHARD ALMGREN

SEPTEMBER 2009



SVENSKT NÄRINGSLIV
CONFEDERATION OF SWEDISH ENTERPRISE



Förord

Blir miljön bättre eller sämre? Det är säkert en fråga som vi ställt oss litet till mans efter alla motsägelsefulla rapporter på senare år. Hela svaret kommer inte att kunna levereras i denna rapport. Däremot får läsaren en kortfattad översikt av sex viktiga miljöområden. Svaret är nämligen rätt komplicerat, eftersom den svenska miljön i stor utsträckning påverkas av verksamheter i andra länder. Fokus för denna rapport är de svenska bidragen till miljöpåverkan. Och då är svaret entydigt: Det blir bättre!

Syftet med denna rapport är att ge dig perspektiv på miljöfrågorna. Rapporten kan också ses som ett inlägg i argumentationen för nödvändiga internationella lösningar. Utvecklingen redovisas under ett hundraårsperspektiv, 1930-2030. De innebär att redovisningen börjar redan före andra världskriget och slutar först några decennier framåt.

De diagram som redovisas för de berörda åren baseras huvudsakligen på en sedvanlig litteraturnomgång. Praktiskt taget alla uppgifter baseras på tidigare publicerade data. I några få fall har det varit nödvändigt att komplettera beräkningarna för att bilden skall bli fullständig. Underlaget för alla beräkningar redovisas.

Från Svenskt Näringslivs sida hoppas vi att resultaten i denna rapport kan bidra till en konstruktiv diskussion kring hur morgondagens miljöpolitik bör utformas. Hitintills har miljöpolitiken i stor utsträckning fokuserat på nationella åtgärder. Med kunskap om positiva resultat av vidtagna åtgärder och med insikt om miljöfrågornas gränsöverskridande karaktär samt vårt beroende av vår omvärld befinner sig Sverige i ett nytt läge. En tydlig slutsats i rapporten är: För att nå framgång i miljöpolitiken krävs internationella lösningar.

Rapporten har utarbetats av Richard Almgren, Green Business AB på uppdrag av Svenskt Näringsliv. Som avslutning till varje kapitel och i en avslutande kommentar finns några personliga kommentarer från författaren. Richard Almgren är civilingenjör och verksam som konsult och VD i Green Business AB. Han har lång erfarenhet av de frågor som berörs och svarar själv för de bedömningar som görs i rapporten.

Stockholm i september 2009

Inger Strömdahl

Ansvarig för Miljöpolices
Svenskt Näringsliv
inger.stromdahl@svensktnaringsliv.se

Sammanfattning

Denna rapport, "Vår miljö 1930–2030 – den oklippta versionen", sammanfattar kort utvecklingen av faktorer som påverkar miljön i Sverige under en lång tidsperiod. Det är självfallet så att utvecklingen framåt är mest intressant. Det är ju de framtida utsläppen som vi idag kan påverka med olika åtgärder. Samtidigt är det inte ointressant att både få en tillbakablick med de möjligheter till perspektiv på frågorna som detta ger för en framtidsbedömning.

De miljöfrågor som belyses är genomgående av karaktären storskaliga skeenden i naturen, nämligen:

- Klimatförändringar (utsläpp av klimatgaser, GHG)
- Uttunnning av ozonskiktet (användning av CFC, haloner)
- Försurning av mark och vatten (spridning av sura gaser)
- Påfrestningar på stadsmiljön (marknära ozon, lokala hälsoeffekter, "smuts")
- Förorening av sjöar och hav (övergödning, "smuts")
- Utarmning av växter och djur (spridning av svärnedbrytbara organiska ämnen, metaller)

En fråga som rapporten försöker besvara är om utvecklingen i miljön blir bättre eller sämre. Svaret på frågan är att det blir både bättre och sämre. Bättre i vissa avseenden och sämre i andra. Om vi begränsar frågan till på vilket sätt de svenska bidragen påverkar utvecklingen i miljön är svaret entydigt i alla avseenden: Det blir bättre!

Fokus i rapporten har varit de svenska bidragen till förorening av miljön. Dessa har minskat med åtminstone hälften i stort sett i alla avseenden. Till en del kan stora förbättringar räknas hem. Det gäller utvecklingen av ozonskiktet på hög höjd, där den stora mängden kemiska produkter som bedömdes vara orsak till påverkan helt enkelt inte tillverkas längre. De första positiva signalerna på att ozonskiktet börjar läkas rapporteras från dem som mäter. Det gäller försurningen av mark och vatten, där stora utsläppsminskningar i både Sverige och i grannländerna givit positiva effekter i miljön. Försurningen har dämpats kraftigt. Det gäller också flera av de miljöproblematiske metallerna och sk persistenta ämnena (DDT, PCB etc), där spridningen i miljön av de ämnen som redovisas i denna rapport nu är en liten bråkdel av vad de var när effekterna i miljön upptäcktes. I några avseenden har de svenska bidragen till den negativa utvecklingen i miljön som dessa ämnen förorsakar minskat med över 99 procent. Det bör dock understrykas att rapporten bara behandlar några av de mest framträdande ämnena och problemområdena. Det kan finnas processer och produkter med oönskade egenskaper som ännu inte identifierats.

Miljöfrågorna är generellt sett globala och gränsöverskridande medan dessa primärt behandlas genom nationella regelverk. För att miljön skall förbättras gäller det att den internationella samverkan kan stärkas. För att förbättra miljön i Sverige måste därför alla ansträngningar fokusera på det internationella samarbetet. Det är nästan bara genom en stark internationell samordnad aktion som miljön i Sverige kan bli bättre.

För insatserna på miljöområdet framöver lämnas tre rekommendationer:

- Prioritera det internationella samarbetet.
- Se över sammansättningen av de svenska styrmedlen med hänsyn till den förändrade miljöagendan.
- Underlätta för företag att på frivillig väg införa miljöledningssystem, eftersom dessa möjliggör en bättre prioritering av nödvändiga insatser framöver.

Innehåll

Förord.	1
Sammanfattning	2
Sex pågående förändringar i miljön	4
Förändrat klimat	9
Uttunning av ozonskiktet.	16
Försurning av mark och vatten	19
Påfrestningar på stadsmiljön	23
Förorening av sjöar och hav	28
Utarmning av växter och djur	33
Slutord	47
Referenser	53
Bilaga	61

Sex pågående förändringar i miljön

”Vår miljö 1930–2030 – den oklippta versionen” sammanfattar kort utvecklingen av föroreningen av Sverige under en lång tidsperiod. Erfarenheten visar nämligen att det ofta tar en-två generationer från det att ett miljöproblem etableras tills det faktiskt upptäcks och en-två generationer att komma till rätta med den upptäckta frågan. Anledningen till de långa ledtiderna när det gäller upptäckt är att problemet ofta uppträder på ett område där vi inte letar. Det tog exempelvis lång tid innan försurningen av mark och vatten upptäcktes, trots att mätningar länge visat en försurande trend. Ett annat exempel är ”ozonhålet” som upptäcktes först sedan det klargjorts att uppmätta förändringar inte var resultatet av mätfel. Ett tredje exempel är klimatförändringarna som länge kunnat observeras men där mekanismerna bakom orsakerna inte kunnat säkerställas. Det är först på senare år som sambanden mellan orsak och verkan tydliggjorts.

På liknande sätt kräver åtgärderna också lång tid, en-två generationer, eftersom det ofta är fråga om att på bred front ersätta befintlig teknik med nya tekniska lösningar. Tidpunkten omkring 1970 är särskilt intressant. Som rapporten visar sker många trendbrott i utvecklingen just vid denna tidpunkt, eftersom det var just då den moderna miljöpolitiken initierades. Svensk industri genomgick samtidigt från denna tidpunkt en omfattande strukturomvandling. Oljekriser följdes av oljeersättning. Rapporten omfattar därför en tidsperiod om en-två generationer före och efter 1970. Framtidsbedömningarna baseras på de mål för respektive fråga som var aktuell vid tidpunkten för denna rapport.

Det är självfallet så att utvecklingen framåt är mest intressant. Det är ju de framtida utsläppen som det idag är möjligt att påverka med olika åtgärder. Samtidigt är det inte ointressant att också få en tillbakablick med de möjligheter till perspektiv på frågorna som detta ger. Det var ju med de stora utsläppen i slutet av 1960- och början av 1970-talet som myndighetsapparaten och de olika styrmedlen etablerades.

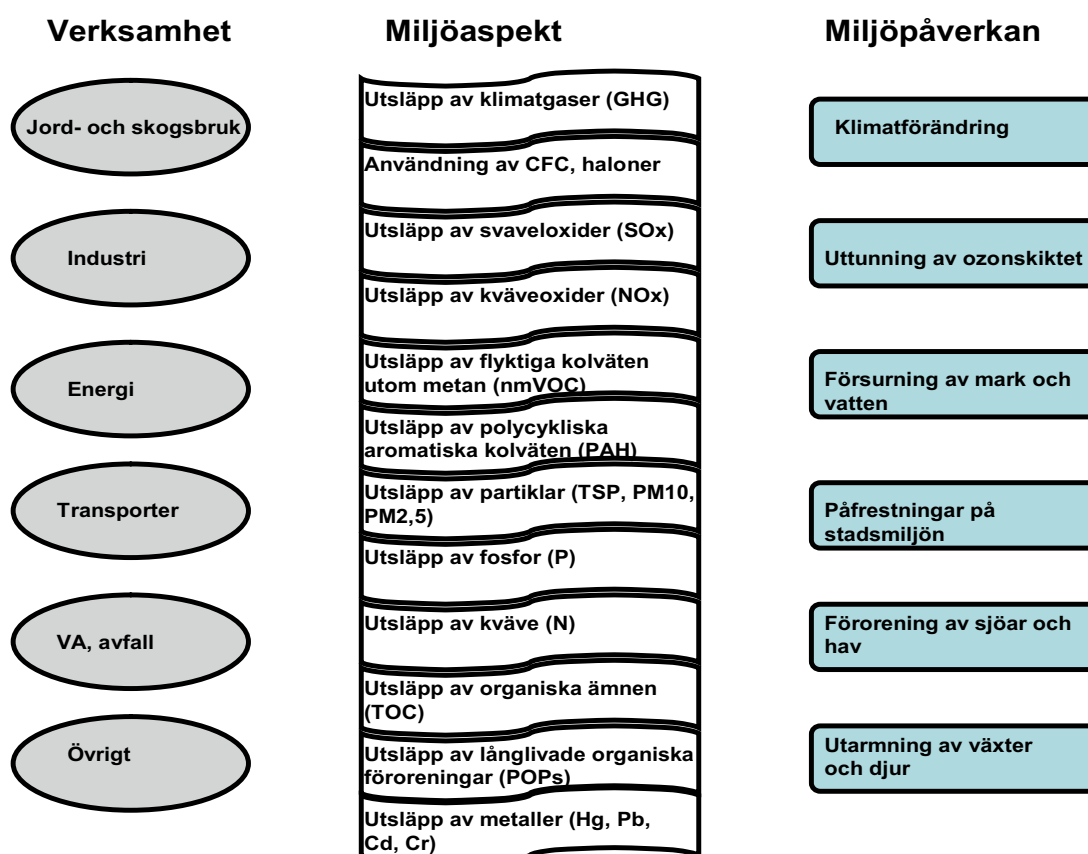
Miljöfrågorna som denna rapport belyser är genomgående av karaktären storskaliga skeenden i naturen. För varje fråga belyser någon eller några mätbara indikatorer orsakerna genom miljöaspekterna till de nämnda frågorna. I några avseenden belyses också miljöpåverkan av dessa miljöaspekter. Det är de långa mätserierna som kan skapa en förståelse för de långsiktiga trenderna. Följande frågor belyses:

- Klimatförändringar (utsläpp av klimatgaser, GHG)
- Uttunning av ozonskiktet (användning av CFC, haloner)
- Försurning av mark och vatten (spridning av sura gaser)
- Påfrestningar på stadsmiljön (marknära ozon, lokala hälsoeffekter, ”smuts”)
- Förorening av sjöar och hav (övergödning, ”smuts”)
- Utarmning av växter och djur (spridning av svårnedbrytbara organiska ämnen, metaller)

De nämnda frågorna är inte tydligt avgränsade utan överlappar delvis varandra (Figur 1). I figuren redovisas de sektorer i samhället som förorsakar denna miljöpåverkan, de miljöaspekter (orsak till miljöpåverkan) som redovisas i rapporten, liksom den miljöpåverkan som dessa miljöaspekter ger upphov till. Mellan nämnda huvudgrupper (Verksamhet – miljöaspekt – miljöpåverkan) finns åtskilliga samband. Det bör betonas att de nu redovisade miljöfrågorna sammantaget inte täcker hela spektrat av miljöfrågor. Däremot kan läsaren utgå ifrån att rapporten med nuvarande kunskaper har fångat in de viktigaste. Det är också de områden som nämns i serien av internationella miljöledningsstandarder i ISO14000-serien (ISO 14047:2003), om än med delvis andra benämningar.

Var och en av de nämnda frågorna presenteras efter samma struktur:

- Problemet, vilket är problemet.
- Orsakerna, vilka är orsakerna till det uppkomna problemet.
- Åtgärder, vilka åtgärder har vidtagits för att komma till rätta med problemet inklusive illustrerande diagram.
- Miljöpolitikens krav, vilka krav ställer den statliga miljöpolitiken på aktörerna.
- Responsen, naturens svar på vidtagna åtgärder inklusive illustrerande diagram.
- Kommentarer till om den avsedda effekten uppnåtts av gjorda insatser och om det krävs mer eller andra insatser.



Figur 1: Samband mellan verksamheter, miljöaspekter och miljöpåverkan

I rapporten levereras en hel del siffror och diagram för att illustrera utvecklingen i miljön under ett hundraårsperspektiv. Någon samlad redovisning av miljödata i detta långa perspektiv finns inte. Denna rapport är ett försök att skapa en sådan. Det bör framhållas att datakvaliteten för en sådan beskrivning delvis är bristfällig. Uppgifterna efter 1990 vilar i regel på säker grund. Uppgifterna för åren 1970-1990 är också relativt säkra medan uppgifterna dessförinnan är mer osäkra. Det är genomgående fråga om beräkningar i efterhand med generella utsläppsfaktorer som grund. Endast i några få fall baseras diagrammen på faktiska mätningar på berörda utsläppskällor. För syftet med denna rapport, att belysa de storskaliga skeendena, bör datakvaliteten vara tillfyllest.

Diagrammen i denna rapport bygger väsentligen på uppgifter som tidigare publicerats. Sifferuppgifterna för de utsläpp som redovisas har under årens lopp beräknats av olika parter, forskare, konsulter, myndigheter m fl, med olika beräkningsmodeller. Någon bedömning av dessa modeller har inte utförts i rapporten. Arbetsmetoden i denna rapport har istället varit att så långt som möjligt jämföra resultaten av beräkningar från olika parter för att därigenom säkerställa att de redovisade resultaten är rimligt nära verkligheten. Genomgående bygger diagrammen på uppgifter som pusslats hop från olika källor. Dessvärre skiftar tillförlitligheten i tidigare sammanställningar och det har därför varit nödvändigt att tillämpa en tydlig prioriteringsgrund för urvalet av data. I många fall finns det 4-5 olika uppgifter från samma informationskälla för ett och samma utsläpp. I några fall är det också stor variation i uppgifterna. De flesta uppgifterna härrör från Naturvårdsverkets publikationer eller andra skrifter från statliga organ. Vid val av källa för redovisningen har följande prioritering gjorts:

- Närhet till den primära källan för uppgiften.
- Närhet i tiden mellan beräkning och faktisk uppgift.

I några fall, när det uppstått ett hål i en sifferserie, har en schablonmässig bedömning gjorts av någon eller några sifferuppgifter. I sådana fall har bedömningen grundats på utvecklingen när det gäller produktion, befolkning, bränsleanvändning e d. Vilka uppgifter som använts framgår kort av diagrammen. I referensförteckningen finns källorna angivna. Där finns också referenser angivna som använts som kontroll av uppgifterna men som inte varit den primära uppgiften för utformningen av diagrammen.

Som nämnts inledningsvis är datakvaliteten för beskrivning av miljöutvecklingen i ett hundraårsperspektiv delvis bristfällig. Det gäller särskilt i början av perioden, liksom de framtida bedömningarna. Historisk statistik är ingen exakt vetenskap, inte heller statistik om framtiden. Diagrammen bör därför inte "läsas med lupp" utan ses som översiktliga beskrivningar av utvecklingen.

Urvalet av indikatorer för att illustrera utvecklingen av de sex områdena har gjorts utifrån vad som regleras i olika internationella regelverk, nämligen Kyoto-prokollet (växthusgaser), Montreal-protokollet (CFCs) och IPPC-direktivet i EUs regelverk (Tabell 1). I några fall saknas uppgifter för att redovisa utsläppsutvecklingen under en så pass lång tidsperiod som vi har valt. I allt väsentligt täcker indikatorerna de sex områdena på ett tillfredsställande sätt. Rapporten täcker 25 av totalt 32 indikatorer för de sex områdena.

Intet är nytt under solen. Redovisningen skulle faktiskt kunna omfatta ett mycket längre tidsperspektiv än den nu använda hundraårsperioden. Miljöfrågorna har varit uppmärksammade under lång tid. Ett exempel på detta är ett tal av Nils Dalberg i samband med att han avgick som preses för Kungl Vetenskapsakademien den 28 juli 1784. Han pekade på påverkan av kvicksilver och bly på människans hälsa. Men han utvidgade också diskussionen till effekterna i miljön i stort. Akademiens sekreterare tillbakavisade Dalbergs farhågor med att hänvisa till naturens förmåga att ta hand om föroreningar på naturlig väg. Det är ju det synsättet som dominerat under lång tid (Figur 2).

Tabell 1 Urval av indikatorer

Miljöpåverkan	Indikatorer enligt internationella regelverk			Indikatorer i
Indikator för tillhörande miljöaspekt	Kyoto-protokollet	Montreal- protokollet	IPPC-direktivet	denna rapport
Förändrat klimat				
Växthusgaser (GHG), exkl metan och lustgas	+			+
Uttunning av ozonskiktet				
Ozonpåverkande "freoner"		+		+
Försurning av mark och vatten				
Sura gaser (SOx)			+	+
Sura gaser (NOx)			+	+
Påfrestningar på stadsmiljön				
Partiklar (stoft)			+	+
Asbest			+	..
Cyanider			+	..
Ohälsosamma ämnen (nmVOC)			+	+
Ohälsosamma ämnen (CO)			+	+
Ohälsosamma ämnen (PAH)			+	+
Förorening av sjöar och hav				
Organiska ämnen (TOC)			+	+
Synliga ämnen (suspenderade ämnen)			+	+
Närsalter (fosfor, P)			+	+
Närsalter (kväve, N)			+	+
Utarmning av växter och djur				
POPs				
Klororganiska föreningar (AOX)			+	+
Tennorganiska föreningar			+	..
Fosfororganiska föreningar			+	..
Bekämpningsmedel			+	+
DDT			+	+
PCB			+	+
Dioxin			+	+
Klor				..
Fluor				..
Cyanider				..
Metaller				
Kvicksilver (Hg)			+	+
Bly (Pb)			+	+
Kadmium (Cd)			+	+
Krom (Cr)			+	+
Koppar (Cu)			+	+
Arsenik (As)			+	+
Zink (Zn)			+	+
Nickel (Ni)			+	+

Om Quickfilfrets benågenhet at blanda sig med luften och åstadkomma sjukdomar, lär ingen vara okunnig. De som mycket handtera denna metallen, antingen med eller utan eldens tillhjälp, få darrningar eller lamhet i lemmarna, blek ansiktes färg, andtåppa, tandlöshet med flera olägenheter. Icke mindre farligt är Blyet för dem som dermed mycket umgås. Det bringes genom elden snart i rök, och kan således lätt komma in uti lungorna och äfven nedtvåljas i magen. Blekhet, andtåppa, lamhet, förstoppelse och en grufvelig mag-plåga, som ofta derpå följa, vittna öfverflödigt om denna metallens skadeliga verkan, och de många behof man har af blyet, gifva nogsamit tillkännan, huru mycket det kan bidra till att göra luften i städerna ohälsosam.

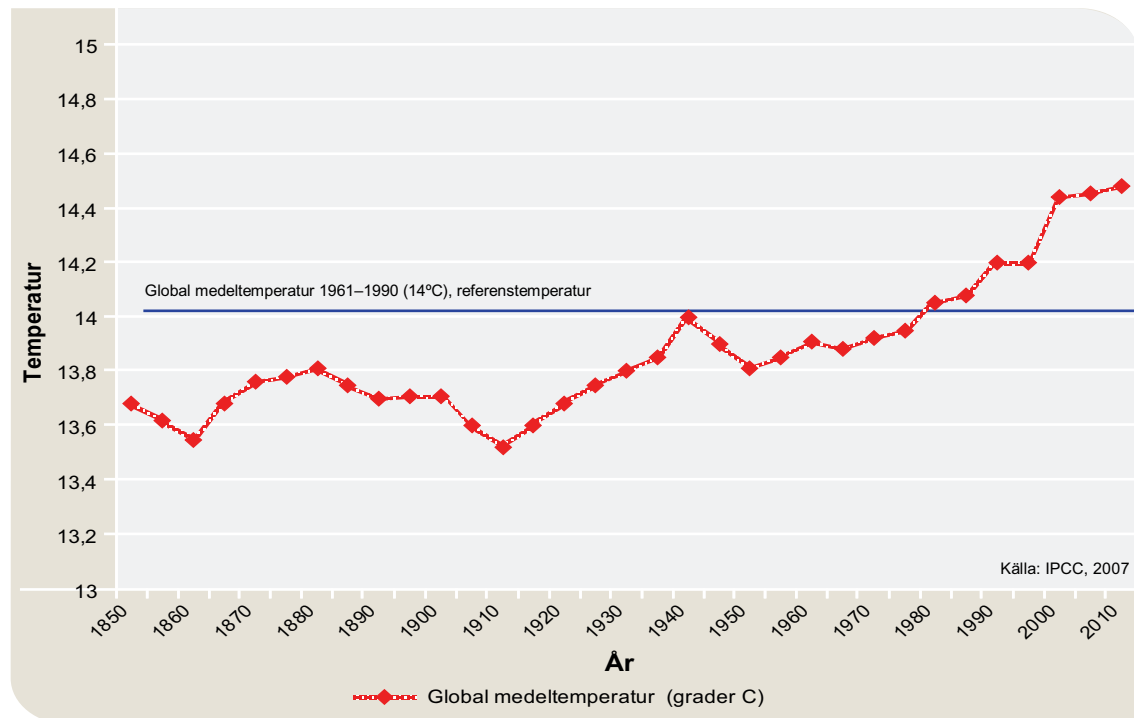
Det kan icke vara obekant, at gyttjefulle och grunda stränder gifva ifrån sig mycket ohälsosamma ångor: vi frukte icke dess mindre få litet någon elak verkan deraf, at man dageligen ser, huru sopor och annan orenlighet störtas uti åtskilliga vikar, samt förorsaka en odrägelig stank. Är affiggen at fylla igen samma vatten och deraf göra fast land, borde andra ämnen dertil nyttjas än städerna, som äro underkastade förrutnelse, och länge quarhålla den fuktighet de insupit.

Figur 2: Utdrag ur tal om luftens beskaffenhet av stora och folkrika städer av Nils Dalberg den 28 juli 1784

FÖRÄNDRAT KLIMAT

Problemet

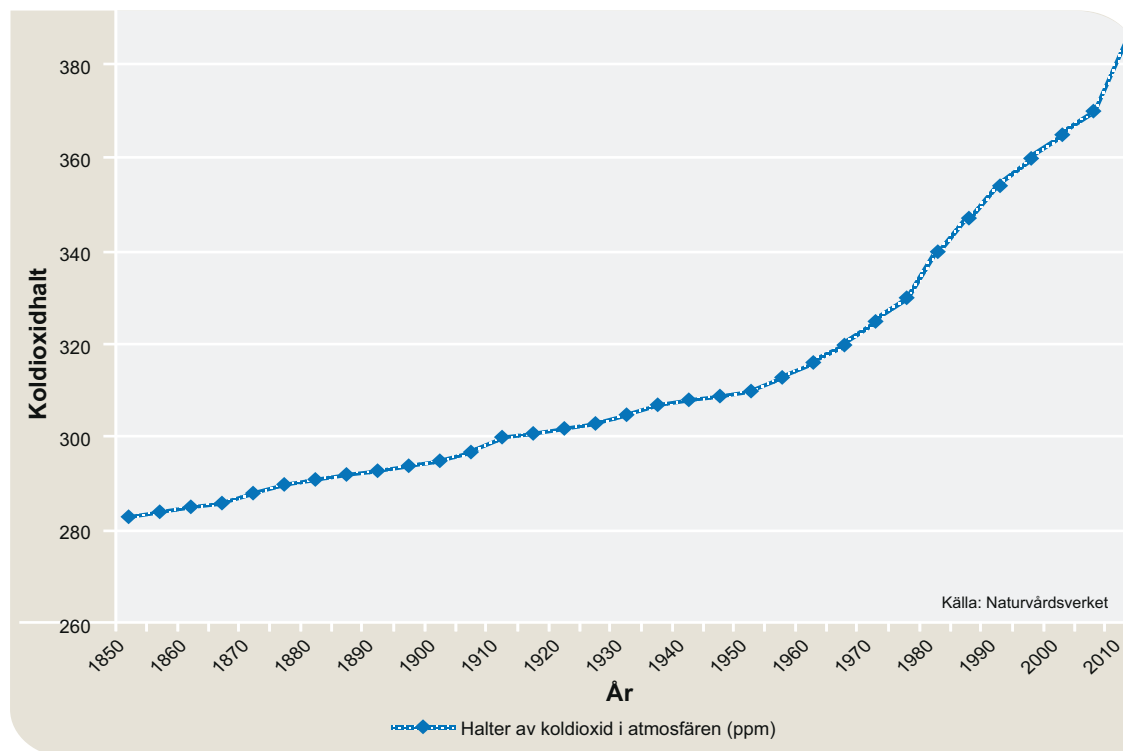
Klimatet förändras i snabb takt. Genomsnittstemperaturen på jordklotet har ökat med 0,74 grader på 100 år. I Sverige har genomsnittstemperaturen ökat ännu mer. Det går att mäta med hög tillförlitlighet (Figur 3).



Figur 3: Global medeltemperatur på jordytan 1850-2010

Halterna av de växthusgaser, GHG (efter engelskans Green House Gases, dvs koldioxid, dikväveoxid-”lustgas”, metan, F-gaser och vattenånga) i atmosfären har likaledes ökat med drygt 30 procent under samma period. Det går också att mäta med hög tillförlitlighet (Figur 4).

Den internationella klimatpanelen, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), har i sin fjärde rapport 2007 (IPCC, 2007) sammanställt nuvarande kunskapsläge när det gäller klimatförändringar. Tusentals forskare har bidragit till denna rapport. Det är otvetydigt, säger IPCC, att klimatförändring pågår. Elva av tolv år (1995-2006) var den varmaste 12-årsperioden sedan mätningar av den globala yttemperaturen påbörjades år 1850. Havsytan har höjts med 1 dm på en 50-årsperiod som följd av smältande isar och varmare hav. Det går att mäta med hög tillförlitlighet. De arktiska havsisarna minskar i omfång. Det har forskarna kunnat observera genom satellitbilder (sedan 1978). På Antarktis är ismältningen inte lika alarmerande, då isarna där vilar på fast mark och därigenom inte smälter lika fort. Under de senaste 100 åren har nederbörden ökat i betydande grad i bl a norra Europa. Det är mycket sannolikt, säger vidare IPCC, att extrema vädersituationer har ökat med fler mycket kalla respektive mycket varma dagar. Intensiteten i tropiska stormar över Nordatlanten har ökat. Det finns risk för, hävdar IPCC, att en lång rad växter och djur kommer att få stora svårigheter att anpassa sig till den nya klimatsituationen med följd att utrotningen av arter förväntas öka. En svensk uppföljningsrapport till IPCC bekräftar slutsatserna (Rummukainen och Källén, 2009).



Figur 4: Halter av koldioxid atmosfären 1850–2010

Orsaker

Energianvändning genom förbränning av fossila bränslen (kol, olja, naturgas) anses vara huvudkällan till utsläpp av GHG. Den industriella revolutionen i England baserades till stor del på just energianvändning genom förbränning av kol. Energiförsörjningen i världen idag baseras till övervägande del (ca 80 procent) på förbränning av fossila bränslen. Till skillnad från många andra länder bygger den svenska energiförsörjningen väsentligen på icke-fossila källor (vattenkraft, kärnkraft, biobränslen). Skälet till de fossila bränslenas dominans i världen är enkelt. Kol, olja och naturgas har den gemensamma egenskapen att de är energirika. De har därför fått många tillämpningar i samhället. Transportsystemet på jorden är exempelvis helt beroende av fossila bränslen. Det problem vi diskuterar har alltså inte samband med bilen, flygplanet eller fartyget som transportmedel, utan med bränslet med vilket de drivs. Problemet, den andra sidan av myntet, är att förbränningen av dessa fossila bränslen frigör kol som bunds i bränslet för flera hundra miljoner år sedan, vilket gör att det uppkommer ett överskott av kolföreningar som naturen inte kan absorbera på den korta tid de nu frigörs. Man brukar därför fokusera problemet just på förbränning av fossila bränslen. För förbränning av biomassa som vuxit upp i nutid anser man att det finns en balans mellan den koldioxid som tas upp av växter och den som frigörs.

De globala utsläppen av växthusgaser har ungefär fördubblats under de senaste 40-50 åren (Figur 5). Det är de globala utsläppen som styr miljöpåverkan. I Sverige har motsvarande utsläpp ungefär halverats under motsvarande period (Figur 6). Figurerna 5 och 6 omfattar också klimatpåverkan av CFC, förutom de växthusgaser som omfattas av Kyoto-protokollet. Dessa ämnen har nämligen också en klimatpåverkande effekt som bör belysas i en tillbakablickande redovisning som denna. Som framgår av ett kommande avsnitt hanteras dessa ämnen rent politiskt av ett annat regelverk än det för växthusgaser.

Det bör noteras att det finns en "naturlig växthuseffekt" på jorden. Det är en av förutsättningarna för liv på jorden. De naturliga halterna av dessa gaser medför att den genomsnittliga temperaturen

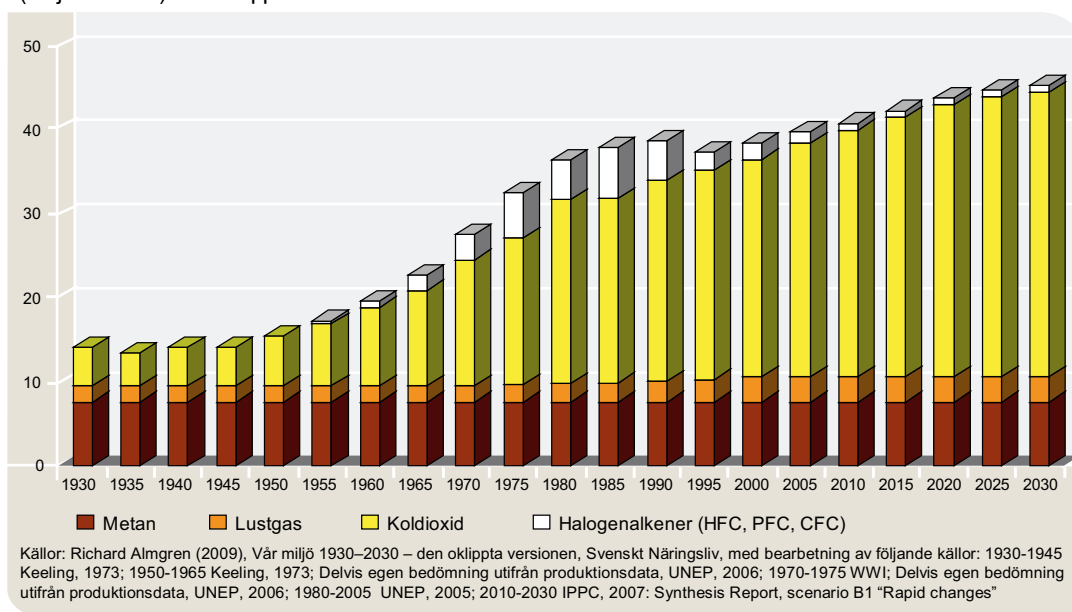
på jordytan är drygt 30 grader varmare än vad den annars skulle ha varit, från minus 18 grader till plus 15 grader. Skälet till att det blir varmare på jorden är att växthusgaserna har förmågan att släppa igenom den kortvågiga solstrålningen men absorbera eller reflektera den långvågiga värme-strålningen från jordytan. Att denna mekanism existerar är idag inte särskilt kontroversiellt.

Det frågan nu gäller är om de ökade halterna av växthusgaser också orsakar en ökad temperatur med klimatförändringar som följd. Orsaken till dessa observerade förändringar går inte att fastställa på lika objektiva grunder som att mäta temperaturen eller halten av växthusgaser i atmosfären. IPCC anser att det är mycket sannolikt (mer än 90 procent säkerhet) att orsaken står att finna i människans utsläpp av växthusgaser. Bakom denna bedömning står flertalet forskare inom detta område. Den mest påverkande av dessa s k växthusgaser, koldioxid, uppkommer vid all förbränning. Den anses svara för ca 60% av den samlade växthuseffekten. Därtill kommer en koldioxideffekt som följd av avskogning och effekter av andra gaser med den samlande benämningen GHG.

IPCCs bedömningar baseras på sofistikerade beräkningar i datorbaserade modeller av utvecklingen av klimatet som följd av uppmätta halter av växthusgaser. Det finns ingen vattentät bevisning för att orsaken är just växthusgaserna. Någon sådan vattentät bevisning kommer vi troligen heller aldrig att få. Men det är, anser IPCC, den mest sannolika förklaringen. Det förtjänar att påpekas att nästan alla hittills upptäckta miljöfrågor börjat på liknande sätt med tidiga indikationer som sedan efter hand verifierats med forskning.

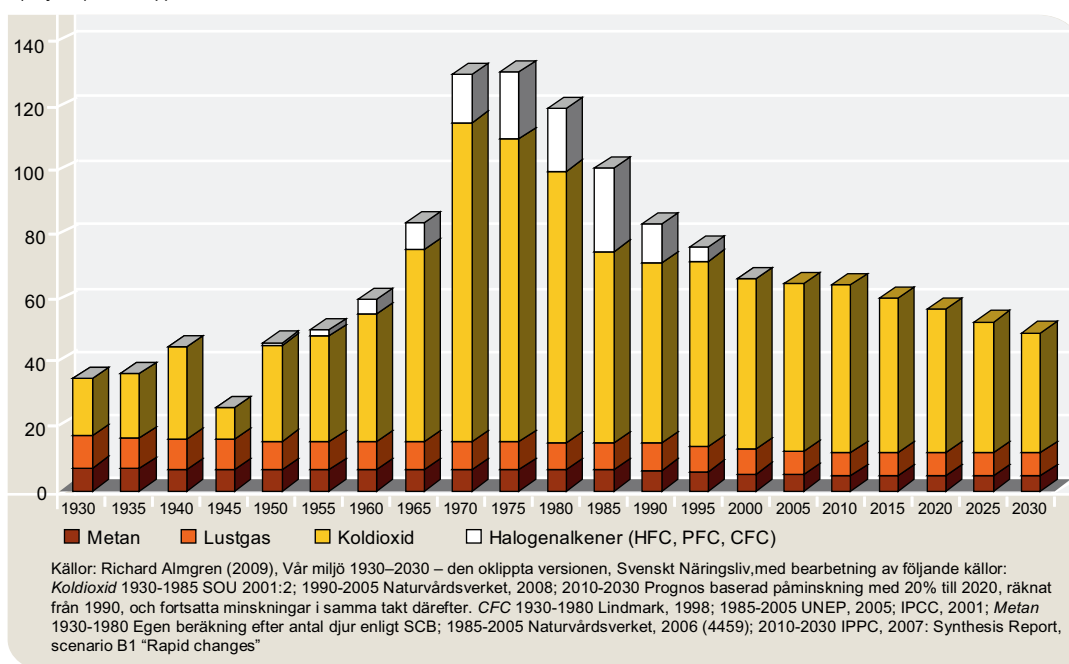
Det förtjänar att påpekas att indikationerna i detta fall kom mycket tidigt. Den franske vetenskapsmannen Fourier räknas som växthusteorins upptäckare (Fourier, 1824). Den irländske forskaren John Tyndall bidrog med att upptäcka koldioxidens och vattenångans förmåga att släppa igenom den kortvågiga strålningen men stänga inne värmestrålning (Tyndall, 1861). Den svenske forskaren Svante Arrhenius kvantifierade växthuseffekten (Arrhenius, 1896). Han kunde på det sättet förklara växlingarna mellan istider och varma perioder. Han såg sambanden mellan utsläppen av koldioxid från förbränning av fossila bränslen och ökade koldioxidhalter i atmosfären. Med stor noggrannhet kunde han genom omfattande handräkningar förutsäga liknande effekter som nu kan

Utsläpp av växthusgaser
(Miljarder ton) CO₂ eq per år



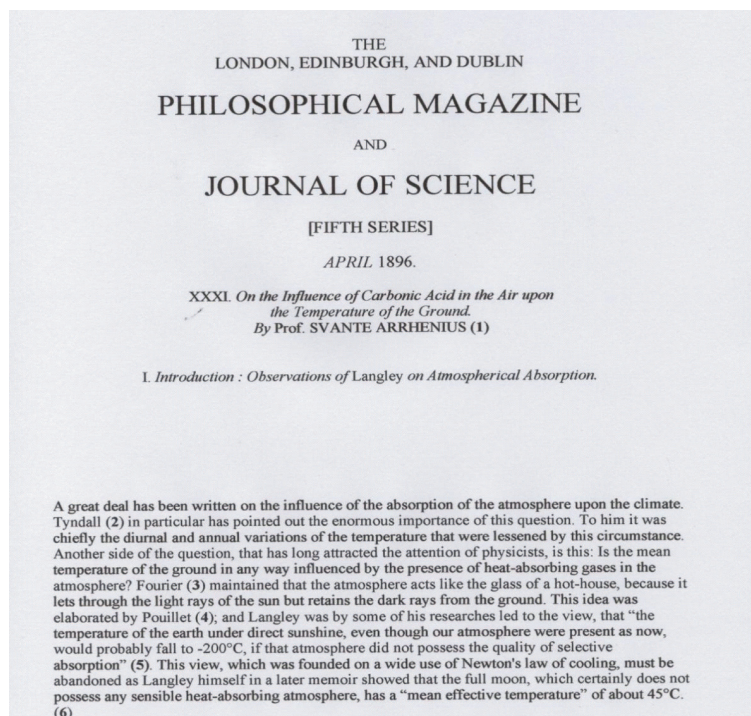
Figur 5: Utsläpp av växthusgaser (GHG) från källor globalt 1930-2030

Utsläpp av växthusgaser
(Milj ton) CO₂ eq per år



Figur 6: Utsläpp av växthusgaser (GHG) från källor i Sverige 1930–2030

beräknas med avancerade datorbaserade modeller. Han beräknade en global uppvärmning om 5–6 grader vid fördubblad koldioxidhalt mot IPCCs bedömning 1–6 grader. Däremot förutsåg han inte då de stora senare ökningarna i användningen av fossila bränslen, varför hans tidsperspektiv för förutspådda förändringar blev mycket längre (Figur 7). Mekanismerna bakom växthuseffekten är alltså kända sedan länge (Arrhenius et al, 2008).



Figur 7: Klimateffekter av utsläpp av koldioxid kvantifierades av den svenske forskaren Svante Arrhenius redan 1896.

Det finns också andra förklaringsmekanismer som förts fram av andra forskare än dem som ansluter sig till IPCCs förklaringsmodell. Exempelvis hävdar flera forskare att de storskaliga förändringar vi nu kan observera kan förklaras genom variationer i solaktiviteten, variationer i jordens lutning mot solen, variationer i jordens bana runt solen eller andra cykliska fenomen. Exempelvis hävdar danska forskare att variationen i den kosmiska strålningen i kombination med naturliga variationer i solens magnetfält kan förklara den globala uppvärmningen. Den kosmiska strålningen har enligt dessa forskare inflytande på molnbildningen och därmed reflektionen av värme på jordytan.

Det är vidare känt att det finns en naturlig växling mellan varma och kalla perioder på jorden. Det är en variation som sker med ungefär 100 000 års mellanrum, åtminstone har det varit så den senaste perioden om ca 1 miljon år. Den förklaring som nu anses vara den mest troliga till dessa växlingar är de så kallade Milankovic-cyklerna med innebörden att jorden med dessa tidsmellanrum ändrar bana runt solen och också ändrar lutning. Den senaste varma perioden inträffade för ungefär 100 000 år sedan och den uppvärmning som nu sker skulle alltså också i princip, åtminstone delvis, kunna förklaras av detta naturliga fenomen. Det finns dock några hakar till en sådan naturlig förklaring. Ändringen av temperaturen på jorden har nu gått snabbt och har inte kunnat relateras till en motsvarande ändring av jordens bana eller lutning. En annan hake är att koldioxidhalterna enligt utförda beräkningar aldrig varit så höga som nu, i varje fall inte så länge som det funnits människor på jorden. Koldioxidhalterna och temperaturen på jorden har nämligen följts åt under dessa växlingar, hög temperatur, hög koldioxidhalt och tvärtom. Det är dock en viktig skillnad till nuläget. Temperatursvängningarna tycks ha börjat förändringen med ändrade koldioxidhalter som följd. Nu gör vi tvärtom - höjer koldioxidhalten med en trolig temperaturstegring som följd.

Vidtagna åtgärder

En internationell konvention, UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change), togs fram till den stora miljökonferensen om miljö och utveckling i Rio de Janeiro 1992. De konkreta åtagandena till UNFCCC formuleras i tillhörande protokoll. Det första av dessa är Kyoto-protokollet från 1997. Detta protokolls åtaganden går nu mot upploppet (2012). Ett nytt protokoll för tiden därefter förväntas kunna skrivas under i Köpenhamn 2009 med den förväntade benämningen Köpenhamn-protokollet.

Prismekanismer av olika slag har etablerats som det viktigaste medlet att minska utsläppen. Inom EU har ett system införts med handel av utsläppsrätter. Detta system väntas bli det mest betydelsefulla styrmedlet. I Sverige omfattar systemet ca 730 anläggningar med utsläpp av växthusgaser, ca 13 000 i hela EU. Det finns också liknande initiativ i andra delar av världen. EU-länderna väntas åtminstone komma nära de åtaganden som gjordes i Kyoto-protokollet medan det är blandade resultat i resten av världen. Sammanlagt har de samlade utsläppen av växthusgaser ökat kraftigt sedan 1997 när Kyoto-protokollet tecknades, i motsats till inriktningen av protokollet, enligt vilket utsläppen förväntades minska med 5 procent till år 2010 (räknat från 1990). Sverige väntas nå sitt mål.

I Sverige handlar ett av de sexton miljökvalitetsmålen om minskning av klimatgaser, "Begränsad klimatpåverkan". Målet innebär att halten av växthusgaser i atmosfären "skall stabiliseras på en nivå som innebär att människans påverkan på klimatsystemet inte blir farlig". Det är ett långsiktigt mål till mitten av detta sekel. Som framgår av bifogade diagram är det svenska bidraget av de samlade globala utsläppen av klimatgaser drygt 1 promille, varför egentligen alla åtgärder måste ske i internationell samverkan för att bli verkningsfulla.

Vidare är det ett rimligt antagande att flertalet av de företag som på frivillig väg har infört ett miljöledningssystem enligt den internationella miljöledningsstandarden ISO 14001, totalt ca 4 000 i Sverige, i sina respektive system har infört ett mål för begränsning av växthusgaser. Globalt är det fråga om flera hundra tusen företag. Det innebär att omfattande frivilliga åtgärder pågår i näringslivet inom ramen för företagens miljöledningssystem.

En annan frivillig insats värd att nämna särskilt är den som pågår genom Carbon Disclosure Project, som är en årlig återkommande enkät ställd till tusentals stora företag i hela världen. Bakom projektet står hundratals investerare med omfattande tillgångar. Även om projektet bara ställer frågor om dessa företags insatser för att minska klimatpåverkan är det rimligt att anta att företagens egna svar fäster uppmärksamheten på dessa frågor och som en följd därav ger upphov till åtgärder på frivillig väg genom de medverkande företagens försorg (PWC, 2008).

En rad åtgärder har tidigt vidtagits i Sverige med bland annat oljeersättning, med främst bio-bränslen, efter oljekriserna i början av 1970-talet, effektivisering av energianvändning och åtgärder som följd av en särskild koldioxidavgift 1991. Den svenska koldioxidskatten är redan idag betydligt högre än den globala koldioxidskatt som föreslås av IPCC (20-80 US\$/ton koldioxid, omräknat 30-120/ton koldioxid) och som förespråkas av ekonomer (40/ton koldioxid). Den svenska skatten på tjockolja (4755 kr/m³) motsvarar idag 150/ton koldioxid, alla skatter inräknade. De skattefria freoner, CFC (klorfluorkarboner), som förutom sin effekt på ozonhålet också anses ha en växthuseffekt, har avvecklats. De mekanismer som styr klimateffekterna är komplexa och inte helt klarlagda. De bifogade diagrammen bygger på dagens kunskap i denna fråga.

Miljöpolitikens krav

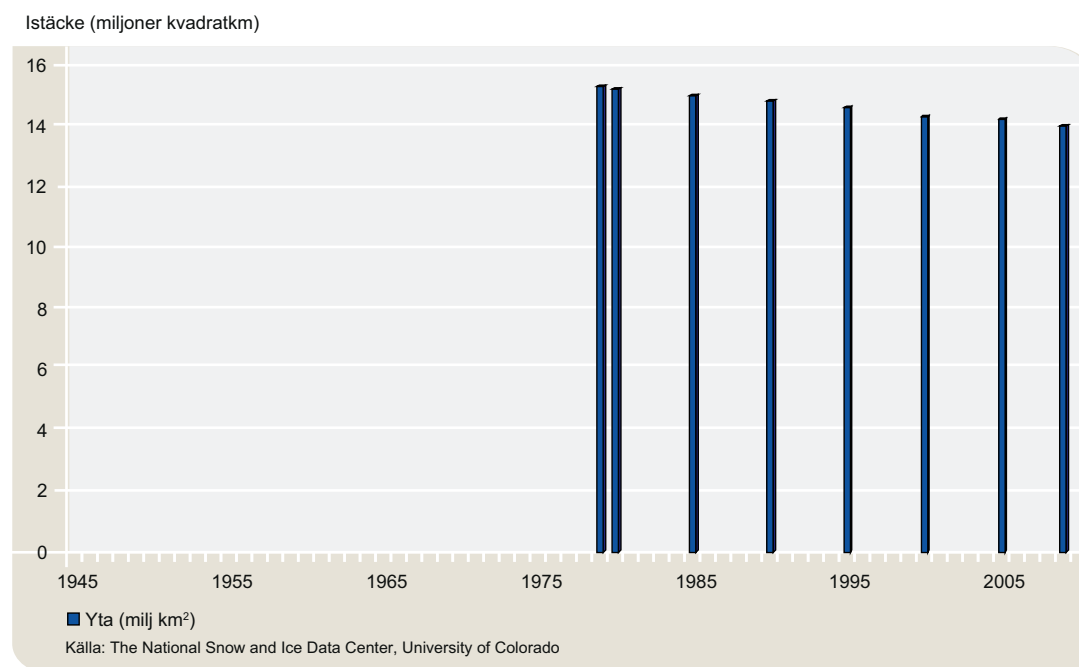
Diskussioner pågår om olika målsättningar såväl i Sverige, som inom EU och på internationell nivå. När detta skrivs gäller ett mål för EU-länderna om 20% minskning av växthusgaser till år 2020, ett mål som kommer att skärpas till 30 procent om andra aktörer i världen medverkar.

Naturens svar på vidtagna åtgärder

Några positiva effekter av vidtagna åtgärder har ännu inte kunnat observeras. Några sådana effekter kan inte förväntas förrän i slutet av detta sekel, under förutsättning att kraftfulla åtgärder börjar vidtas nu. Däremot finns indikationer på att klimateffekterna redan börjat få genomslag genom mera extrema vädersituationer (stormar, regn och torka). Istäckets utbredning över Arktis vintertid har exempelvis minskat med omkring 10 procent under de senaste 30 åren (Figur 8). Det har kunnat mätas. Det finns också mätningar av isutbredningen sommartid, där isavsmältningen är snabbare än vad som framgår av figuren. Sverige tillhör de länder där konsekvenserna väntas bli jämförelsevis lindriga av en klimatförändring.

Kvarvarande insatser

Det går att hejda klimatförändringarna. Det finns redan idag teknik som klarar detta och teknikutvecklingen har bara börjat på detta område. Det är alla initierade bedömare överens om. Det finns många goda exempel i andra miljöfrågor att peka på. När det gäller klimatfrågan är ett bra exempel på en möjlig utveckling den i Sverige, där utsläppen av GHG i stort sett halverats under den senaste 40-50-årsperioden. Kostnaderna är höga för fortsatta minskningar men överkomliga om åtgärder börjar vidtas redan nu, det vill säga kostnaderna hotar inte välfärd och fortsatt ekonomisk utveckling. Det är också alla initierade bedömare överens om (Azar, 2008; Eklund 2009; Fölster, 2008; IPCC, 2008; Stern, 2007). Knepet är att få alla viktiga aktörer i världen att vidta åtgärder i samlad tropp, där ingen går före och ingen släpar efter. Huruvida det är möjligt kan ingen idag



Figur 8: Istäckets utbredning över Arktis i januari 1979-2009

förutsäga säkert. Det uppstår nämligen alltid "vinnare" och "förlorare" vid en stor omställning som denna. IPCC bedömer att det tar flera decennier innan nuvarande trend med ökande globala utsläpp kan brytas. Däremot är inriktningen inom EU att fortsätta minska utsläppen av växthusgaser med de måttal som tidigare redovisats.

När det gäller kostnadernas storlek har den mest genomarbetade bedömningen genomförts av den brittiske ekonomen Nicholas Stern i den sk Stern-rapporten (Stern, 2007). I hans rapport bedömdes åtgärder i den storleksordning som nu diskuteras medföra ekonomiska uppoffringar. Uppoffringarna å ena sidan vid åtgärdsstart nu beräknades av Stern uppgå till storleksordningen 1 procent per år av global BNP. Om det skulle visa sig att farhågorna om globala klimatförändringar är överdrivna får vi en välfärdsförlust i samma storleksordning som följd av "onödiga åtgärder". Om det å andra sidan visar sig att det finns goda skäl för de minskningar som nu diskuteras och inga åtgärder vidtas blir följden att naturresurser blir mindre värdefulla, växter och djur förlorar sina naturliga biotoper etc som följd av fortsatta utsläpp av växthusgaser. Stern bedömde dessa förluster som betydligt större, 5 procent av global BNP per år. Sterns slutsats var tydlig: Omedelbara och kraftfulla åtgärder ("Prompt and strong action"). En del av dessa förluster får vi ändå hur vi än betar oss, eftersom viss klimatförändring ändå uppstår. Det är enligt Stern alltså ytterst fråga om en riskbedömning, där riskerna vid ett scenario med ett passivt förhållningssätt beräknas vara betydligt högre än vid ett scenario där åtgärder börjar vidtas redan nu.

Kommentar

Under flera år har tidningar, radio och TV bokstavligen dränkt oss i den förestående klimatförändringen. Frågan berör oss alla, oavsett om du verkar i ett företag, statlig eller kommunal organisation. Den berör oss även som privatpersoner. Denna rapport utgår från den uppfattning om den vetenskapliga grunden för klimatförändringarna som den internationella klimatpanelen (IPCC) kommit fram till. Det är faktiskt väldigt lätt att förhålla sig till dessa signaler. Alla måste nämligen bidra. Och alla kan faktiskt bidra med enkla medel. Varje bidrag kan te sig obetydligt i det globala sammanhanget. Men det gäller att bara tänka globalt och agera lokalt på den egna hemmaplanen. Och det blir dyrt att agera på egen hand långt före alla andra. Det gäller alltså att agera klokt.

EU har tagit på sig en ledarroll i den politiska sfären. Inom EU har medlemsländerna enats om ambitiösa mål för begränsning av klimatgaser för tiden fram till år 2020. Det huvudsakliga styrmedlet inom EU är ett redan etablerat system med utsläpp med utsläppsrätter. Detta system berör cirka 730 företag i Sverige och omfattar ungefär en tredjedel av utsläppen av klimatgaser i Sverige. Det är i princip ett bra styrmedel och troligen det bästa som för närvarande går att politiskt åstadkomma. Något motsvarande fungerande system på global basis har dock ännu inte sett dagens ljus.

Nyckelaktörerna är USA och Kina. Utan aktiv medverkan från dessa länder blir det svårt att nå framgång. Någon motsvarande medvetenhet om klimatfrågans allvar som den i Europa finns inte i dessa länder. Det kan därför bli politiskt svårt att åstadkomma långtgående åtaganden från dessa länder.

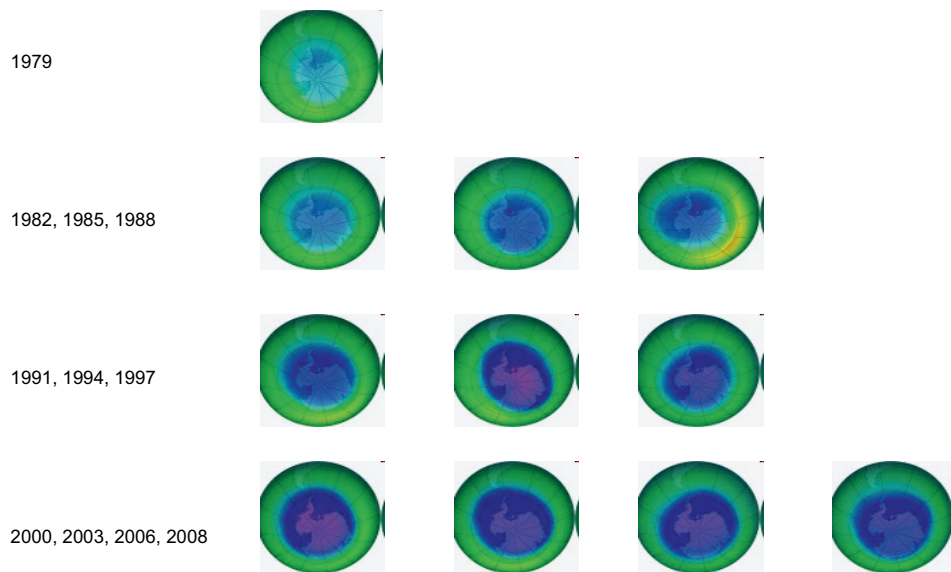
I Sverige har energianvändning belagts med klimatskatt sedan början på 1990-talet. Skattens nivå överträffar redan den nivå som den brittiske ekonomen Nicholas Stern förespråkade i sin rapport från 2006 (den s k "Stern-rapporten"). Det är svårt att tänka sig en exklusiv svensk höjning av denna skatt med hänsyn till det svenska näringslivets internationella konkurrenskraft. En annan väg som prövas är krav på högsta utsläpp av koldioxid från bilar. En intressant väg är vidare satsningar med svenska statliga pengar på insatser i andra länder, där utbytet i form av klimatbegränsning är högre.

En möjlig väg som emellertid inte uppmärksammas i detta sammanhang är de miljölednings-system som tusentals företag och andra organisationer infört på frivillig väg med stöd av internationell standard som ISO 14001. De nämns vare sig de svenska statliga programmen, EUs program eller FNs förhandlingar inför Köpenhamns-protokollet som ersätter Kyoto-protokollet. Här finns en stor potential för begränsning av klimatgaser som skulle kunna utnyttjas bättre. Det finns beräkningar som visar att åtgärder för ungefär hälften av utsläppen av klimatgaser i Europa är ekonomiskt lönsamma eller belastas enbart med begränsade kostnader. Denna del av utsläppspanoramat passar väl för nämnda system. De bygger också på internationell standard, vilket innebär att de tillämpas på samma sätt över hela världen. I själva verket finns det inget annat verktyg med den egenskapen. I EUs förordning om miljöledningssystemet EMAS uppmanas EUs medlemsländer att öka täckningsgraden inom näringslivet med sådana system och att stimulera företag att införa sådana system med ambitiösa miljömål. Det finns alltså i princip uppbackning inom EU för att stimulera utvecklingen med fler liknande system. Denna uppmaning har i Sverige hittills inte givit något konkret resultat, i motsats till många andra EU-länder.

UTTUNNING AV OZONSKIKTET

Problemet

Ozonskiktet skyddar oss mot solens allra starkaste strålar, UV-strålningen. Ozonskiktet är en förutsättning för liv på jorden. Ozonskiktet skyddar livet på jorden genom att filtrera bort en del av den skadliga UV-strålningen från solen. Den brittiske forskaren Sydney Chapman upptäckte existensen av ozonskiktet 1930. Han beskrev också de naturliga variationerna mellan olika årstider. Forskningen om effekterna har visat att konsekvenserna av ett uttunnat ozonskiktet är ökad risk hos människor för allvarliga hälsoeffekter som t ex hudcancer, nedsatt immunförsvar och starr, och att ekosystem, jordbruksgrödor, skog och olika material kan ta skada. Varje vår uppträder numera kraftiga minskningar av ozonskiktet i Antarktis och i viss utsträckning också över Arktis. Skillnaderna i ozonuttunnningen beror på olika cirkulation av luftströmmarna i dessa två områden. Globalt är ozonskiktet fortfarande tunnare än vad det var på 1970-talet. Över Antarktis är uttunnningen ca 50 procent under vårmånaderna september-oktober. Styrkan i de färgade områdena i mitten av bilderna visar graden av uttunning (Figur 9). På våra breddgrader har uttunning av ozonskiktet på upp till 5–10 procent observerats under de senaste 20 åren.



Källa: NASA, Ozone Hole Watch, 2009 (Genomsnittliga september-värden för Antarktis angivna år)

Figur 9: Uttunnningen av ozonskiktet över Antarktis 1979-2008

Orsaker

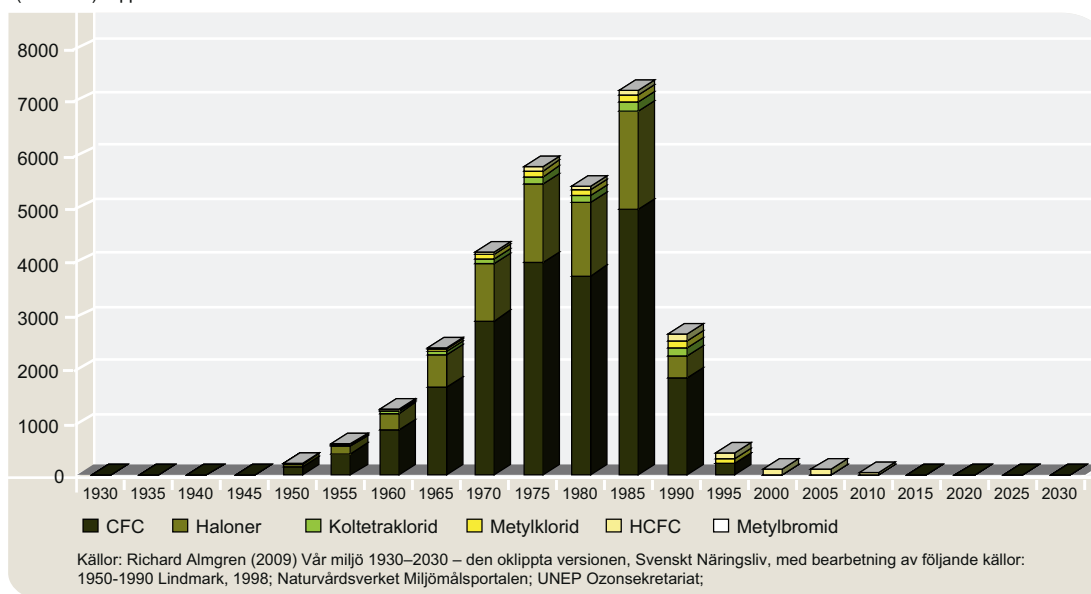
Orsaken till uttunnningen av ozonskiktet har påvisats vara användning av vissa kemiska produkter. De aktuella ämnena utvecklades i USA i slutet av 1920-talet. Efter andra världskriget fick dessa ämnen flera industriella tillämpningar genom att de är så stabila. Från industriell synpunkt är det en god egenskap. Den andra sidan av myntet är att stabila ämnen också har oacceptabla egenskaper i miljön. Ingen förutsåg då de senare upptäckta negativa konsekvenserna för ozonskiktet över jordklotet. De aktuella ämnena har förmågan att bryta ned ozonskiktet i atmosfären, där de starka ultraviolettera strålarna ändrar de stabila egenskaperna. Där finns de ofta kvar under lång tid, vilket betyder att ozonskiktet påverkas av utsläppen under flera decennier.

De första observationerna om uttunnat ozonskikt gjordes 1968. 1976 förklarades uttunnningen vetenskapligt. Många forskare medverkade. Tre forskare anses stå bakom teorierna till de kemiska mekanismer som orsakar uttunnningen, Paul Crutzen, Frank Sherwood Rowland och Mario Molina. De fick senare (1995) Nobelpriset i kemi för sina upptäckter.

Sådana ämnen som bryter ned ozonskiktet är t ex vissa klorerade lösningsmedel, klorfluorkarboner (CFC) och klorfluorkolväten (HCFC). CFC och HCFC har använts i bl a kylskåp, anläggningar för luftkonditionering och skumplast. Även utsläpp av partiklar och vattenånga från flygplan som flyger på hög höjd påverkar ozonskiktets tjocklek, liksom halten av växthusgaser i atmosfären. Det amerikanska företaget du Ponts handelsnamn för denna typ av ämnen, freoner, används ofta synonymt med CFC.

Vidtagna åtgärder

Mätningar av ozonskiktet har utförts sedan det upptäcktes. All tillverkning av dessa produkter har i stort sett upphört, all ny användningen är i princip förbjuden. Användningen uppgår nu till några få procent av de högsta nivåerna på 1980-talet (Figur 10).

Användning av ozonpåverkade ämnen
(ton CFC) eq per år

Figur 10: Användning av CFC i Sverige 1930-2030

Miljöpolitikens krav

En internationell konvention, Wienkonventionen (Vienna Convention for the Protection of the Ozone Layer, 1985) med tillhörande protokoll, Montrealprotokollet från 1987 (Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer), reglerar utsläppen av ozonnedbrytande ämnen. I princip skall de flesta av dessa ämnen enligt Montreal-protokollet ha fasats ut till år 2010. Den svenska riksdagen har slagit fast att utsläppen av ozonnedbrytande ämnen till största delen skall ha upphört år 2010.

Naturens svar på vidtagna åtgärder

Koncentrationerna av de substanser som tunnar ut ozonskiktet i atmosfären minskar. Det har forskarna nu kunnat mäta. Det är ännu inga stora förändringar men med hänsyn till de långa ledtiderna för läkprocessen är det viktiga indikationer nu på att besluten om avveckling av dessa substanser var riktiga. Först i mitten av detta sekel väntas koncentrationerna komma ned till 1970-talets nivå och ned till normalnivå till kommande sekelskifte. Detta är ett exempel på de långa ledtiderna mellan åtgärd och respons i naturen.

Kvarvarande insatser

Praktiskt taget alla ämnen som bedöms påverka ozonskiktet har fasats ut. Det finns dock fortfarande CFC upplagrade i olika befintliga produkter. Även dessa mängder minskar till en mindre än 20 procent av mängderna år 1990. Det är framförallt i kylskåp och byggnadsmaterial som det fortfarande finns en del CFC kvar. Slutsatsen är att det i stort sett inte finns fler åtgärder att vidta, annat än att slutföra redan pågående insatser. Sedan är det bara att vänta och se.

Kommentar

Det internationella samfundet agerade föredömligt snabbt på signalerna om att ozonskiktet på hög höjd var på väg att uttunnas till farligt låga nivåer. Idag har de substanser som är orsaken till denna uttunning i princip tagits bort. De tillverkas inte längre, annat än de lågpåverkande substanserna. De mängder som finns kvar i existerande produkter är små.

Exemplet med åtgärder för att återställa ozonskiktet visar att det går att agera kraftfullt internationellt. Det är framförallt Wienkonventionen med dess Montrealprotokoll som utgjort grund för insatser. Samtidigt måste påpekas att denna globala miljöfråga var betydligt enklare att lösa än exempelvis klimatfrågan. I det förra fallet tillverkades substanserna av ett fåtal tillverkare. Den vetenskapliga grunden för behovet av åtgärder var också mer entydig än vad fallet är med klimatfrågan.

Det som nu återstår är att invänta ”moder jords” självläkande förmåga. De första signalerna har kommit med innebörden att den negativa utvecklingen har vänt och att en tillfriskning sker. Detta kommer dock att ta tid. Det beräknas ta hela detta sekel innan ozonskiktet är helt återställt.

FÖRSURNING AV MARK OCH VATTEN

Problemet

Försurningen av mark och vatten är ett mångfacetterat problem. I grunden är det ett naturligt fenomen. Viss försurning av mark och vatten har pågått sedan istiden. Den svenske forskaren Svante Odén upptäckte på 1960-talet att sjöar och vattendrag försurades allt snabbare. Hans upptäckt publicerades i en DN-artikel 1968. Försurningen av mark och vatten innebär bl a att nederbördens surhet i Sverige ungefär har tiofaldigats sedan förindustriell tid, dvs pH-värdet har sjunkit från ca 5,5 till dagens ca 4,5. I och med att mark och vatten försuras blir följden att flora och fauna utarmas, tungmetaller utlakas och blir tillgängliga för de biologiska processerna, korrosionen av metaller ökar, människans hälsa påverkas när det gäller andningsvägarna. Den som kan erinra sig skolkollektionerna i kemi känner till att en droppe syra ofta snabbar på en kemisk reaktion. Naturen reagerar på liknande sätt- det sura nedfallet ökar hastigheten på de biologiska processerna i naturen.

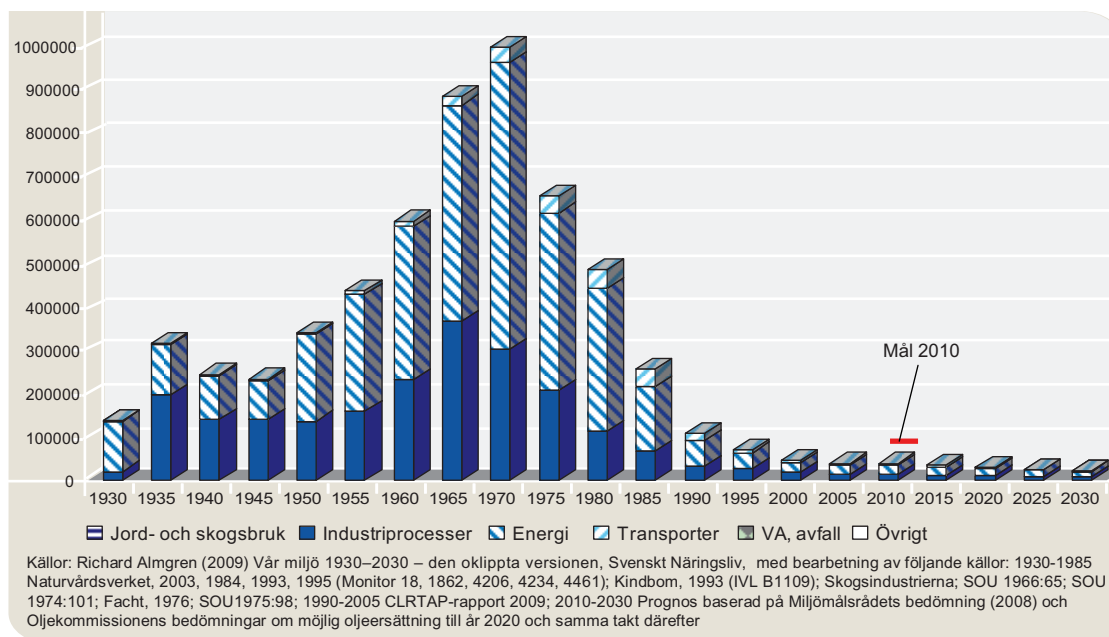
Försurningen påverkar vattenlevande växter och djur genom att deras biotop, vattenmiljön, blir surare. Försurningen påverkar också marken. Försurande ämnen i nederbörden gör att föremål av kulturhistoriskt värde (statyer, utsmyckningar, hällristningar etc) vittrar sönder snabbare. Föremål av järn och andra metaller korroderar snabbare än annars. Korrosionen var avsevärt snabbare omkring 1960-1970 när nedfallet med nederbörden av sura ämnen var större än vad det är idag. Stort uttag av biomassa från skogen kan påskynda försurning, eftersom biomassa i sig tar upp och neutraliserar surt regnvatten. Människans hälsa påverkas av sura gaser.

Orsaker

Utsläpp av svaveldioxid i de europeiska länderna är den främsta orsaken till gångna decenniers försurning av mark och vatten i Sverige. Utsläppen uppkommer till största delen genom förbränning av svavelhaltiga bränslen såsom kol och eldningsolja men uppkommer också genom vissa industriella processer (Figur 11). Utsläpp av kväveoxider bidrar också till försurning men även till övergödning och bildning av marknära ozon. Det är den andra sidan av myntet. Användningen av kol och olja ger upphov till försurande gaser i samband med förbränning. I figuren har också markerats det mål som regering och riksdag satt upp för minskning av dessa utsläpp fram till år 2010.

Fossila bränslen innehåller i regel viss mängd svavel. Det är detta svavel som förenar sig med luftens syre till svaveldioxid (och en del andra föreningar också men som vi bortser från i denna rapport). Utsläpp av svavelhaltiga gaser förekommer också i samband med vulkanutbrott. Transporten av de sura ämnena sker över långa avstånd med luftströmmarna över nationsgränserna med följd att de sura gaserna hinner tillbringa något eller några dygn innan de faller ner med nederbörd. De hinner då färdas 1000-tals km med luftströmmarna. På motsvarande sätt transporteras utsläpp i Sverige till andra länder. Numera härrör cirka 10 procent av nedfallet över Sverige från svenska källor, ca 90 procent från utländska. Utsläppen från den europeiska kontinenten har också minskat

Utsläpp av sura gaser (ton SO_x/år)

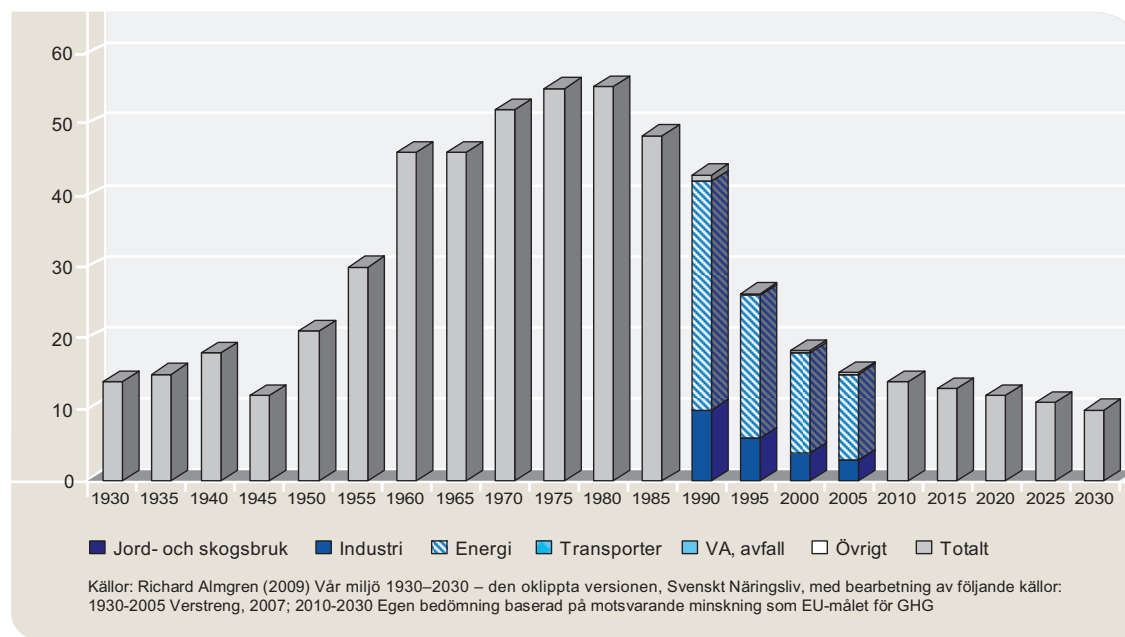


Figur 11: Utsläpp av sura gaser (svaveloxider) i Sverige 1930-2030

i avsevärd grad men inte lika mycket och med 10-20 års förskjutning (Figur 12). Flera enskilda länder bidrar mer till försurningen av svenska mark- och vattenområden än vad utsläppskällor i Sverige gör, till exempel Polen (EMEP, 2009).

En annan sur gas som bildas vid förbränning är kväveoxider. Merparten av dessa utsläpp härrör från fordon. Minskade utsläpp av kväveoxider har uppnåtts genom åtgärder främst inom vägtrafiken, i första hand stegvis skärpta avgaskrav på personbilar och tunga fordon. Trenden motverkas

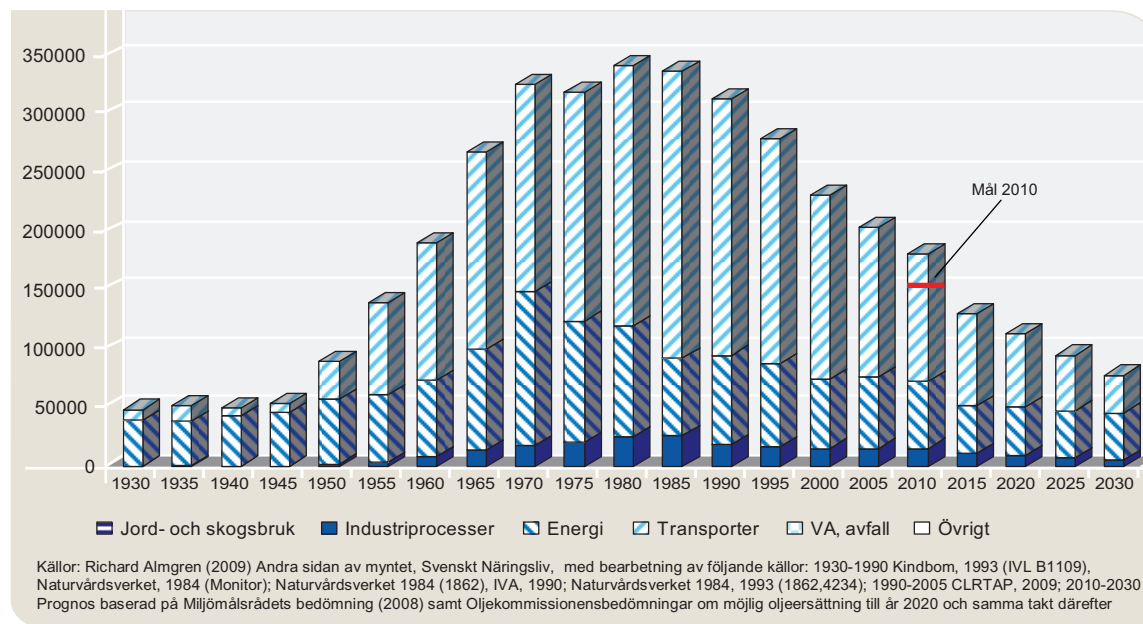
Utsläpp av sura gaser (milj ton SO_x/år)



Figur 12: Utsläpp av sura gaser (svaveloxider) i Europa 1930-2030

dock av att trafiken ökar. Lastbilstrafikens andel av utsläppen fortsätter troligen att öka de närmaste åren. I figuren har också markerats det mål som regering och riksdag satt upp för minskning av dessa utsläpp fram till år 2010 (Figur 13).

Utsläpp av sura gaser
(ton NO_x/år)



Figur 13: Utsläpp av sura gaser (kväveoxider) i Sverige 1930-2030

Vidtagna åtgärder

De svenska årliga utsläppen av svaveloxider har minskat kraftigt (minskning med mer än 95%) under de senaste decennierna. Även utsläppen av kväveoxider har minskat (ca 50%). De har skett genom väsentligen följande åtgärder

- Ersättning av olja och kol med biobränslen och el
- Införande av fjärrvärme med kontrollerad förbränning i städerna
- Införande av bättre förbränningstekniska lösningar
- Bättre teknik för att motverka industriella processutsläpp
- Införande av lågsvavliga oljor inkl begränsning av svavelhalt i marina oljor inom EU (1,5%)
- Kalkning av sjöar

Miljöpolitikens krav

En internationell konvention, Convention on Long-Range Transport of Air Pollutants, CLRTAP, från 1979 med olika protokoll har varit ett viktigt verktyg för de utsläppsminskningar som genomförts. I Sverige har åtaganden i konventionen omsatts i lag om högsta halter av svavel i olja och kol, tillståndsprövning av svavelhaltiga industriprocesser, t ex pappersmassatillverkning och ståltillverkning med mera (tillstånd enligt 9 kap 6 § miljöbalken). Parallellt har EU tagit fram ett direktiv om nationella utsläppstak (NECD) för fyra luftföroreningar: svaveldioxid (SO₂), kväveoxider (NO_x), flyktiga organiska ämnen utom metan (nmVOC) och ammoniak (NH₃). För att stimulera utvecklingen i riktning mot mindre utsläpp av sura gaser infördes i Sverige dels en svavelskatt (1991), dels en NO_x-avgift på större förbränningsanläggningar (1992). Utsläppen från bilar är reglerade i ett system med miljöklassificering.

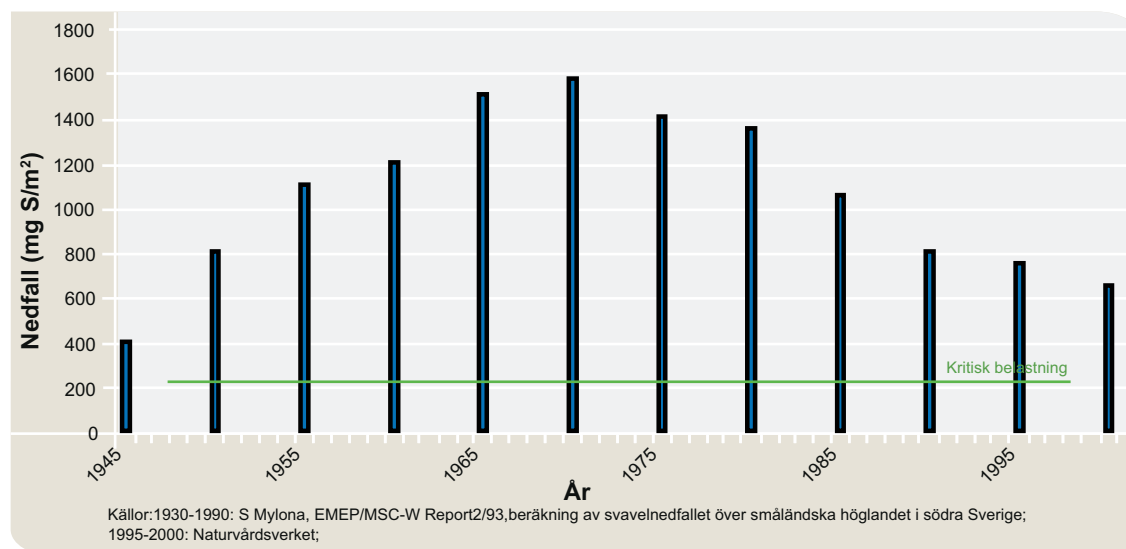
Sveriges internationella åtaganden (Göteborgs-protokollet till CLRTAP, EUs takdirektiv) uppgår till följande utsläppsmängder år 2010 (ton/år):

Svaveldioxid	67 000
Kväveoxider (NO ₂)	148 000
Ammoniak (NH ₃)	57 000
nmVOC	241 000

Naturens svar på vidtagna åtgärder

Den kraftiga minskningen av belastningen på mark och vatten av sura ämnen har medfört att försurningen har dämpats kraftigt. Nedfallet av sura ämnen reflekterar främst utvecklingen av utsläppen i hela Europa med hänsyn till att ca 90 procent av nedfallet över svenska områden härrör från andra länder. I stora delar av Sverige överskrids ännu den kritiska belastningsgränsen, trots att utsläppen av svavel och kväve har minskat. På småländska höglandet beräknas den kritiska belastningen, som forskarna nu definierar den, ha överskridits redan i slutet av 1800-talet, dvs för mer än 100 år sedan. Med kritisk belastning menas den högsta mängden nedfall av försurande ämnen som ett ekosystem långsiktigt klarar av utan att det uppstår försurningsskador (Figur 14).

I sydvästra Sverige har andelen kraftigt sura skogsmarker minskat med mer än hälften den senaste tjugofemårsperioden enligt Svensk miljöövervakning. Korrosionen av metaller har minskat kraftigt.

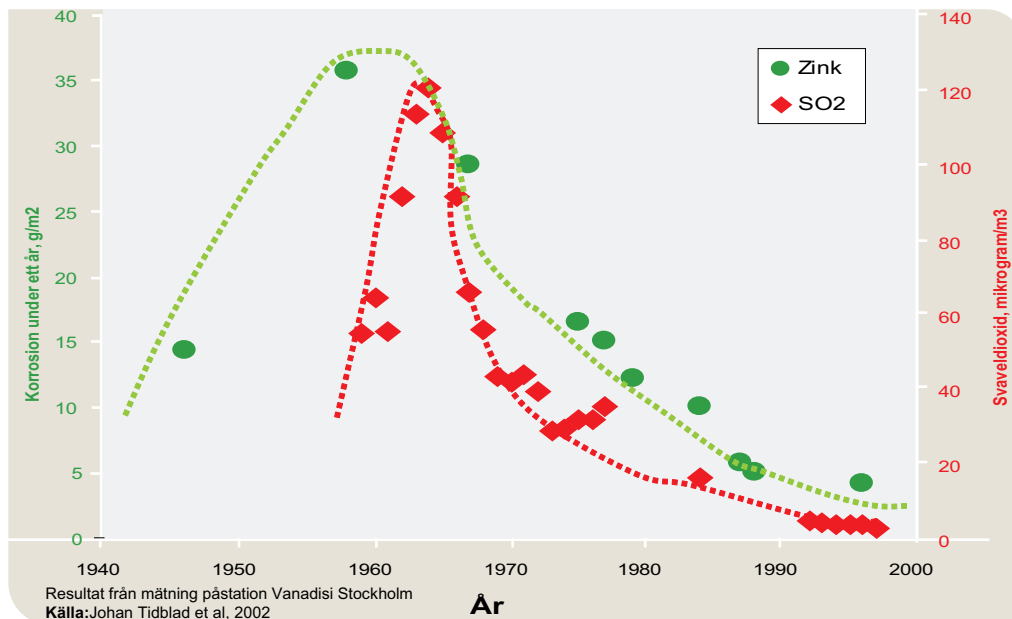


Figur 14: Nedfall av sura ämnen i södra Sverige 1945-2000

Det finns ett tydligt samband mellan de minskade halterna av svaveldioxid i utomhusluften och omfattningen av korrosionen (Figur 15).

Kommentar

Till en början fanns också i vetenskapliga kretsar en skepsis till de vetenskapliga rapporter som pekade på den försurande roll som svavel- och kväveoxider faktiskt hade. Omkring 40 år efter det att den första larmrapporten om att mark och vatten genomgår en påskyndad försurning har utsläppen av de försurande svavelgaserna mer eller mindre upphört. Däremot är utsläppen av försurande kväveoxider fortfarande förhållandevis höga.



Figur 15: Korrosion av zink och halter av svaveldioxid i utomhusluften

Huvudorsaken till minskningen av utsläppen av svaveloxider är flera. Oljeanvändningen minskade kraftigt efter de stora oljekriserna på 1970-talet. Oljan ersattes till stor del med eluppvärmning i småhus och fjärrvärme, baserad på biobränslen, i mera tätbebyggda områden. I tillägg till dessa processer infördes lagstiftning för att begränsa svavelhalten i fossila bränslen. Strukturomvandlingen inom svensk industri har bidragit. Svavelutsläpp från industriella processer kunde minskas efter tillståndsprövning enligt miljölagstiftning.

Kväveoxiderna är svårare rent tekniskt att begränsa. Dessutom är utsläppskällorna betydligt fler, bl a privatbilar. Det gör att resultaten hittills inte är lika tydliga som för begränsning av svaveloxider. Målen för begränsning av kväveoxider för 2010 kommer exempelvis inte att nås medan motsvarande mål för begränsning av svaveloxider kommer att underskridas (Figur 11 och 13). Den sammantagna försurande effekten av dessa två komponenter är dock enligt gängse mätmetoder lägre än måltalen.

Eftersom luftföroreningar inte tar någon hänsyn till nationsgränser och att därmed huvuddelen av nedfallet av sura gaser härrör från källor i andra länder måste problemet tacklas på internationell nivå. Fokus bör därför fortsättningsvis ligga på medverkan i det internationella samarbetet i internationella konventioner och EU.

PÅFRESTNINGAR PÅ STADSMILJÖN

Problemet

Påfrestningar på stadsmiljön handlar om frågor som lokal förorening av luften, buller mm. Nästan alla luftföroreningar sprids över stora områden. De frågor som tas upp under denna rubrik har emellertid det gemensamt att miljöpåverkan huvudsakligen är av lokal karaktär. Med stadsmiljön avses tätbebyggelse i vid mening inklusive stora trafikleder.

När det gäller lokal förorening av luften anses tre typer av föroreningar vara skadligast, nämligen marknära ozon, vissa organiska kolväten och inandningsbara partiklar (PM₁₀). Tre olika problemområden kommer att belysa detta område, marknära ozon, lokala hälsoeffekter och allmän nedsmutsning. Bildning av *marknära ozon* (som inte skall förväxlas med den tidigare behandlade ozonrelaterade frågan) kan bildas i närvaro av kolväten, kväveoxider och sol. I dagligt tal kallas

detta fenomen ”smog” och bildades tidigare frekvent i bland annat London och Los Angeles. Luftföroreningar påverkar människors hälsa, skogens träd och jordbrukets grödor skadas av ozon vilket medför stora kostnader. Ozon är kraftigt oxiderande, vilket kan leda till toxiska effekter hos människan. Inandning av ozon ger nedsatt lungfunktion, ofta åtföljd av hosta, bröstsmärtor och andnöd. Luftföroreningar påverkar också material som metall, gummi, plast och kalksten så att de bryts ned snabbare. Därigenom skadas t ex byggnadskonstruktioner och föremål som är kulturhistoriskt värdefulla.

Flyktiga organiska ämnen eller *nmVOC* (non methane Volatile Organic Compounds, dvs flyktiga organiska föroreningar utom metan) är en samlande benämning för ett stort antal gasformiga organiska föreningar. Under sommarhalvåret bidrar de, tillsammans med kväveoxider och solljus, till bildning av marknära ozon. Några ämnen, exempelvis bensen, kan i de halter som tidvis förekommer i tätortsluft också vara direkt skadliga för människors hälsa. Flyktiga organiska ämnen frigörs vid ofullständig förbränning och avges också genom avdunstning från lösningsmedel och bensin.

Polycykliska Aromatiska Kolväten (PAH) utgör en stor grupp av närbesläktade kemiska ämnen. Inom gruppen finns flera kända eller misstänkta cancerframkallande ämnen av vilka ben-so(a)pyren är den mest kända.

Det finns både naturliga och antropogena (orsakade av människan) källor till *partiklar*. Av naturliga källor kan nämnas vulkanutbrott då stora mängder partiklar slungas upp i atmosfären. Bland antropogena källor kan nämnas att damm uppvirvlas från trafiken, sot uppkommer från fordons motorer, stoft släpps ut från industriprocesser, sot uppkommer vid olika förbränningsprocesser såväl inom industri som vid förbränning för uppvärmningsändamål. Partiklar förekommer i ett brett spektrum av olika storlekar och beståndsdelar som vätskedroppar, salter, dammpartiklar, sot och kombinationer av dessa. Inandningsbara partiklar brukar benämnas PM₁₀ och PM_{2,5} beroende på storleken på partiklarna. De minsta partiklarna anses ha störst negativ inverkan på människans hälsa. Större delen av de stoftmängder som redovisas i diagram är inandningsbara (PM₁₀), dvs skillnaden mellan de totala mängderna partiklar (TSP) och de inandningsbara (PM₁₀) är inte så stor.

Förorening av luften med *vissa kemiska produkter* (s k POPs) och *vissa metaller* behandlas i ett kommande avsnitt i denna rapport.

Orsaker

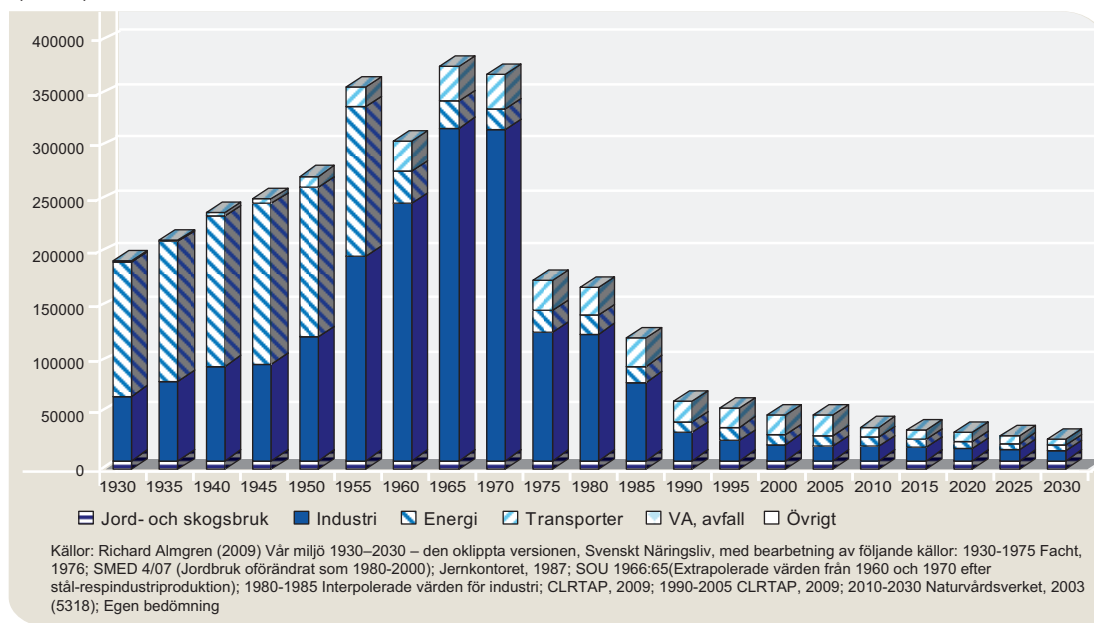
De föroreningar vi berör i detta avsnitt uppkommer vid vanliga aktiviteter i samhället som transporter och uppvärmning. Den andra sidan av myntet är att dessa aktiviteter också ger upphov till förorening. Flyktiga organiska ämnen frigörs sålunda vid ofullständig förbränning och avges också genom avdunstning från lösningsmedel och bensin. Utsläppen härrör till stor del från vägtrafik och användning av lösningsmedel m m. Även småskalig vedeldning kan bidra. De lokala utsläppen av partiklar kommer framför allt från vägtrafiken och från enskild uppvärmning med ved samt arbetsmaskiner som gräsklippare, motorsågar och grävmaskiner.

Vidtagna åtgärder

Förbättringarna av luftkvaliteten i tätorterna kan tillskrivas flera olika åtgärder. Enskilda pannor för uppvärmning av bostäder och kontor har i stor utsträckning ersatts av fjärrvärme, där reningen av utsläppen är effektivare. Bränslena är renare. Bilarna har successivt förbättrats från utsläppssynpunkt. En stor del av minskningen beror på katalysatorreningen hos bilar. Bilar omfattas av ett system med miljöklassning för att gynna försäljning av bilar med goda miljöegenskaper. Utsläpp av de föroreningar som behandlas i detta avsnitt regleras i regel i tillstånden till verksamhet enligt miljöbalken (9 kap 6§). Konventionen om långväga transport av luftföroreningar (CLRTAP) har utgjort en viktig grund för det internationella samarbetet. Det finns dock fortfarande utmaningar. De sam-

lade utsläppen av kolväten från Sverige har ungefär halverats sedan 1970 men alltså inte minskat i lika hög grad som andra föroreningar. Utsläppen av partiklar från industrin och andra källor har minskat drastiskt (ca 90%, från industrin 96%) genom stoftavskiljning och bättre processer. På 1970-talet var utsläppen av partiklar från industrin helt dominerande men nu har den rollen tagits över av bilarna. Huvuddelen av utsläppsmängden handlar om inandningsbara partiklar (PM10), särskilt dem från bilarna (Figur 16).

Utsläpp av partiklar
(ton/år)



Figur 16: Utsläpp av partiklar till luft i Sverige 1930-2030

En annan indikator på den lokala luftkvaliteten är utsläppen av koloxid, en för människans hälsa giftig gas. Det är en av de komponenter som testas vid den årliga bilbesiktningen. Även dessa halter har minskat kraftigt (Figur 17).

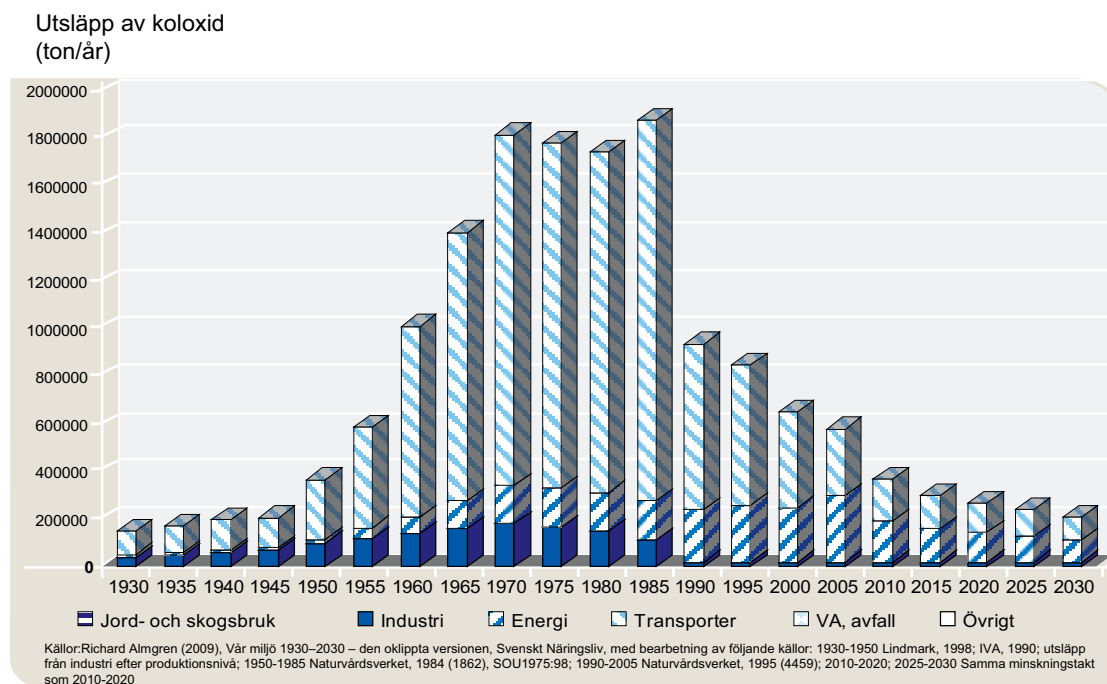
Flyktiga organiska föroreningar kan i samverkan med kväveoxider och solljus bilda marknära ozon ("smog"). Dessa bildas huvudsakligen vid småskalig förbränning av ved och av bilar. Även dessa ämnen har minskat (Figur 18).

Miljöpolitikens krav

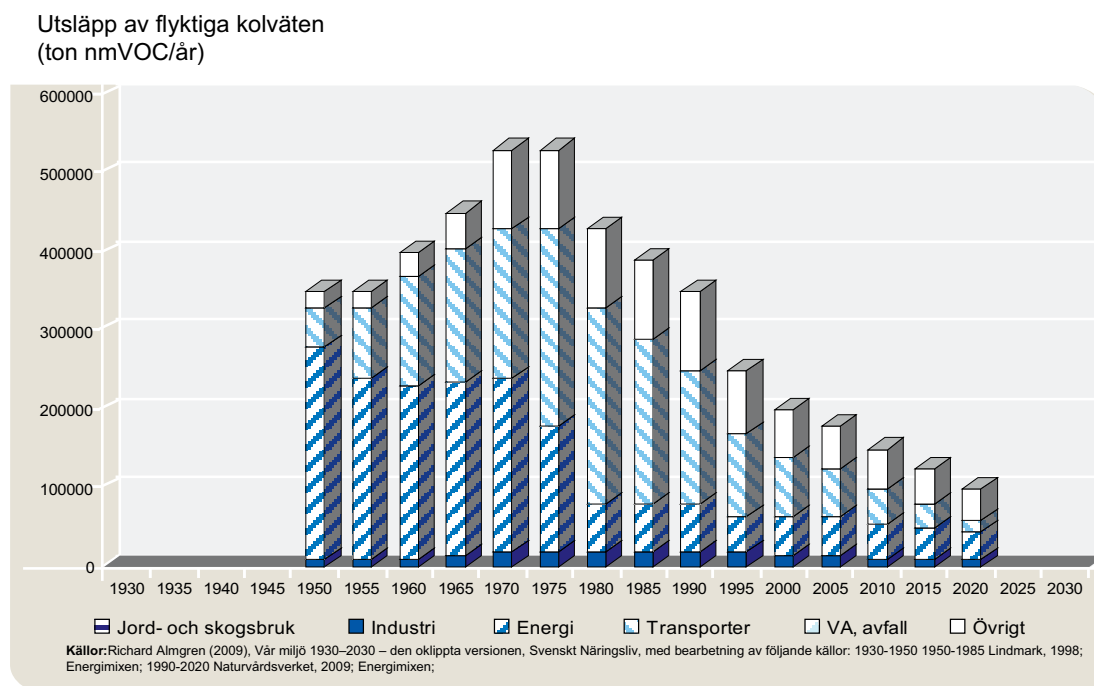
Utsläppen av flyktiga organiska ämnen minskar. Särskilda mål för olika komponenter i utomhusluften (svaveldioxid, kvävedioxid, marknära ozon, flyktiga organiska ämnen (VOC), benso[a]pyren) har formulerats. EU och den svenska regeringen har formulerat olika målvärden. I bedömningen nedan används EUs värden som grund för bedömningen.

Naturens svar på vidtagna åtgärder

Halterna av svaveldioxid, kvävedioxid och partiklar i utomhusluften i städerna har minskat rejält de senaste decennierna. Halterna av svaveldioxid i utomhusluften i landets tätorter är genomgående låga och ligger långt under de nivåer som anses orsaka hälsoproblem. Som exempel redovisas mätningar från Göteborgs innerstad. Halterna är idag bara en bråkdel (omkring 3%) av nivåerna på 1960-talet när de var som högst (Figur 19). Även halterna av kvävedioxid i utomhusluften minskar men inte i samma utsträckning som för svaveldioxid. Motsvarande halter är idag generellt halften av halterna på



Figur 17: Utsläpp av koloxid till luft i Sverige 1930-2030

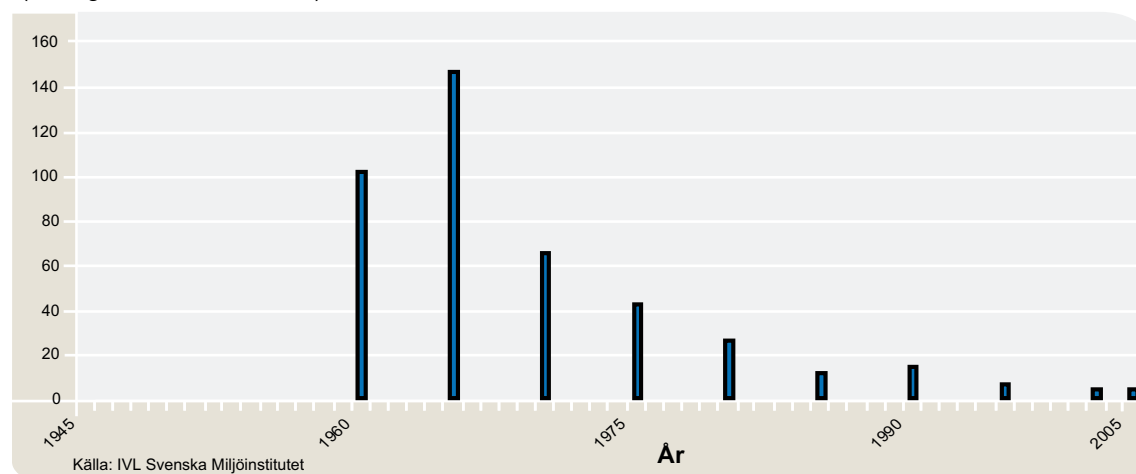


Figur 18: Utsläpp av kolväten (flyktiga organiska ämnen utom metan, nmVOC) till luft i Sverige 1930-2030

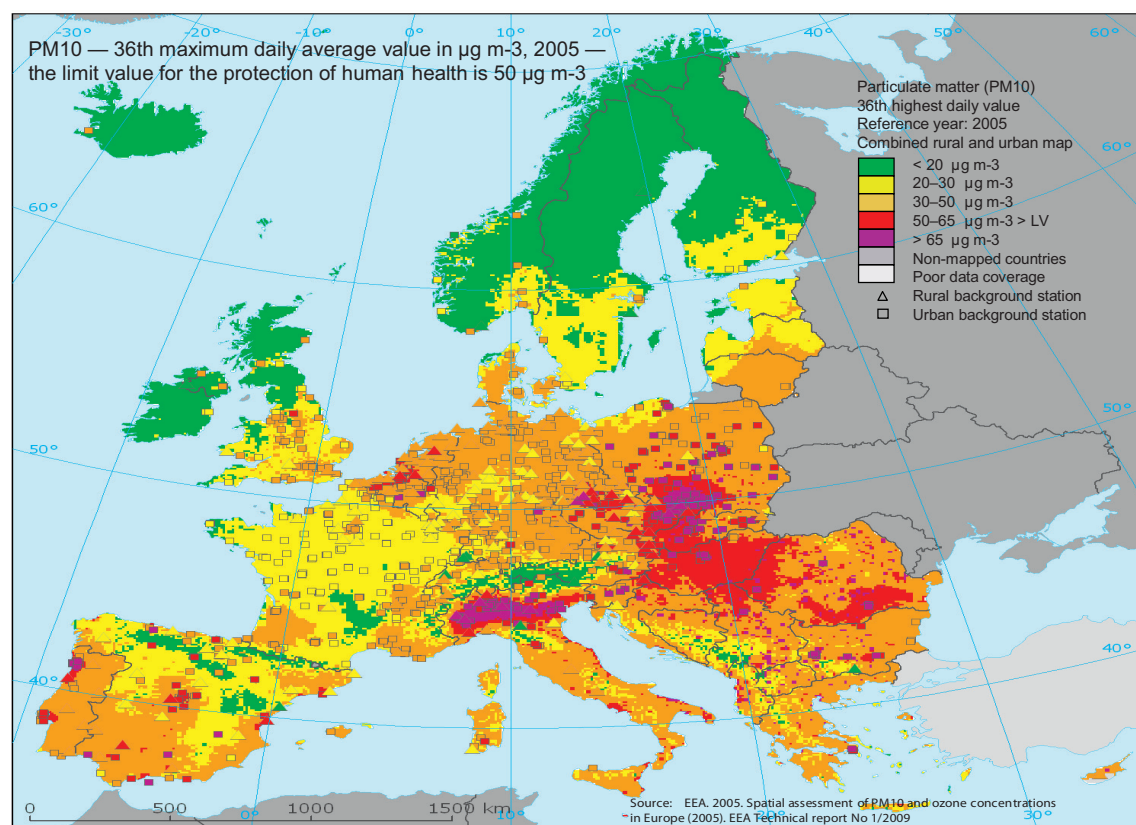
1970-talet. Årsmedelvärdena i gaturummet i svenska tätorter ligger generellt under EU:s riktvärde. Överskridanden förekommer dock på de mest utsatta platserna i storstäderna.

Några överskridanden av de värden som gäller för marknära ozon rapporteras inte vid någon av de svenska mätstationerna under 2008, i motsats till vad som gäller för många länder på den europeiska kontinenten, främst medelhavsländerna. Inte heller halterna av partiklar överskrider gällande värden, annat än lokalt på några få tätt trafikerade leder. I ett europeiskt perspektiv är luften förhållandevis god i såväl inom som utom svensk stadsmiljö (Figur 20).

Halt vinterhalvår (mikrogram svaveldioxid/m³)



Figur 19: Halter av svaveldioxid i utomhusluften i Göteborg 1960-2005



Figur 20: Halter av partiklar i utomhusluften i Europa 2005

Kommentar

De åtgärder som vidtagits för att begränsa sura gaser (svaveldioxid, kvävedioxid) har givit goda resultat. Halterna i utomhusluften i landets tätorter sjunker år från år. När det gäller kvävedioxid är kvarvarande utsläpp i huvudsak kopplade till biltrafiken. Lägre utsläpp per fordon som följd av bättre förbrännings- och reningsteknik har delvis ätits upp av ökande biltrafik. Med hänsyn till att bilarna, efter hand som nya bilar ersätter befintliga, kommer att släppa ut allt mindre föroreningar

i avgaserna är det rimligt att anta att även kväveoxiderna kommer att sjunka till acceptabla nivåer. Det gäller även de inandningsbara partiklarna (PM_{2,5}, PM₁₀). Beräkningar i anslutning till det som Auto-oil direktiven visar att utsläppen från vägtrafiken (SO₂, NO₂, CO, VOC, bensen) väntas minska till en femtedel under åren 1990-2020. Utsläppen av partiklar väntas att drygt halveras under samma period. När det gäller marknära ozon skedde inget överskridande av korttidsvärdet överhuvudtaget i Sverige under 2008 vid någon av de svenska 12 mätstationerna. Även dessa värden kan dessutom förväntas sjunka efterhand. Som exempel på situationen i sistnämnda avseende i andra delar av EU kan nämnas att motsvarande mätningar i norra Italien visar på frekventa överskridanden, på vissa håll upp till 70-80 procent av tiden.

Luftkvaliteten i svenska tätorter har förbättrats dramatiskt de senaste decennierna. Särskilt goda är resultaten när det gäller halterna av svaveldioxid i utomhusluften. Den genomgående trenden för halterna av samtliga luftföroreningar i utomhusluften är sjunkande. Endast få överskridanden sker av gällande värden för EU-länderna. Kvarvarande luftföroreningar är i huvudsak kopplade till avgaser från bilar. Tekniken för begränsningar av luftföroreningar från nya bilar är bättre än från de befintliga, varför utsläppsutvecklingen kan förväntas förbättras efterhand som äldre bilar skrotas. Det är därför mycket som talar för att de kortvariga överskridanden som fortfarande uppträder här och var är ett övergående fenomen.

FÖRORENING AV SJÖAR OCH HAV

Problemet

Två problemområden får illustrera denna fråga, dels övergödning av sjöar och hav, dels allmän nedsmutsning. I havsmiljön är *övergödning* (eutrofiering med ett vetenskapligt begrepp) ett av de allvarligaste hoten. Huvudorsaken är spridningen av närsalterna fosfor och kväve. Dessa finns naturligt i miljön. Det är de extra tillskotten som förorsakar problemen. En stor spridning sker genom jordbrukets spridning av gödsel för att jorden skall ge större skördar. En annan är utsläppen från vattentoiletter via de kommunala VA-systemen. Sammansättningen och beståndet av fisk har också betydelse för hur övergödningen utvecklas. Den andra sidan av myntet är att dessa ämnen efter utsläpp i sjöar och hav bland annat orsakar algbloomning, som leder till att vattnet blir grumligt, tångbältena minskar och artsammansättningen förändras. I värsta fall uppstår syrebrist på bottenarna då algerna sjunker till botten och tär på bottenvattnens syre under nedbrytningen. De har alltså ungefär samma effekt i sjöar och hav som på land – de ger näring åt produktionen. Skillnaden är att produktionsökningen som följd av närsalterna i vatten är oönskad. För stort uttag av fiskbestånden är också en annan sida av myntet.

Östersjön har troligen länge uppvisat de symptom som är karakteristiska för övergödning. Mätningar visar att syrebristsituationer har förekommit i flera hundra år. Syrebrist i bottenvattnen i Östersjön är alltså i sig från tid till annan en naturlig företeelse. Däremot är frekvensen av dessa händelser och omfattningen större från 1950-talet och framåt. Det som utsläppen av närsalter de senaste decennierna har bidragit med är att oftare sänka de redan låga syrehalterna i bottenvattnen till helt syrefritt. I syrefria vatten bildas svavelväte och befintliga närsalter från botten frigörs. Syresättning sker regelbundet när syresatt vatten från Nordsjön tränger in i Östersjön via Bälten i samband med stormar. Bottenlevande organismer har blivit fler och större under den period som vi redovisar i denna rapport. Det är förändringar som är typiska för ett näringsrikare vatten. Men detta gäller bara ovanför den nivå där syrebrist råder. Östersjöns bräckta vatten med varierande salthalt är en ytterligare komplicerande faktor och gör att detta innanhav i sig är en svår biotop för många arter. En ytterligare komplikation är att Östersjön ligger långt norrut, är delvis avsnört från andra havsområden, är ett förhållandevis grunt hav med stort avrinningsområde, dvs det är stora landområden med verksamheter som påverkar.

Siktdjupet, som är ett enkelt mått på graden av övergödning, har minskat från ca 9 m till ca 6 m i Östersjön under den aktuella perioden. Detta bekräftar förändringarna. Även Västerhavet är drabbat. Massutvecklingen av alger 1988 med bl a omfattande säldöd som följd är ett tydligt exempel. Den utlösande dödsorsaken var i det fallet en influensaliknande sjukdom. Vilket som var "hönan och ägget" i detta fall är inte klarlagt.

Även många sjöar och vattendrag är kraftigt övergödda. Cirka 800 av 60 000 sjöar i Sverige bedöms vara övergödda och cirka 50 kraftigt övergödda (Naturvårdsverket, 5364). Effekterna är i stort sett samma som i havet. Problemen med övergödning av sjöar finns framför allt i södra Sverige, men tecken finns även i fjällområdena. Växtligheten förändras successivt när kväve lagras upp i marken i skogar, ängs- och betesmarker. Arter som är anpassade till näringsfattiga miljöer trängs undan. Hälsoproblem hos människor kan också uppstå genom att grundvattnet i områden med intensivt jordbruk kan ha höga halter av nitrat.

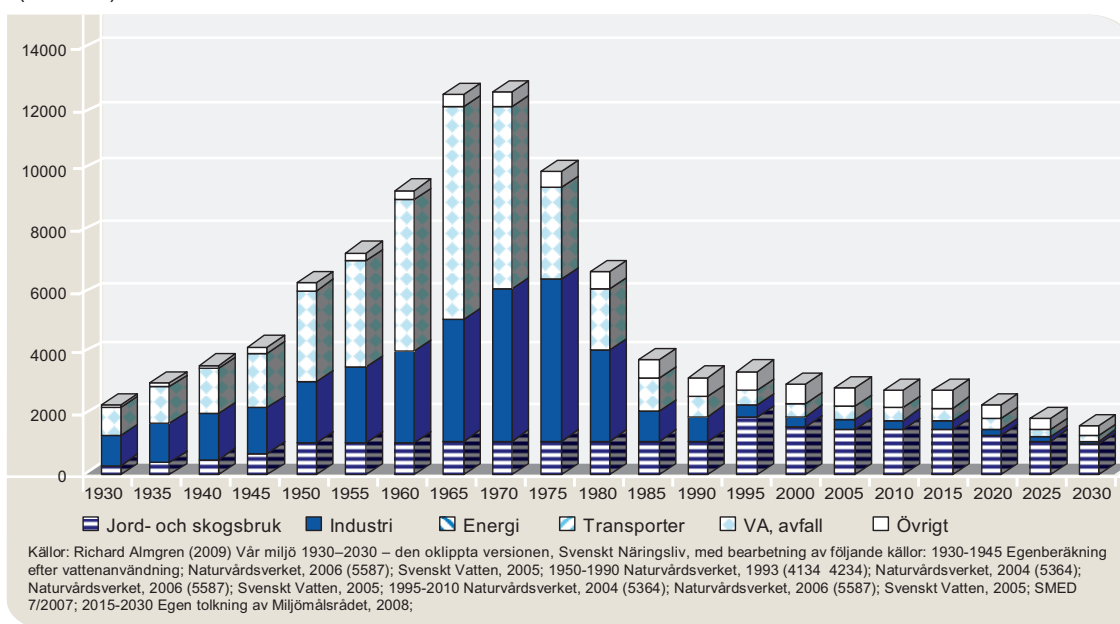
Allmän nedsmutsning var tidigare ett större problem än idag. Anledningen till att denna fråga redovisas här är att det finns långa serier med vattenförorening av karaktär "allmän nedsmutsning". Dessa mätserier indikerar utvecklingen när det gäller vattenförorening.

Förorening av sjöar och hav med *vissa kemiska produkter* (s k POPs) och *vissa metaller* behandlas i ett kommande avsnitt i denna rapport.

Orsaker

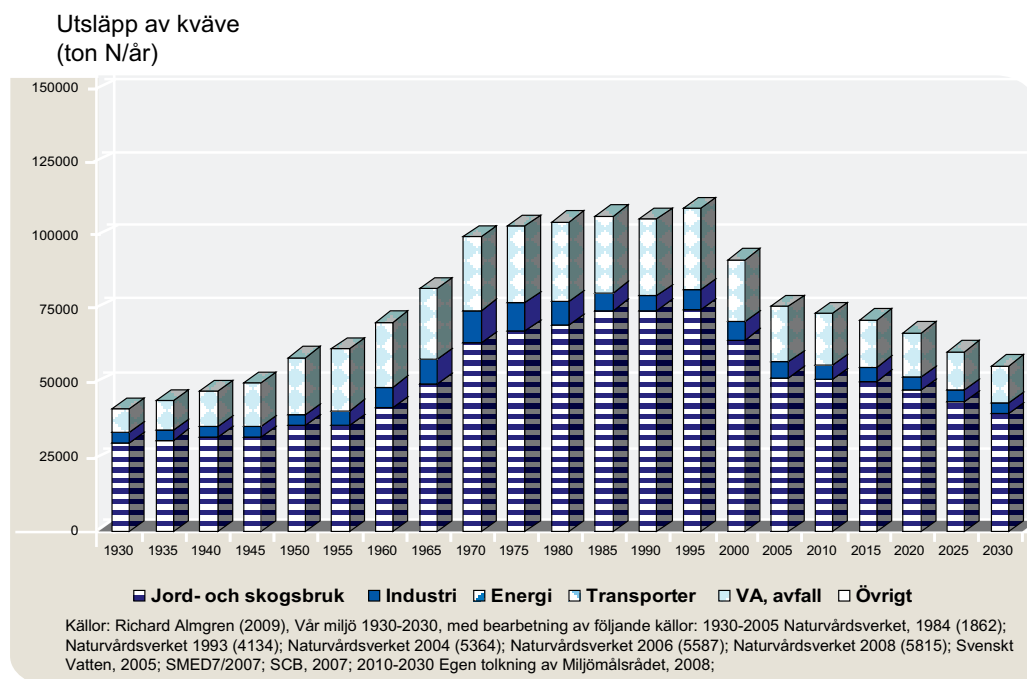
Övergödning orsakas av för höga halter av närsalter som fosfor och kväve i marken eller vattnet. Utsläpp av sådana ämnen sker främst från jordbruk och tätorter. Tillgången på närsalter som fosfor och kväve är ofta den begränsande faktorn för produktionsökning i vattenmiljön. I växter förekommer dessa ämnen ungefär i förhållandet 16:1. Om kvävetillförseln är större än detta förhållande är det tillgången på fosfor som styr tillväxten. Utsläppen av fosfor har minskat i avsevärd grad, särskilt från industri och kommunala avloppsverk. Även spridningen av närsaltet kväve har minskat men inte alls i samma utsträckning som för fosfor (Figur 21 och 22). Dessa näringsämnen

Utsläpp av fosfor
(ton P/år)



Figur 21: Utsläpp av närsaltet fosfor (P) till vatten i Sverige 1930-2030

hamnar också i miljön, t ex genom nedfall från luften av kväveoxider från trafik och kraftverk. Det atmosfäriska nedfallet av kväveföreningar till Östersjön är 2-3 gånger större än det svenska bidraget från landbaserade källor. Huvuddelen av nedfallet av kväve och andra närsalter härrör från källor i andra länder. Utsläpp av kväve från jordbruk, industrier, hyggen, och kommunala avloppsreningsverk leder, tillsammans med kvävenedfall över sjöar och hav, till övergödning av havet. Förhöjda halter av kväve i vattnet ger en ökad produktion av många organismer och ger ofta också en ändrad sammansättning av arter. Det medför försämrat siktdjup, kraftiga algbloomningar och försämrad syresättning i bottenvattnet.



Figur 22: Utsläpp av närsaltet kväve (N) till vatten i Sverige 1930-2030

Utsläppen av organiska ämnen och synliga föroreningar har minskat kraftigt sedan slutet av 1960-talet (Figur 23 och 24).

Vidtagna åtgärder

De åtgärder som vidtagits är framförallt följande:

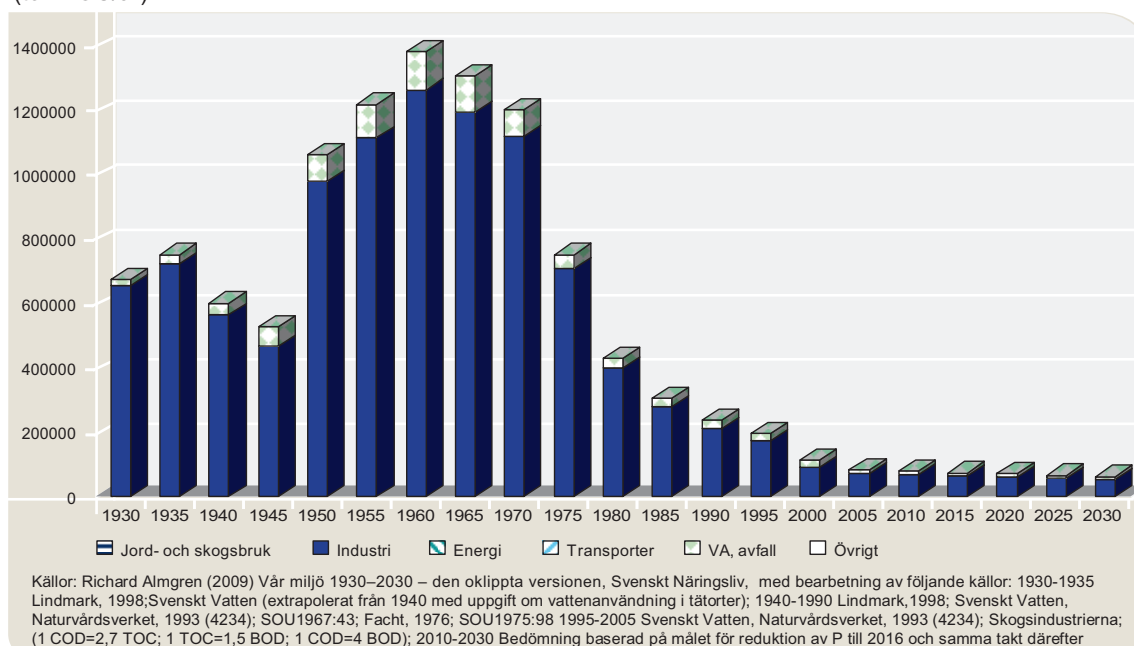
- Rening av fosfor i avloppsreningsverk
- Förbud mot fosfater i tvättmedel
- Bättre reningsmetoder i jordbruk
- Mindre gödsling
- Rening av utsläpp från industri
- Skatt på handelsgödsel (1984, 1994)

De nordiska länderna och Tyskland har infört effektiv rening av avloppsvattnet från tätorterna medan de andra länderna runt Östersjön ligger efter i utbyggnaden.

Miljöpolitikens krav

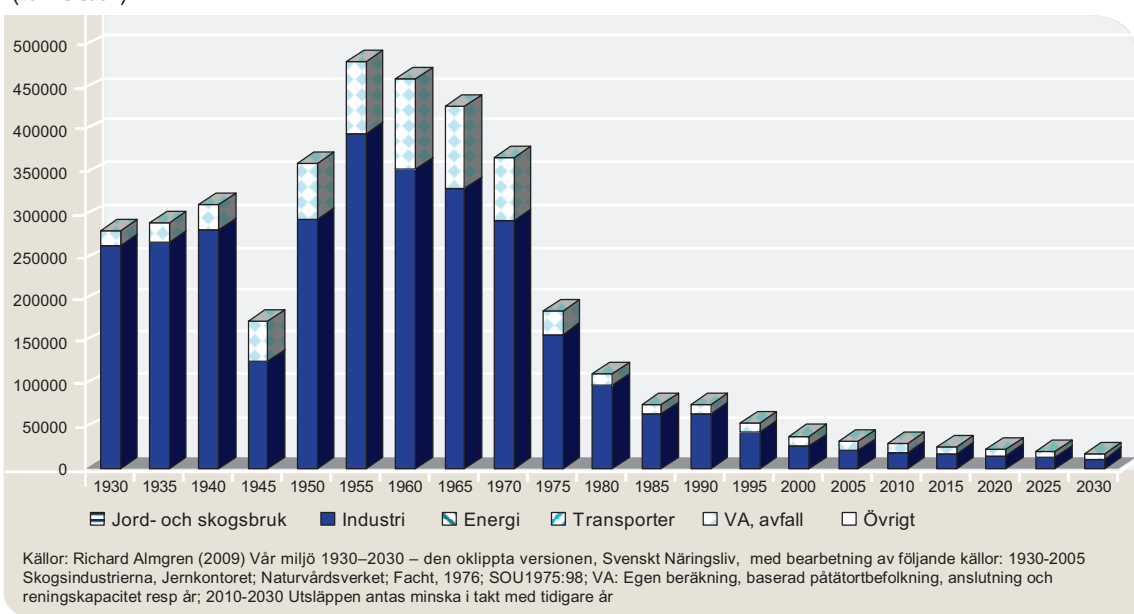
En internationell konvention, Helsingforskommissionen, HELCOM, reglerar medlemslänernas åtaganden. Medlemsländerna har kommit överens om en aktionsplan för Östersjön, Baltic Sea

Utsläpp av organiska ämnen (ton TOC/år)



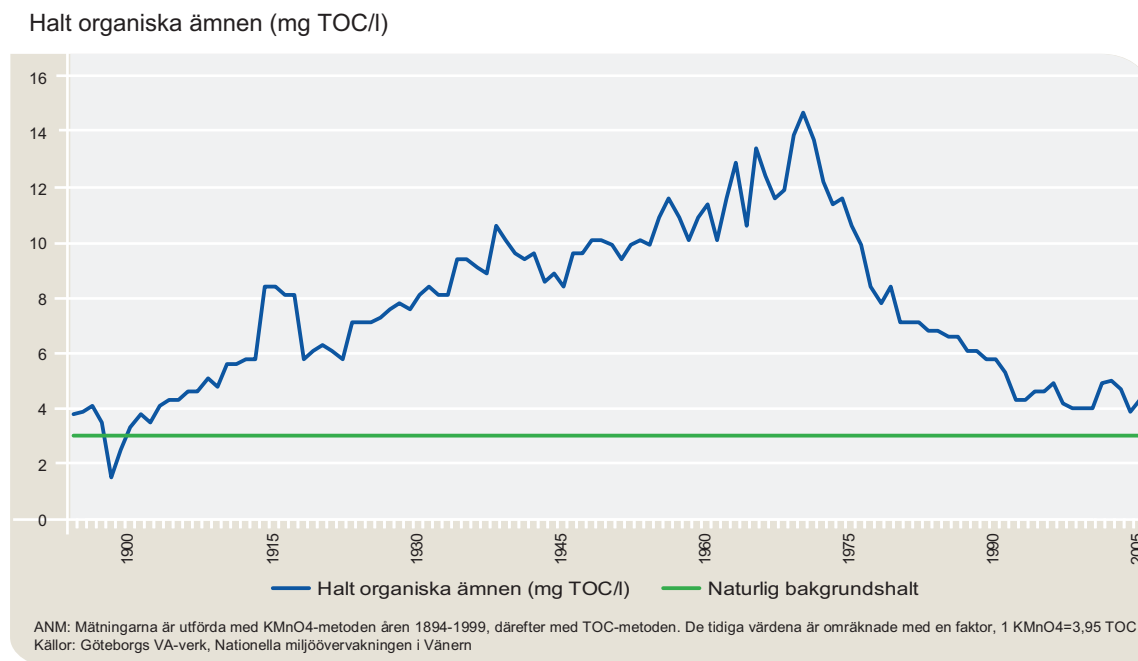
Figur 23: Utsläpp av organiska föroreningar till vatten i Sverige 1930-2030

Utsläpp av suspenderade ämnen (ton SS/år)



Figur 24: Utsläpp av synliga föroreningar till vatten i Sverige 1930-2030

Action Plan. Aktionsplanens övergripande mål är att Östersjön skall ha god ekologisk status år 2021. Utsläpp av de typer av föroreningar som behandlas i detta avsnitt regleras i regel i tillstånden till verksamhet enligt miljöbalken (9 kap 6§).



Figur 25: Vattenkvaliteten i Vänern 1896-2005

Naturens svar på vidtagna åtgärder

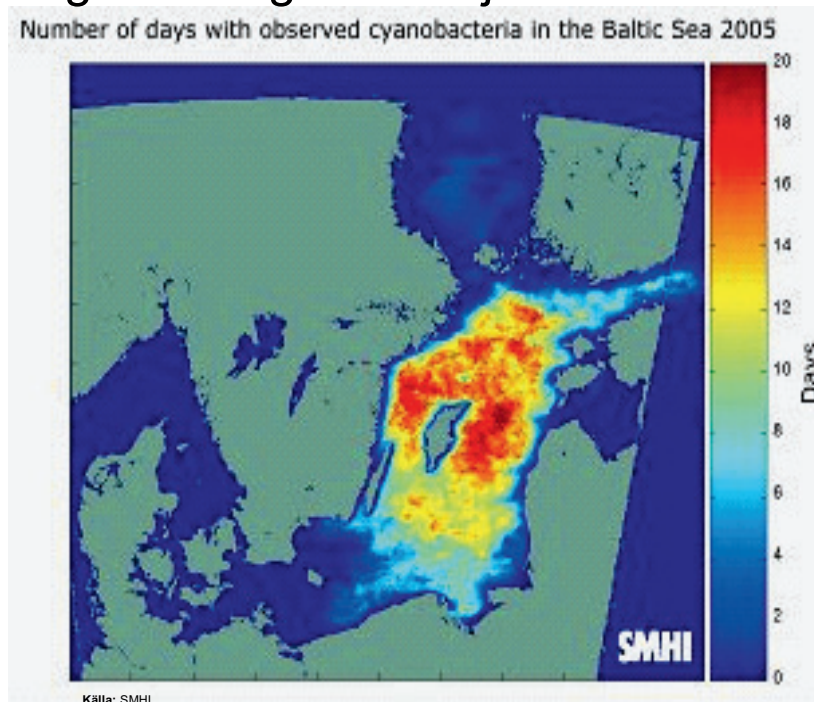
Vattenkvaliteten i landets största sjö, Vänern, försämrades under hela 1900-talet fram till omkring 1970, då trenden vände mot en förbättring. Utvecklingen i vattenkvalitet följer därmed samma utveckling som gäller för utsläppen av föroreningar (Figur 25). Minskade utsläpp av närsalter i sjöar har lett till bättre vattenkvalitet. Vattenkvaliteten är enligt dessa mätningar nu på samma nivå som i slutet av 1800-talet, dvs innan den stora utbyggnaden av massa- och pappersbruken i Värmland som ligger uppströms Vänern.

Däremot kan inga förbättringar noteras för Östersjön när det gäller övergödning. Kraftiga algblomningar uppträder frekvent i Östersjön, särskilt sommartid i samband med högtryck då det är soligt, varmt och vindstilla. Det är situationer som gynnar massutveckling av alger i vattenmassan (Figur 26). Den förbättring som kan noteras är att de samlade utsläppen av närsalter från länderna kring Östersjön nu har vänt och minskar. De svenska bidragen till de samlade utsläppen har minskat under flera år.

Kommentar

Eutrofiering – eller med ett enklare ord övergödning - av sjöar är i grunden ett naturligt fenomen. Sjöar grumlas och växer igen. Utsläppen av närsalterna fosfor och kväve till sjöar och hav har gjort att denna utveckling har påskyndats, i vissa fall högst avsevärt. En dryg procent av svenska sjöar bedöms vara övergödda, en knapp promille kraftigt övergödda. I sjöar är ofta närsaltet fosfor den faktor som gör att försämring av vattenkvaliteten med algblomningar uppkommer. De biologiska processerna i vattnet är mycket känsliga för varje sådan ökning av halten närsalter. De minskningar som hittills åstadkommit är inte tillräckliga för att sjöar generellt skall återhämta sig. Det är framförallt jordbruket som fortfarande tillför för stora mängder. Efter det att utsläppen minskats har denna utveckling emellertid kunnat hävas för många sjöar genom naturens självläkande förmåga. Kompletterande insatser behövs för att minska spridningen inom jordbruket och förbättrad rening av kommunalt avloppsvatten.

Algblomning i Östersjön 2005



Figur 26: Algblomning i Östersjön 2005

Östersjöns trofigrad, dvs grad av övergödning, har också påskyndats. När det gäller Östersjön har utvecklingen nu gått så långt att syrebrist uppstår allt oftare i bottenvattnen, bl a med följden att närsalter som sedimenterat på botten åter görs tillgängliga för de biologiska processerna i vattenmassan. Det uppstår en "ond cirkel" med näringsrikt vatten som förorsakar algblomning och som i sin tur tar bottenvattnens syre i anspråk vid nedbrytning med syrebrist som följd. Det är mot denna bakgrund en stor utmaning att häva denna utveckling för Östersjöns del. Havsvattnet i den på bilden avbildade situationen kunde närmast liknas vid ärtsoppa (Figur 26).

UTARMNING AV VÄXTER OCH DJUR

Problemet

Utarmning av växter och djur orsakas mer eller mindre av alla de miljöfrågor vi berört. Avgränsningen i detta avsnitt är den påverkan som kemiska produkter har genom sina inneboende egenskaper. Det är ett stort område med många olika ämnen. Några tydliga exempel som tidigt identifierats lyfts fram som illustration. Det gäller främst vissa metaller som kvicksilver, bly och kadmium samt persistenta organiska ämnen (POPs). De nämnda metallerna har prioriterats i internationella konventioner som särskilt viktiga att begränsa. Ett stort antal förorenade områden från industrialismens tidigare skeden finns fortfarande kvar. Det som är gemensamt med dessa ämnen är att de fullgjorde en nyttig tillämpning. De har alla egenskaper som efterfrågas i många industriella sammanhang. Den andra sidan av myntet är att de ämnen som vi berör är sådana som också har en skadlig inverkan på miljön när de släpps ut. De är giftiga, långlivade, tas upp av levande organismer och har en förmåga att spridas i miljön. Det här gäller både vissa organiska ämnen, som PCB, och vissa oorganiska ämnen, som metaller. Den tidigare redovisade frågan om uttunnning av ozonskiktet orsakad av CFC är av denna karaktär. Med hänsyn till de speciella effekterna av spridningen av dessa ämnen behandlas denna fråga särskilt i denna rapport.

POPS

Många organiska ämnen är byggstenar för allt liv och ingår i naturens ständiga kretslopp. Men det finns även vissa organiska föreningar, framför allt sådana som människan lärt sig att tillverka, som redan i låga halter utgör en risk för allt levande. De egenskaper som är oönskade från miljösynpunkt är sådana ämnen som är långlivade (persistenta), har förmågan att upplagras (bioackumulerbara) och är cancerframkallande, påverkar arvsmassan och förmågan till fortplantning (toxiska). Persistenta organiska ämnen är stabila mot kemisk och biologisk nedbrytning, det vill säga de är långlivade i miljön. De flesta av dessa ämnen är fettlösliga och har hög benägenhet att adsorberas till organiskt material. Andra egenskaper är hormonstörande eller kraftigt allergiframkallande. PCB och DDT får utgöra exempel på denna typ av ämnen. DDT syntetiserades av den schweiziske forskaren Paul Müller på 1930-talet. För denna insats fick han Nobelpriset i medicin 1948. DDTs nyttiga egenskaper var otvetydiga. Senare framkom den andra sidan av myntet, nämligen att de negativa egenskaperna för miljön var oacceptabla. Miljöegenskaperna hos samtliga dessa ämnen är kända sedan länge. Rachel Carson fäste uppmärksamheten på problemet med spridning av bekämpningsmedel med innehåll av DDT, kvicksilver mfl i miljön genom sin bok *Tyst vår* 1962. Inget av de bekämpningsmedel som Carson nämnde i boken används längre i Sverige (Tabell 2). Men det finns ett stort antal andra ämnen som också har liknande egenskaper. Ett exempel är PCB som är stabilt och bioackumuleras i miljön. PCB är mycket giftigt för vattenlevande organismer och ger störningar i fortplantningsförmågan hos fisk och vattenlevande däggdjur t ex sälar. Det var

Tabell 2: Översikt över de bekämpningsmedel som behandlades i boken *Tyst vår*

Bekämpningsmedel	År då preparatet förbjöds i Sverige
Aldrin	1970
DDT	1975
Dieldrin	1970
Dinitrofenol	1973
Endrin	1966
Hexaklorbensen	1980
Heptaklor	Ej använt i Sverige
Lindan	1978
Malathion	1978
Parathion	1971
Pentaklorfenol	1980

Källa: Carson, 1962; Keml, 2009

den svenske forskaren Sören Jensen som först identifierade förekomst av PCB hos vattenlevande djur (1966).

Många av dessa kemiska ämnen, till exempel PCB, har aldrig varit avsedda att spridas i miljön men likafullt fått en betydande spridning. Andra ämnen, som DDT, var ett bekämpningsmedel som avsiktligt spreds i miljön. Den tidigare spridningen av klorerat organiskt material som till följd av blekning av pappersmassa är ämnen av denna karaktär.

Metaller

Metaller har många goda egenskaper och därigenom en vid användning med många tillämpningar. Metaller är grundämnena och bryts därmed inte ner. Det är i industriella tillämpningar en

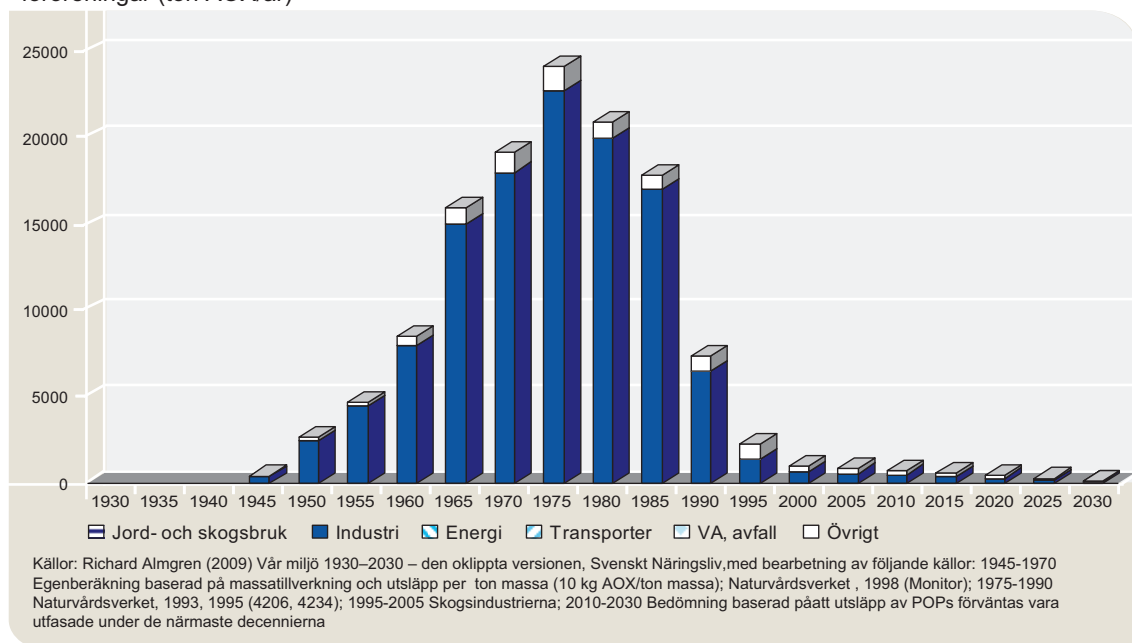
god egenskap. Den andra sidan av myntet och den allvarliga egenskapen är förmågan hos dessa stabila ämnen att upplagras i levande organismer med följd att halterna ökar i näringskedjorna. Flera av metallerna har dessutom toxiska egenskaper. Metallerna kvicksilver, bly, kadmium, krom och koppar får utgöra exempel på denna typ av ämnen. Kvicksilver kan ge skador på mag-tarmkanalen och njurar. Kadmium är cancerframkallande. Bly kan ge skador på nervsystemet. Alla kemiska föreningar med metaller har inte de allvarliga hälso- och miljöeffekter som nämns. I själva verket är de kemiska processerna i naturen komplicerade. För den som önskar öka sina kunskaper i denna del hänvisar vi till speciallitteraturen.

”Historiska miljöfarliga kvarlämningar”, Spontana tippar

Under 2006 uppkom närmare 2,8 miljoner ton farligt avfall. De största avfallsslagen var farligt mineralavfall (bl a PAH-haltig asfalt), uttjänta fordon, förorenade jord- och muddermassor, kemiska rester och avlagringar (en rad olika kemiska avfall ingår i detta) samt farligt avfall från förbränning. De sektorer som alstrade mest farligt avfall var byggverksamhet och hushåll. Farligt avfall hanteras numera i huvudsak korrekt. Tidigare var hanteringsmetoderna outvecklade med följd att en rad ”spontana tippar” uppstod. Idag pågår en omfattande uppreprensning av dess tippar. Mer än 90 procent av de mest prioriterade efterbehandlingsprojekten avser områden som är förorenade med den typ av ämnen som behandlas i detta avsnitt (Naturvårdsverket, 2008).

Förorenade områden kan utgöra ett hot mot människors hälsa och miljön. Naturvårdsverket och landets länsstyrelser har på senare år ”dammsugit” landet på platser, där efterbehandling av förorenade områden kan bli aktuell. Totalt 80 000 platser har man funnit med avsikt att klassificera med avseende på branschtillhörighet och risk i en fyrgradig skala (riskklass 1 mycket stor risk, 2 måttlig till stor risk, 3 liten risk respektive 4 mycket liten risk). Det är enligt Naturvårdsverket bara de områden som tillhör riskklass 1 och 2 som i första hand kommer att bli föremål för efterbehandling. Bedömningen är nu att ca 1 500 (2%) områden tillhör riskklass 1 och ca 22 000 (28%) riskklass 2 och resten riskklass 3 eller 4. Klassificeringen i olika riskklasser beräknas vara klar år 2013.

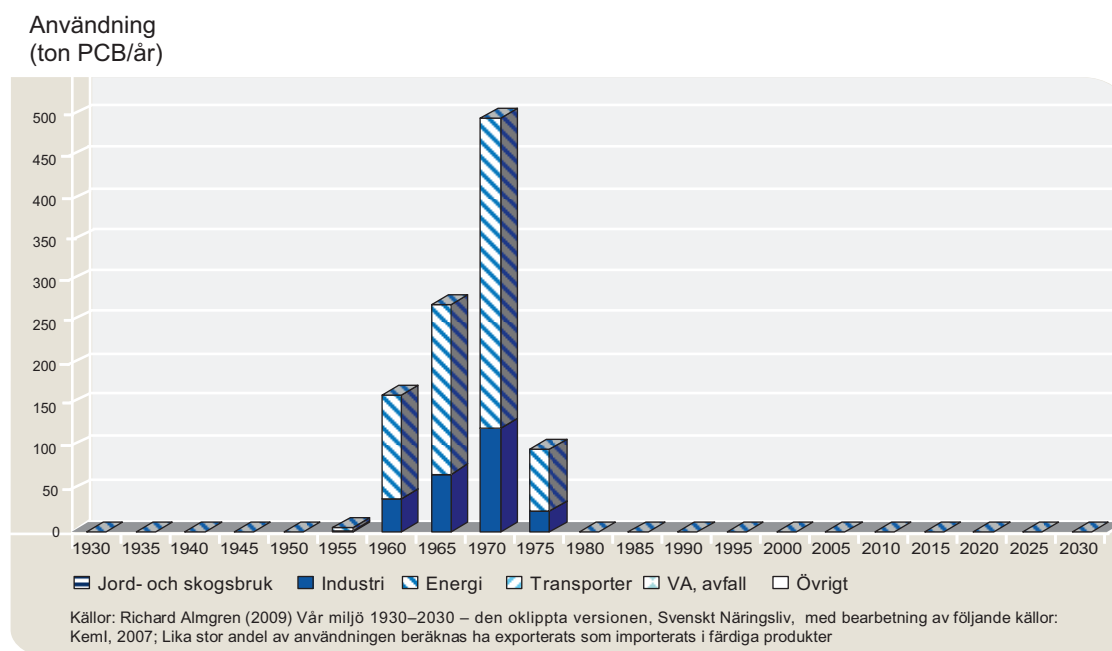
Orsaker
Utsläpp av klororganiska
föreningar (ton AOX/år)



Figur 27: Utsläpp av klororganiska föreningar till vatten i Sverige 1930–2030

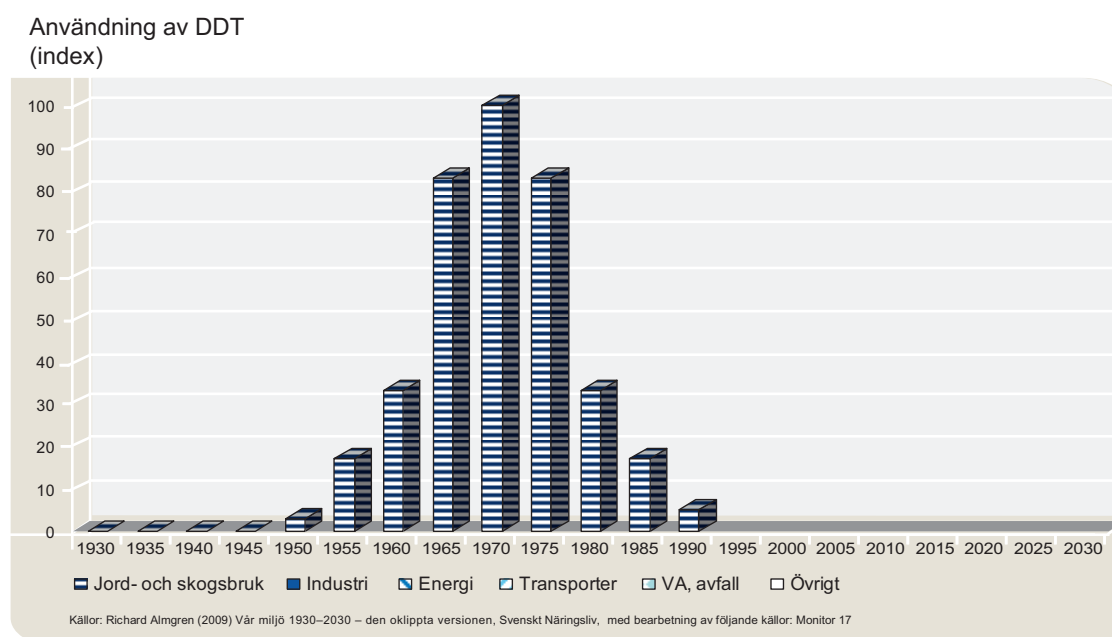
POPs och miljöproblematiske metaller

Det är när kemiska produkter, varor och byggnader med mera tillverkas, används och skrotas som de kemiska ämnena kommer ut i miljön. Det är då risken finns att människor och djur utsätts för dem.



Figur 28: Användning av PCB i Sverige 1930-2030

Ämnen som endast används vid industriella tillverkningsprocesser eller som av annan anledning aldrig varit avsedda att spridas i miljön har trots detta ofta påträffats i naturen. AOX är en summaparameter som mäter allehanda ämnen av detta slag i avloppsvattnet. Utsläppen av dessa komponenter är idag en bråkdel (ca 2%) av den högsta nivån på 1970-talet (Figur 27).



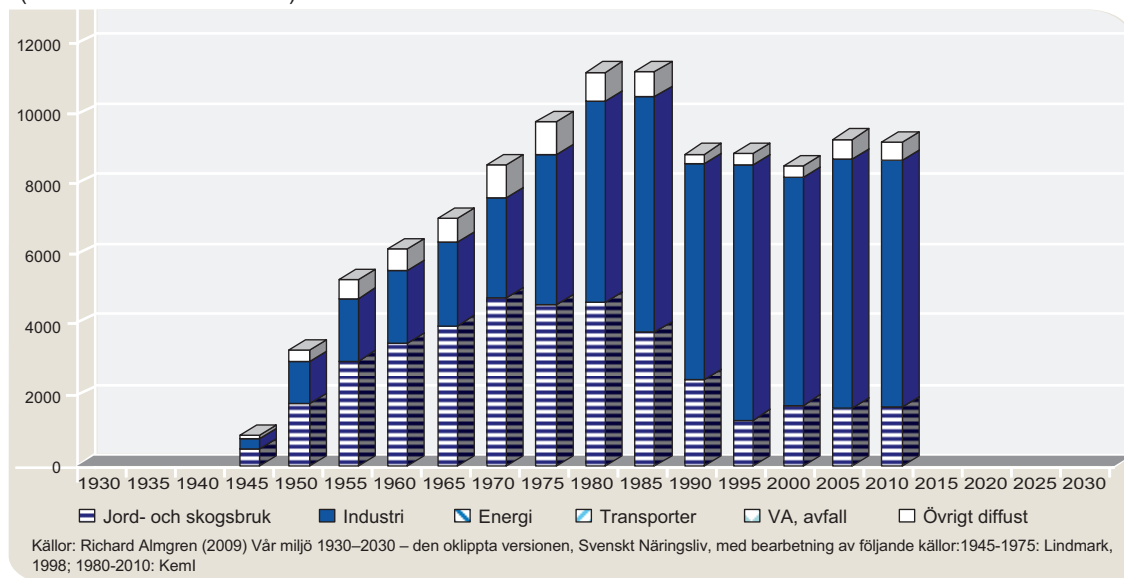
Figur 29: Användning av DDT i Sverige 1930-2030

PCB – polyklorerade bifenyl, är ett samlingsnamn för en grupp ämnen som använts för isolering och smörjolja i kondensatorer (ca 100000) och i transformatorer (ca 200), i fogmassor, färg, självkopierande papper. PCB används inte längre i Sverige (Figur 28).

Bromerade flamskyddsmedel användes tidigare för att minska brandrisken hos textilier och plastprodukter. DDT är ett insektsbekämpningsmedel och används inte heller längre i Sverige (Figur 29). Åtminstone hälften av föroeningen av Östersjön med DDT och PCB tillförs genom nedfall från luften, vilket indikerar att det finns en betydande användning av dessa ämnen i vår omvärld.

DDT och andra från miljösynpunkt problematiska bekämpningsmedel har alltså tagits ur bruk i Sverige. Däremot används fortfarande andra från miljösynpunkt mindre problematiska bekämpningsmedel både i jordbruk och i industriella tillämpningar. I figur 30 illustreras det genom mängden verksam substans som är det gängse sättet att beräkna mängderna. Det bör dock påpekas att den verksamma substansen från olika bekämpningsmedel kan ha vitt skilda effekter ur miljö-

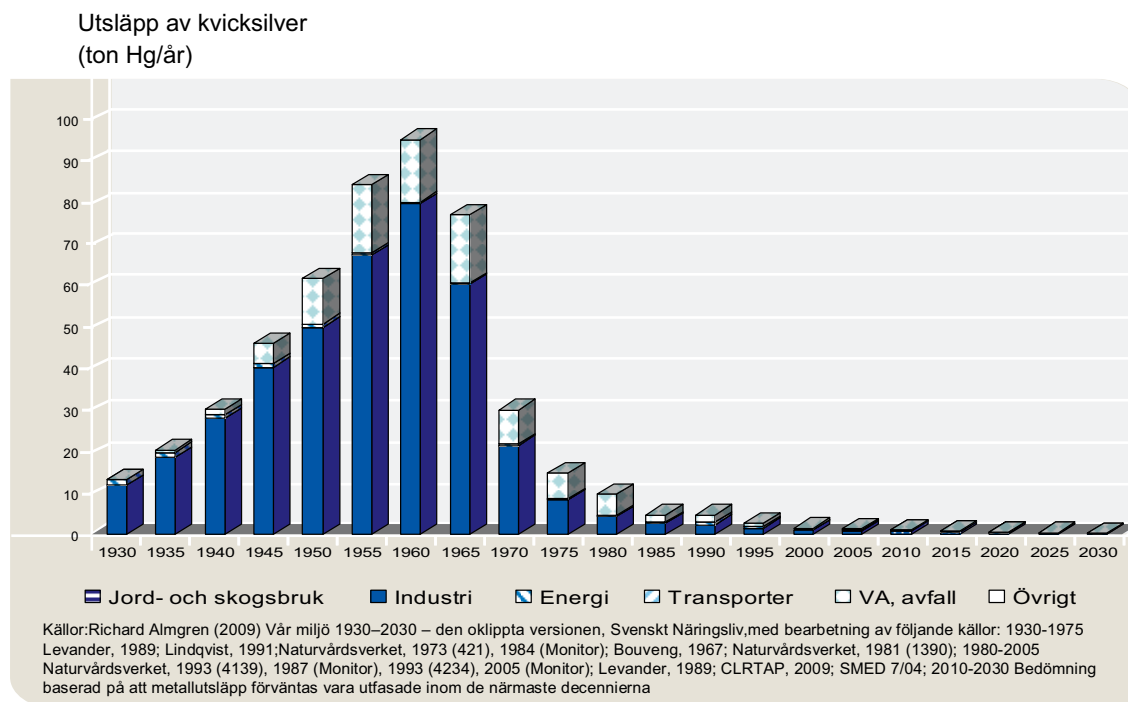
Användning av bekämpningsmedel
(ton verksam substans/år)



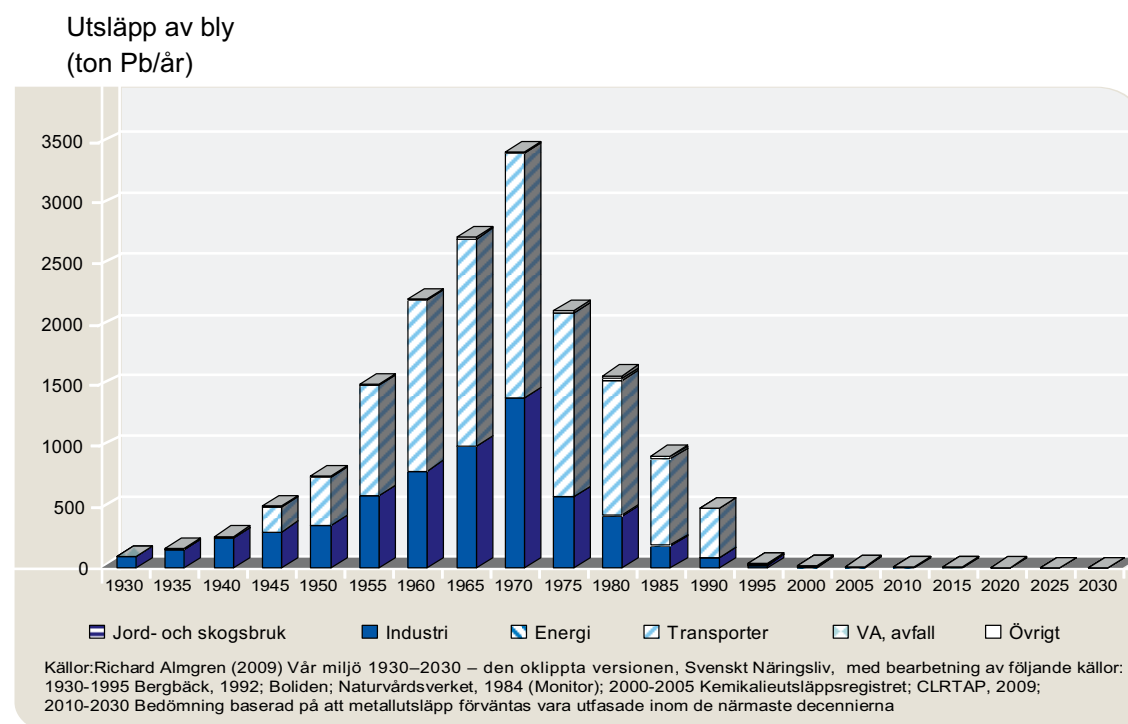
Figur 30: Användning av bekämpningsmedel i Sverige 1930-2030

synpunkt. Det är det gängse sättet att jämföra olika substanser men från miljösynpunkt ett trubbigt sätt att redovisa. Det gör att de verkliga effekterna på människans hälsa och miljön idag är betydligt lägre än vad diagrammet med mängder aktiv substans visar. Den största mängden av bekämpningsmedel från jordbruk avser bekämpning av ogräs. Den helt avgörande mängden av bekämpningsmedel från industrin består av träskyddsmedel. Mängderna bekämpningsmedel sprids på olika sätt, i jordbruket genom spridning på åkrarna medan den industriella användningen huvudsakligen är kopplad till en träprodukt (Figur 30).

Metallerna kvicksilver, kadmium och bly har sådana egenskaper att de bör hanteras så att ämnena inte läcker ut i miljön. Dessa metaller har prioriterats särskilt i de internationella sammanhangen. De negativa egenskaperna gäller i viss utsträckning också andra metaller. Likväl sker regelmässigt såväl avsiktlig och oavsiktlig spridning i miljön av dessa metaller. De direkta utsläppen av dessa metaller är idag mindre än 1 procent av den högsta nivån på 1960- och 1970-talen (Figur 31, 32, 33). Däremot finns det fortfarande en viss spridning från slitage av befintliga produkter i sam-



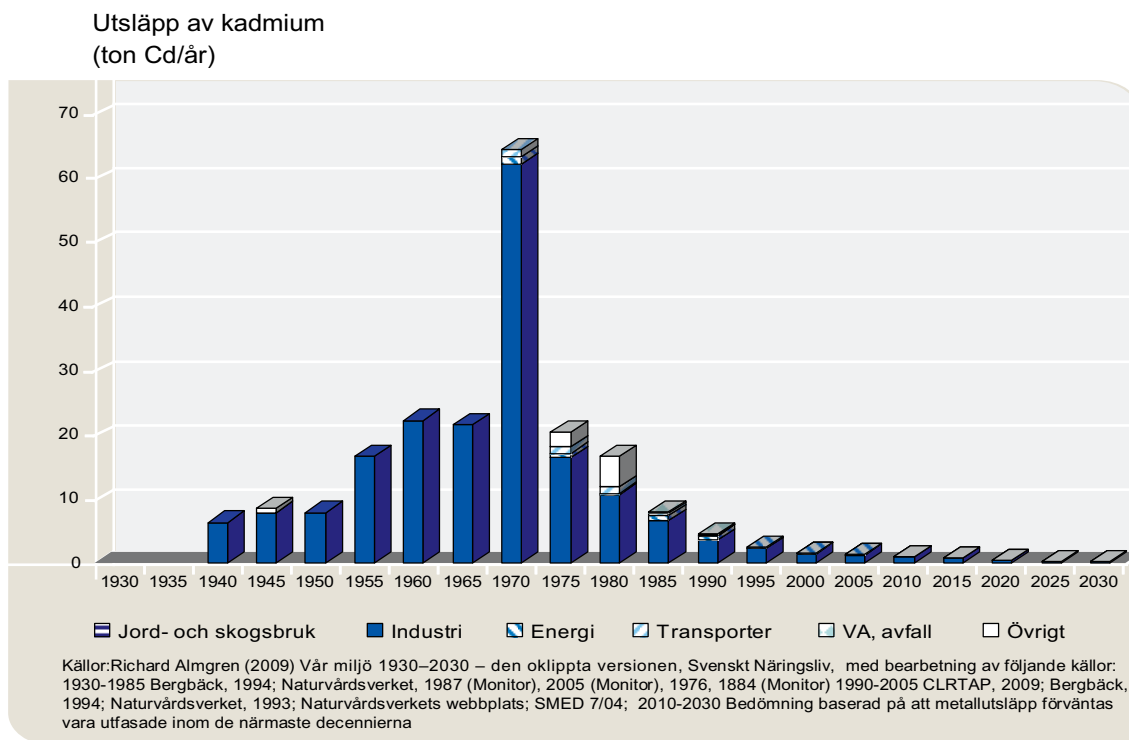
Figur 31: Utsläpp av kvicksilver i Sverige 1930-2030



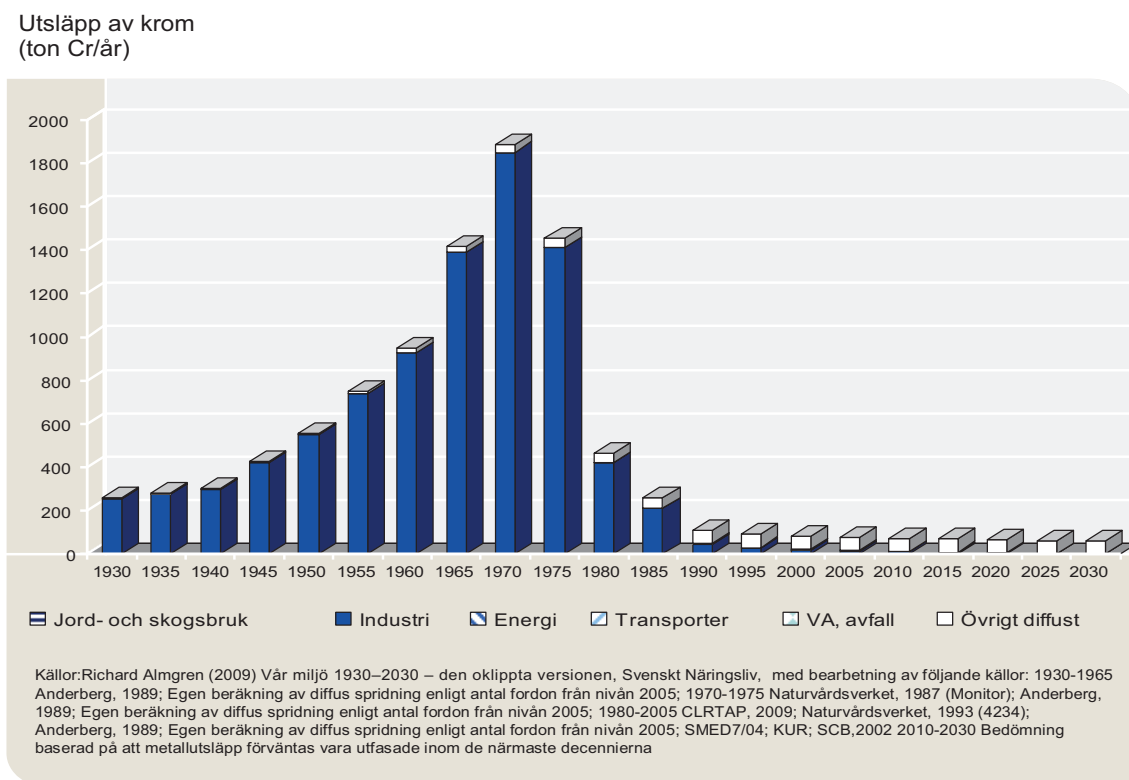
Figur 32: Utsläpp av bly i Sverige 1930-2030

hället. I exemplet krom exemplifieras detta med de vita delarna av staplarna (Figur 34). Uppgift om motsvarande diffusa spridning från de andra illustrerade metallerna saknas för närvarande.

Under årens lopp har en rad spektakulära händelser inträffat som följd av undermåliga rutiner för att hantera denna typ av ämnen. Tre exempel får illustrera detta. Det första exemplet är från Minamata i Japan där den fiskätande befolkningen på 1950-talet drabbades av neurologiska skador



Figur 33: Utsläpp av kadmium i Sverige 1930-2030



Figur 34: Utsläpp av krom i Sverige 1930-2030

(”Minamatasjukan”) som följd av att fisken förorenats med kvicksilver i utsläppen från en närliggande fabrik. Det andra exemplet är från staden Seveso i norra Italien, där flera kilo dioxin släpptes ut i samband med en händelse på en fabrik på 1970-talet. Flera tusen människor fick klorakne och tusentals husdjur dog. Ett direktiv inom EU för att öka säkerheten mot stora kemikalieolyckor, ”Seveso-direktivet”, benämns i dagligt tal efter denna händelse. Det tredje exemplet är från Bhopal i Indien 1984, där ett plötsligt utsläpp av 42 ton metylisocyanat fick mycket allvarliga konsekvenser. Cirka 8 000 människor dog och ca 200 000 människor fick lung- och ögonskador.

”Historiska miljöfarliga kvarlämningar”

Under industrialismens utveckling användes industriella processer och tekniska metoder som med dagens synsätt måste anses som ytterst primitiva. Spill från industriella processer tilläts fara ut i luft, mark och vatten utan nämnvärd kontroll. Kunskaperna om hälso- och miljöeffekter var bristfälliga. Det gör att det ännu idag från tidigare verksamhet finns många förorenade områden som behöver saneras i någon omfattning. Idag är kunskaperna i dessa frågor avsevärt större, medvetenheten högre och tekniken betydligt bättre.

Vidtagna åtgärder

POPs

Användningen av PCB begränsades kraftigt 1971 och förbjöds 1994, även i redan befintliga produkter. Nyanvändningen är sedan länge förbjuden i Sverige och en stor del av den övriga världen. Användning av DDT förbjöds i Sverige 1974. Varken PCB eller DDT används alltså längre i Sverige. Den spridning som trots allt förekommer härrör från källor i andra länder och i viss utsträckning från tidigare användning. Byggnader skall exempelvis vara sanerade från PCB åren 2011-2013. Hittills har mer än 12 000 kemiska ämnen som ingår i kemiska produkter registrerats i Kemikalieinspektionens produktregister. Genom EU:s kemikalielagstiftning, REACH, väntas många av bristerna i kunskaperna om kemiska produkter att kunna avhjälpas. Säkerheten mot stora olyckor av det slag som nämnts ovan har skärpts högst avsevärt.

Miljöproblematiske metaller

Så länge metaller och andra ämnen kan hanteras i slutna system ger de inte upphov till några skador i miljön. Det har dock visat sig vara svårt i många fall att bibehålla slutenheten. Bidraget till miljön av denna typ av metaller i form av direkta utsläpp har dock nästan upphört, åtminstone om man ser frågan i ett miljöhistoriskt perspektiv. En kombination av reglering och specialskatter har gjort detta möjligt. Varor som innehåller någon av de aktuella metallerna och som hamnar i avfallet kan vid förbränning bidra till det atmosfäriska nedfallet eller bidra till spridning på annat sätt.

Metaller som kvicksilver, kadmium och bly finns sålunda fortfarande i mindre mängder i produkter som batterier och glödlampor. Den mängd energisnåla ljuskällor som säljs i Sverige beräknas totalt innehålla mindre än 0,1 ton kvicksilver, dvs det är inte fråga om mängder som innebär en återgång till tidigare förhållanden. Ungefär lika stor mängd finns i batterier. De traditionella glödlamporna innehåller bly. Dessa förbjöds efterhand under åren 2009-2016. Utmaningen är att få användare av dessa produkter att lämna dem i de återvinningssystem som inrättas för insamling av uttjänta produkter.

Det är främst i industriella processer, bensen, färgpigment, plast, kristall, blymantlad kabel, elektronik och hagelammunition som mängderna bly har minskat. Drivkrafterna för denna positiva

utveckling har varit skärpt lagstiftning för vissa användningar av bly i produkter, men även kundkrav och andra frivilliga initiativ inom industrin.

"Historiska miljöfarliga kvarlämningar"

Avfallshanteringen är i dag betydligt mer resurseffektiv och mindre miljöpåverkande än tidigare. I dag har kontrollen över farligt avfall byggts upp med innebörden att praktiskt taget allt sådant avfall hanteras på ett korrekt sätt. En stor del av avfallet återvinns (33%), används som bränsle (20%), energiutvinns (10%) eller deponeras på därför avsedd plats (37%).

Efterbehandling av många förorenade områden är angelägen för att undvika risker vid exponering och spridning av miljögifter. En svårighet med de tidigare "spontana tipparna" är att nu finna en ansvarig, eftersom det ofta har gått lång tid sedan föroreningen inträffade och att förorenaren inte längre kan identifieras. En verksamhetsutövars ansvar för efterbehandling skiftar beroende på när föroreningen skedde (före 1969, 1969-1999, efter 1999). En fastighetsägare kan också göras ansvarig.

Arbetet med att bestämma och bedöma antalet förorenade områden i landet sker i flera steg och utförs huvudsakligen under ledning av länsstyrelserna. I dag räknar Naturvårdsverket med att i stort sett alla potentiellt förorenade områden är identifierade. Antalet uppgår till cirka 80 000. Efterbehandling och sanering med statliga bidrag pågår. Enligt Naturvårdsverkets bedömning är det främst de 1500 efterbehandlingsprojekten i riskklass 1 och 22 000 i riskklass 2 som kommer att efterbehandlas. Landets länsstyrelser har prioriterat 30 projekt vardera som särskilt angelägna att efterbehandla i respektive län ("30-listorna"). En rimlig bedömning är att åtminstone hela innevarande århundrade kommer att passera innan hela "paketet" med efterbehandling är avklarat, under förutsättning att efterbehandlingen görs med ungefär nuvarande takt.

Inventeringar, undersökningar och efterbehandling av förorenade områden bedrivs också i betydande omfattning med annan finansiering än statliga bidrag. Under perioden 1999-2007 har efterbehandlingar bedrivits på fler än 1000 sådana förorenade områden, bl a bensinstationer.

Miljöpolitikens krav

POPs

En global miljö- och hälsoskyddskonvention, Stockholmskonventionen om långlivade organiska föroreningar (Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants, POPs, "Stockholmskonventionen", "POPs-konventionen") syftar till att skydda människors hälsa och miljön från långlivade organiska föroreningar. Arbetet fokuserar i ett första steg på att få bort tolv av de allra farligaste ämnena (bl a DDT och PCB) ur miljön. Redan långt tidigare har användningen av dessa ämnen förbjudits eller starkt begränsats i Sverige. Under 2009 kompletterades denna lista med ytterligare nio ämnen, bl a PFOS (perfluoroktansulfonat). Konventionen, som har arbetats fram inom FN-systemet, undertecknades år 2001 och trädde i kraft 2004. Även i EUs regelverk finns flera direktiv som sätter ramarna för hanteringen av dessa ämnen från olika perspektiv, bl a EUs kemikalielagstiftning REACH, RoHS-direktivet och WEEE-direktivet.

Nyanvändning av PCB är förbjuden sedan länge i Sverige. Ämnet finns kvar i byggnader (byggda eller renoverade 1956-1973) och vissa produkter. Fastighetsägare är skyldiga att inventera och sanera byggnader och anläggningar. Produkter som kan innehålla PCB är små kondensatorer (PCB har använts som impregneringsmedel i sådana). Sådana kondensatorer finns till exempel i diverse elapparater (lysrörsarmaturer, äldre disk- och tvättmaskiner, köksfläktar), transformatorer, fog- och golvmassor, isolerrutor, lättoljekablar och kopplingsutrustning.

Miljöproblematiske metaller

De tre metallerna kvicksilver, bly och kadmium är särskilt prioriterade i protokollen till konventionen om långväga transport av luftföroreningar (CLRTAP). Utsläpp av dessa metaller regleras i regel i tillstånden till verksamhet enligt miljöbalken (9 kap 6§). Vissa produkter som har stor betydelse för att begränsa blyanvändningen har reglerats, t ex bensin, bilar och batterier. Bly i bensin har exempelvis reglerats genom successivt minskade högsta tillåtna halter. Sedan skatteskillnader infördes mellan blyad och oblyad bensin 1986 försvann den blyade bensinen från marknaden under en tioårsperiod. Det kunde genomföras sedan det kommit fram ersättningsmedel till blyet. Den blyade bensinen förbjöds 1995. Ett annat exempel på reglering av blyinnehåll i varor är ett nytt direktiv om begränsning av bly i elektriska och elektroniska produkter. Skatterna på bekämpningsmedel (1984, 1995) och på kadmiuminnehåll i gödselmedel (1994) är andra exempel.

Enligt EUs RoHS-direktiv får kvicksilver, kadmium, bly, sexvärt krom och flamskyddsmedlen PBB och PBDE med vissa undantag inte ingå i nya produkter som släpps på marknaden. Nya tekniska lösningar kan inom överskådlig tid komma att göra kvicksilverinnehållet överflödigt i lågenergilampor. Den nya kemikalielagstiftningen REACH kan innebära att ytterligare begränsningar tillkommer. Miljökvalitetsnormer för utomhusluft har införts för bly, arsenik, kadmium och nickel (EG-direktiven 2004/107/EG, 2008/50/EG; SFS 2001:527).

"Historiska miljöfarliga kvarlämningar"

Tabell 3: Fördelning av länsstyrelsernas sk 30-listor på projekt av olika omfattning

Kostnadsintervall Miljoner kronor/projekt	Fördelning av projekten på olika riskklasser och kostnadsintervall (%)			
	1	2	3	4
Mindre än 1	2,0	4,2		
1-10	24,2	12,2		
10-50	27,1	5,0		
50-100	10,2	0,4		
100-150	3,2	0		
Mer än 150	2,0	0		
Ej kostnadsbedömda			7,5	2,0
Summa	68,8	21,8	7,5	2,0

ANM : Kostnadsbedömningarna i tabellen bygger på länsstyrelsernas regionala program för efterbehandling av förorenad jord i 9 av 21 län: H-, I-, K-, M-, N-, T-, U-, W- och X-län

Källa: Landets länsstyrelser. 2008. Regionala program med efterbehandling av förorenad jord

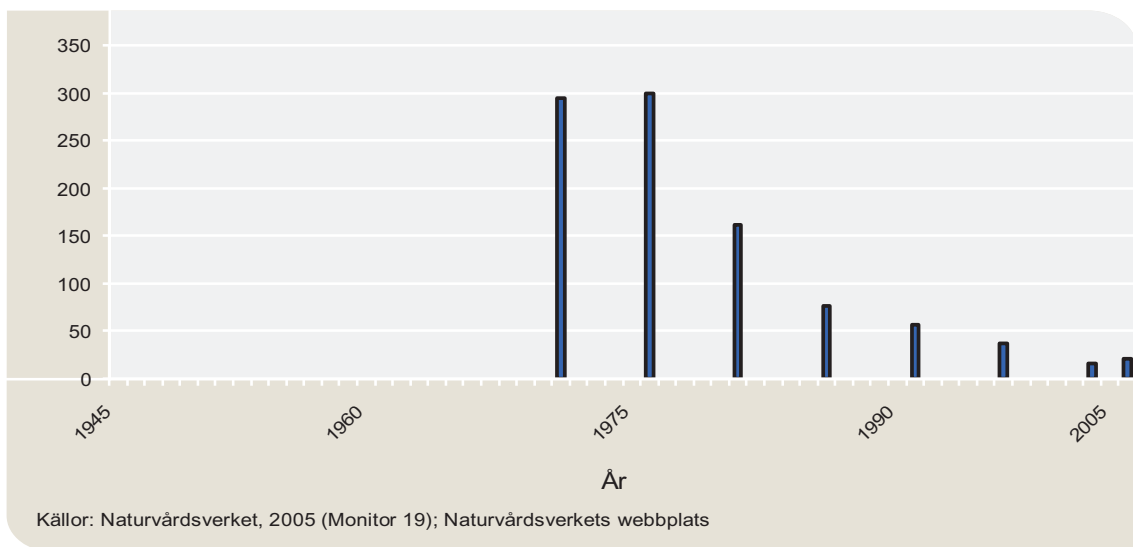
Samtliga förorenade områden som innebär akuta risker vid direktexponering och sådana förorenade områden som i dag, eller inom en nära framtid, hotar betydelsefulla vattentäkter eller värdefulla naturområden skall enligt Naturvårdsverket vara utredda och vid behov åtgärdade vid utgången av år 2010. Åtgärder skall under åren 2005-2010 ha genomförts vid så stor andel av de prioriterade förorenade områdena att miljöproblemet i sin helhet i huvudsak kan vara löst allra senast år 2050. Efterbehandlingen omfattar projekt med olika risk och omfattning, alltifrån små projekt med en bedömd efterbehandlingskostnad under 1 miljon kronor till stora projekt med en

bedömd insats på flera hundra miljoner kronor. Tyngdpunkten ligger i intervallet 10-50 miljoner kronor (Tabell 3).

Sammanlagt kan kostnaderna för efterbehandling av förorenad jord enligt länsstyrelsernas ”30-listor” bedömas till storleksordningen 20 miljarder kronor (10-25 Gkr). För hela den högst prioriterade gruppen (riskklass 1) är det fråga om det dubbla beloppet eller mer (Tabell 2). Om hela gruppen av identifierade efterbehandlingsprojekt i de högsta riskklasserna (riskklass 1 och 2) uppvisar samma storleksfördelning som de 600 mest prioriterade är efterbehandlingen av dessa en fråga om en eller flera hundra miljarder kronor (85-400 Gkr).

Naturens svar på vidtagna åtgärder

POPs
Halt (mikrogram /gram fett)



Figur 35: Halter av PCB i ägg från sillgrissla, Stora Karlsö

Halterna av organiska miljögifter som PCB i strömming från Östersjön har minskat under en lång följd av år. Sedan 1970-talet har halterna av dioxin, PCB och DDT minskat i miljön. Minskningen har dock blivit mindre uttalad på senare år och nivåerna av dioxiner och dioxinliknande PCBer i fisk från Östersjön och i bröstmjölk är fortfarande för höga. Det indikerar att frågan ännu inte är under full kontroll. En bidragande källa till de halter vi ser i miljön i dag kan vara långväga lufttransport. De uppmätta halterna av PCB i ägg från sillgrissla är i dag mindre än 1/10 av motsvarande halter på 1970-talet. Sillgrisslan vandrar mellan länderna runt Östersjön och halterna i äggen återspeglar därför spridningen av ämnet i alla östersjöländer (Figur 35).

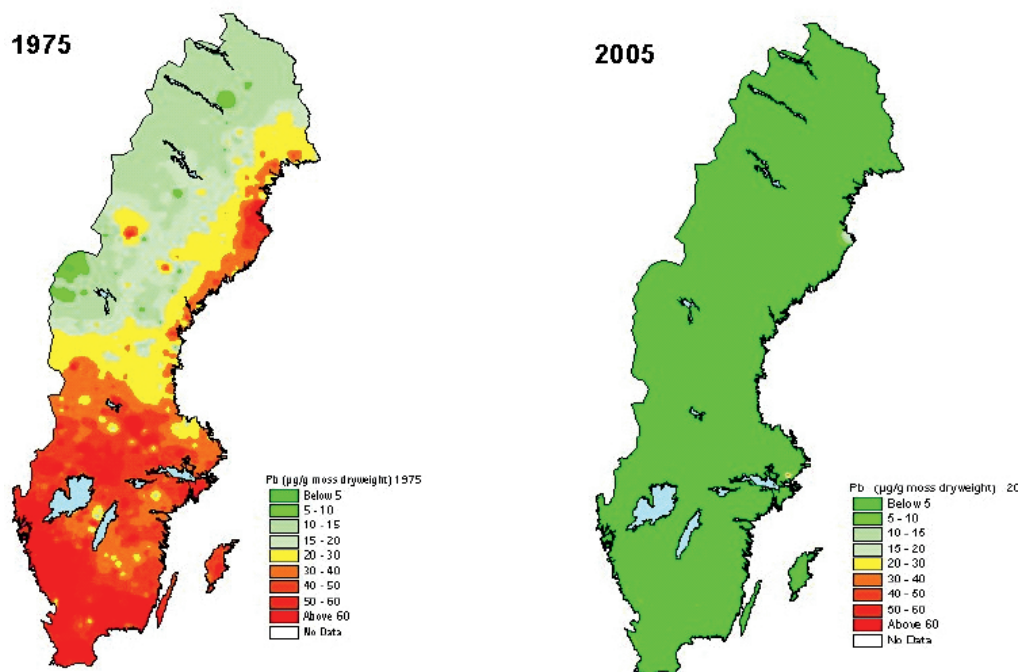
Miljöproblematiske metaller

Åtgärder för att begränsa spridning av aktuella metaller i Sverige har givit positiva resultat. När det gäller effekterna av begränsning av kvicksilver går det inte att utläsa någon tydlig trend i halter i fisk längs den svenska kusten. Halterna är dock lägre än EU:s gränsvärde för kvicksilver i matfisk.

Halterna av kadmium i grundvatten har minskat och är låga över i stort sett hela landet.

Exponeringen av bly i utomhusluften har minskat radikalt. I takt med att användningen av blyad bensin fortsätter att minska både i Europa och i övriga världen kommer nedfallet av bly att minska ytterligare. Halterna i skogsmark förväntas sjunka. Halterna av bly i människors blod väntas fortsätta att sjunka. Bly är en mycket stabil metall i jord. Bly korroderar mycket långsamt i jord och

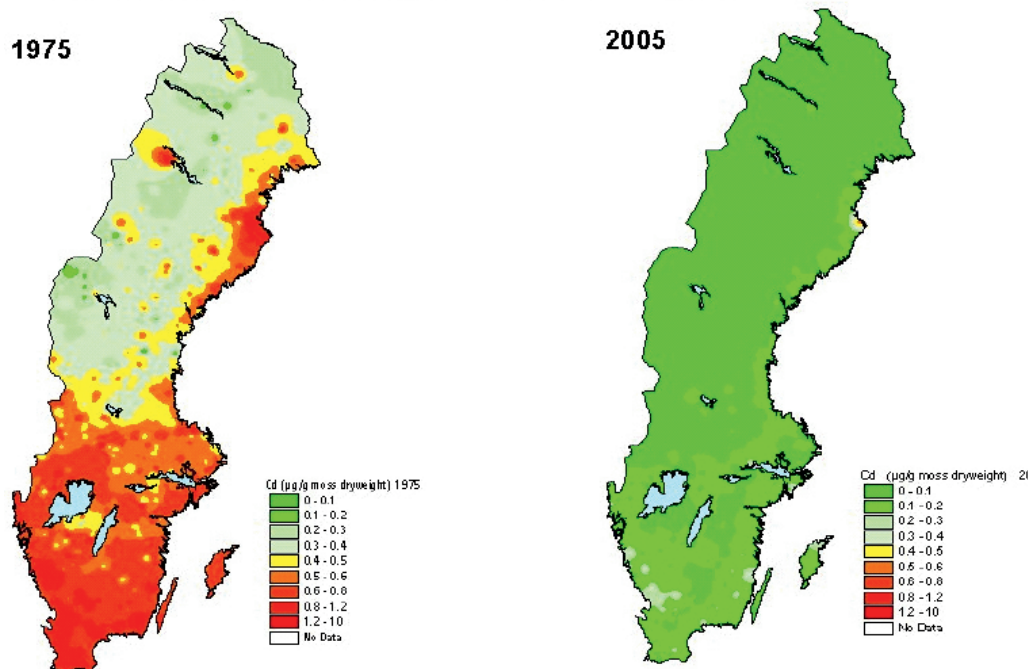
Bly i mossor 1975-2005



Källa: IVL Svenska Miljöinstitutet

Figur 36: Halter av bly i mossor 1975-2005

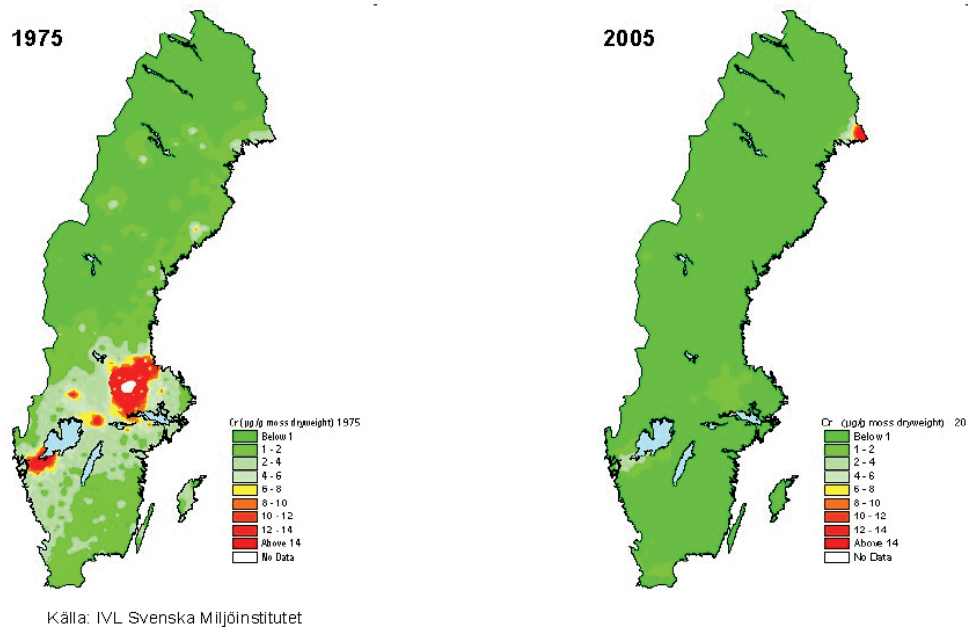
Kadmium i mossor 1975-2005



Källa: IVL Svenska Miljöinstitutet

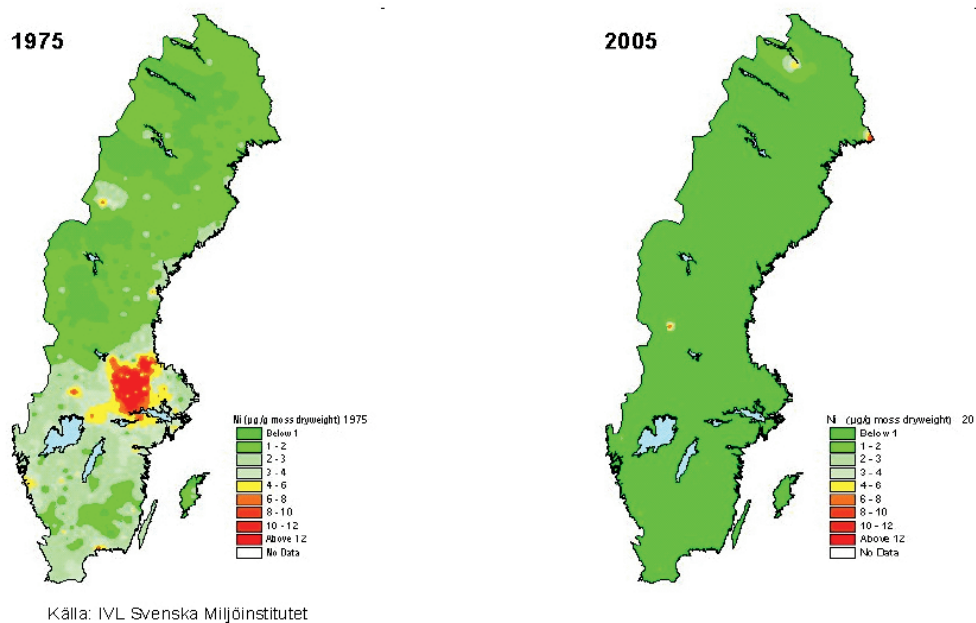
Figur 37: Halter av kadmium i mossor 1975-2005

Krom i mossor 1975-2005



Figur 38: Halter av krom i mossor 1975-2005

Nickel i mossor 1975-2005



Figur 39: Halter av nickel i mossor 1975-2005

utlöst bly bildar omedelbart svårslösliga föreningar, som normalt sitter fast på metallytan (Linder, 1993).

Mossa är en växt som tar upp nedfallande metaller från luften och är därmed en lämplig indikator på metallnedfall. Metallhalterna i växande lager i mossor minskar och är i dag generellt betydligt lägre än motsvarande halter på 1970-talet. Då kunde man tydligt se konsekvenserna i naturen av större punktkällor av respektive metall. Det är metallhalterna i de övre lagren som är tillgängliga för de biologiska processerna i naturen. Det innebär dock inte att metallerna försvunnit – de finns fortfarande kvar i djupare lager som ett arkeologiskt avtryck från 1900-talet (Figur 36, 37, 38, 39).

”Historiska miljöfarliga kvarlämningar”

Några tydliga svar på effekterna i naturen av vidtagna åtgärder har inte kunnat observeras, eftersom ännu förhållandevis få projekt (färre än 100 vid tidpunkten för denna rapport) genomförts med efterbehandling med statliga medel. Däremot finns det goda resultat att redovisa från efterbehandlingen av marken vid övergivna bensinstationer. Cika 5 000 bensinstationer berörs. Denna efterbehandling kommer att pågå under flera år framöver och genomförs helt med privat finansiering av berörda parter (SPINTAB, 2009).

Kommentar

Detta avsnitt har vi illustrerat med några av de mer kända ämnena som har en eller flera av de oönskade egenskaper som nämnts tidigare (är långlivade – persistenta-, har förmågan att upplagras -bioackumulerbara-, är cancerframkallande, påverkar arvsmassan och förmågan till fortplantning). En viktig slutsats kan man dra av de nämnda exemplen: Det går att minska spridningen i avsevärd grad så att de negativa effekterna för människans hälsa och för miljön blir hanterbara.

Det finns fler POPs, metaller och andra substanser än dem som berörts i detta avsnitt. Ett sådant exempel är spridningen av läkemedelsrester som påverkar växter och djur på liknande sätt som POPs. Många av dessa rester passerar rakt igenom reningsverken utan att brytas ned som andra ämnen. Tekniken för reningen i de kommunala avloppsverken behöver alltså förbättras.

Det är ett stort ekonomiskt åtagande att efterbehandla förorenad jord, i nivå med klimatfrågan. Insatserna för att minska den negativa miljöpåverkan från förorenad jord har bara påbörjats. Där är resultaten av insatserna ännu inte så tydliga. En översyn och förfining av grunderna för prioritering av de olika projekten borde göras för att säkerställa att insatserna får avsedd verkan med hänsyn till de stora belopp det är fråga om för att motverka miljöpåverkan.

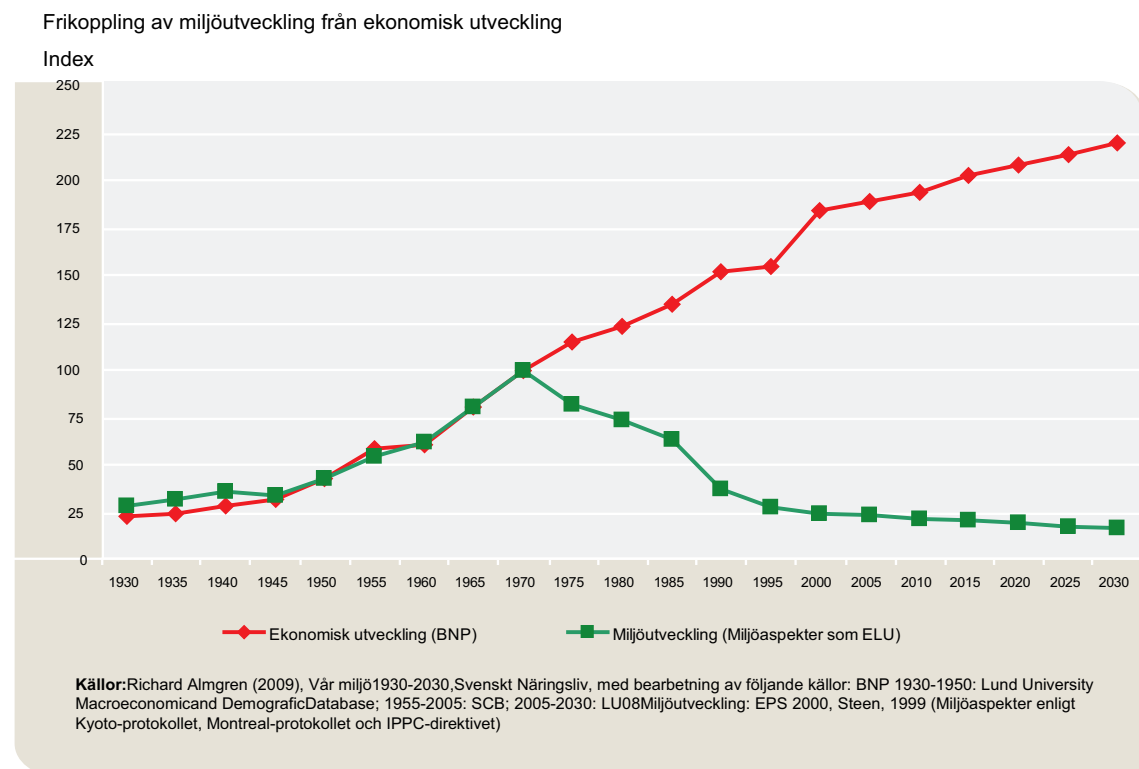
Slutord

Bättre och sämre

Vi ställde inledningsvis frågan om utvecklingen i miljön blir bättre eller sämre. Som vi kunnat visa i rapporten är svaret på frågan att det blir både bättre och sämre. Bättre i vissa avseenden och sämre i andra. Om vi begränsar frågan till på vilket sätt de svenska bidragen påverkar utvecklingen i miljön är svaret entydigt i alla avseenden: Det blir bättre!

Den sammanlagda förbättringen är påtaglig. Under den första perioden (1930-1970) som redovisas i denna rapport samvarierade utvecklingen av landets ekonomi (mätt som BNP) med de miljöaspekter som följde med denna utveckling (mätt som ELU enligt EPS-systemet). Därefter skedde ett tydligt trendbrott. Utvecklingen av ekonomin har fortsatt att förbättras. Däremot har den samlade miljöpåverkan minskat och uppgår i dag till omkring en femtedel av läget 1970. De kvarvarande miljöaspekterna kan huvudsakligen knytas till energiförsörjning och transporter, åtminstone med utgångspunkt i de mätmetoder som använts. Om utvecklingen hade fortsatt på samma sätt efter 1970 som före skulle miljöpåverkan i dag ha varit mångfalt större än vad den faktiskt nu är (Figur 40).

Om vi vidgar frågan till att avse påverkan i miljön i Sverige blir svaret mer komplicerat, eftersom den svenska miljön till stor del påverkas av händelser och verksamheter i andra länder. Vi är helt enkelt inte herrar över vårt eget land i dessa avseenden. Föroreningar känner inga gränser utan färdas långa avstånd över land och vatten. Ingen av dessa ämnen tar någon hänsyn till Tullverkets gränskontroller. Ett tydligt exempel är klimatpåverkan som kommer att öka, oavsett vilka åtgärder vi nu vidtar. Ett annat exempel är vattenkvaliteten i Östersjön som inte förbättrats påtagligt när det gäller övergödning. De långa ledtiderna mellan åtgärder och effekt i miljön gör att det blir så.



Figur 40: Frikoppling av miljöförorening från ekonomisk utveckling

Av de miljöfrågor som berörs i denna rapport är klimatfrågan den avgjort mest betydande. Den är också den mest komplicerade att lösa. Många av de andra miljöfrågorna kan vara mer komplicerade rent naturvetenskapligt att förklara men enklare att göra något åt.

Fokus i denna rapport har emellertid varit de svenska bidragen till förorening av miljön. Dessa har minskat med åtminstone hälften i stort sett i alla avseenden, se tabell 4. Till en del kan stora förbättringar räknas hem. Det gäller utvecklingen av ozonskiktet på hög höjd, där den stora mängden kemiska produkter som bedömdes vara orsak till påverkan helt enkelt inte tillverkas längre. De första positiva signalerna på att ozonskiktet börjar läkas rapporteras under de allra senaste åren från dem som mäter. Det gäller försurningen av mark och vatten, där stora utsläppsminskningar i både Sverige och i grannländerna givit positiva effekter i miljön. Försurningen har dämpats kraftigt. Det gäller också flera av de miljöproblematiske metallerna och så kallade persistenta ämnena (DDT, PCB etc), där spridningen i miljön av de ämnen som vi redovisar i denna rapport nu är en liten bråkdel av vad det var när effekterna i miljön upptäcktes. I några avseenden har de svenska bidragen till den negativa utvecklingen i miljön som dessa ämnen förorsakar minskat med över 99 procent.

Det bör dock understrykas att denna rapport bara behandlat några av de mest framträdande ämnena. Det kan finnas andra produkter med oönskade egenskaper som ännu inte identifierats. Det finns också en stor import av samma ämnen via luft, vatten och produkter. Det bör också noteras att det fortfarande finns en stor mängd punktvisa "historiska kvarlämningar" av förorenad jord. Totalt är det fråga om cirka 80 000 platser, varav omkring en fjärdedel bedöms vara så förorenade att någon form av sanering behöver göras.

Prioritera det internationella samarbetet

Om vi så slutligen vidgar perspektivet till vad vi kan göra i Sverige för att förbättra miljön får vi en entydig bild. Det finns många framgångar att peka på men det finns också utmaningar kvar att bearbeta. Miljöfrågorna är generellt globala och gränsöverskridande medan dessa primärt behandlas genom nationella regelverk. För att miljön skall förbättras gäller det att den internationella samverkan kan stärkas. För att förbättra miljön i Sverige måste därför alla ansträngningar fokusera på det internationella samarbetet. Det är nästan bara genom en stark internationell samordnad aktion som miljön i Sverige kan bli bättre. Det gäller i synnerhet klimatfrågan, där de svenska utsläppen av växthusgaser nästan halverats medan de internationella fördubblats under den senaste 40-50-årsperioden. Även efter det att det internationella Kyoto-protokollet tecknades har utsläppen av växthusgaser globalt fortsatt att öka, helt mot avsikten med protokollet. Det är alltså ett avtal som inte löst sin uppgift. Det gäller det uttunnade ozonskiktet, där en stark internationell samordnad aktion visat på en bra förebild när det gäller att snabbt fasa ut en oönskad förorening. Just nu finns dock inte mycket mer att göra än att invänta jordens självläkande förmåga. Det gäller försurningen, där Sverige gått långt före men också fått det internationella samfundet med i arbetet. Dessa två internationella avtal har fungerat väl. Det gäller föroreningen av sjöar och hav som Östersjöns marina miljö, där utbytet av föroreningar är stort mellan länder. Det gäller också utarmningen av växter och djur med POPs och vissa metaller. I tabell 4 redovisas nuläget när det gäller framstegen. Där visas också i några avseenden vilket inflytande svenska utsläppskällor har på miljöpåverkan i Sverige. Generellt är det svenska inflytandet på miljöpåverkan i Sverige relativt begränsat. Huvuddelen av inflytandet på miljöpåverkan i Sverige har våra grannländer (Tabell 4).

Se över sammansättningen av de miljöpolitiska styrmedlen

Luften, vattnet i hav, sjöar och vattendrag tillhör alla men ingen enskild kan göra anspråk på äganderätten. Ren luft och rent vatten har inget pris på marknaden. Ekonomerna kallar detta för kol-

Tabell 4: Sammanfattning av uppnådda resultat när det gäller svenska bidrag till minskning av miljöaspekter för några viktiga miljöförändringar i Sverige 1970-2010 samt det svenska inflytandet på miljöpåverkan i Sverige

Miljöpåverkan	Minskning av miljöaspekt (%)					Svenskt inflytande på miljöpåverkan i Sverige
Indikator för tillhörande miljöaspekt	Över 20%	Över 50%	Över 80%	Över 95%	Över 99%	(%)
Förändrat klimat						
Växthusgaser (GHG), exkl metan och lustgas	Ja	Ja	Nej	Nej	Nej	0,15
Uttunning av ozonskiktet						
Ozonpåverkande "freoner"	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	0,5
Förurning av mark och vatten						
Sura gaser (SOx)	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej	8
Sura gaser (NOx)	Ja	Ja	Nej	Nej	Nej	10 (ox), 27(red)
Påfrestningar på stadsmiljön						
Partiklar (stoft)	Ja	Ja	Ja	Nej	Nej	10
Inandningsbara partiklar (PM10)	Ja	Ja	Ja	Nej	Nej	..
Ohälsosamma ämnen (nmVOC)	Ja	Ja	Nej	Nej	Nej	..
Ohälsosamma ämnen (CO)	Ja	Ja	Ja	Nej	Nej	..
Ohälsosamma ämnen (PAH)	Ja	Ja	Ja	Nej	Nej	42 ¹
Förorening av sjöar och hav						
Organiska ämnen (TOC)	Ja	Ja	Ja	Nej	Nej	..
Synliga ämnen (suspenderade ämnen)	Ja	Ja	Ja	Nej	Nej	..
Närsalter (fosfor, P)	Ja	Ja	Ja	Nej	Nej	10 ²
Närsalter (kväve, N)	Ja	Nej	Nej	Nej	Nej	12 ²
Utarmning av växter och djur						
POPs						
Klororganiska föreningar (AOX)	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej	..
Bekämpningsmedel (aktiv substans i jordbruk)	Ja	Ja	Nej	Nej	Nej	..
DDT	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	..
PCB	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	..
Dioxin	Ja	Ja	Ja	Nej	Nej	13
Metaller						
Kviksilver (Hg)	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	..
Bly (Pb)	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	10
Kadmium (Cd)	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	..
Krom (Cr)	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	..
Koppar Cu)	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej	..
Arsenik (As)	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	..
Zink (Zn)	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej	..
Nickel (Ni)	Ja	Ja	Ja	Ja	Nej	..
Förorenad jord						
("Historiska miljöfarliga kvarlämningar")						
Spridning i miljön av föroreningar	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej	..

¹Avser Bens(a)pyrén

²Avser Östersjön

lektiva nyttigheter. Turistindustrin kan visserligen dra nytta av fördelarna med ren luft och rent vatten. Detsamma gäller industrin i stort som i många fall är beroende av att kunna verka med rena råvaror. Men i grunden finns det ett glapp mellan å ena sidan den perfekta marknaden och å andra sidan verklighetens marknad, där dessa marknadsmisslyckanden behöver hanteras. Detta

är det grundläggande skälet till att lagstiftning och andra styrmedel har tillkommit för att korrigera marknadens mekanismer. I Sverige har de flesta av dessa korrigeringar handlat om att införa reglerande lagar och andra bestämmelser men också en hel del avgifter och andra ekonomiska styrmedel. Några kommentarer i denna fråga är motiverad mot bakgrund av den redovisade utvecklingen.

De positiva resultaten när det gäller begränsning av utsläpp till luft och vatten är en följd av flera olika samverkande influenser. I början på 1970-talet genomgick flera nyckelbranscher inom svensk industri en strukturomvandling, vilket gynnade införandet av ny teknik. Dessförinnan hade dessa branscher varit relativt oförändrade under lång tid. På 1970-talet inträffade flera s k "oljekriser", vilket i Sverige ledde till en kraftig minskning av användningen av olja. Miljömedvetenheten har systematiskt stärkts under samma tidsperiod. Vidare har miljöpolitiken haft en betydande roll med en blandning av tryck från lagstiftning, ekonomiskt tryck från ekonomiska styrmedel och frivilliga insatser. Knappast i något fall skulle resultaten ha blivit så goda som de redovisas i denna rapport utan en samverkan mellan olika parter. Inga stora miljöfrågor hittills har lösts genom enbart förändringar i beteenden hos enskilda människor eller aktörer på frivillig väg. Det räcker alltså inte alltid med att vädja till etik och moral. Inte heller skulle lagstiftning eller ekonomisk styrning ha fungerat utan en betydande mått av god vilja – etik och moral – från de parter som utsatts för denna styrning. Det är därför inte alldeles enkelt att särskilja vilka åtgärder som lett till vad och varför.

Samhällsförändringar utan primära miljöskäl

En stor del av förbättringarna i Sverige av utsläppen av klimatgaser och sura gaser kan tillskrivas oljekriserna och den påföljande processen med oljeersättning i början av 1970-talet. Oljan ersattes till en stor del med andra energislag som biobränslen och el. Ett annat exempel är strukturomvandlingen inom näringslivet under den senaste 40-årsperioden, delvis initierad av miljöskäl. Omvandlingen av sulfittmassaindustrin kan åskådliggöra detta. Många av dessa fabriker var omoderna och nedgångna på 1960-talet och hade inte klarat sig länge. Ett annat exempel är stålverk som inte klarat den internationella konkurrensen och sålunda lagts ned. Industristrukturen var förhållandevis stabil fram till slutet av 1960-talet och början på 1970-talet, dvs ungefär samtidigt som miljölagstiftningen tillkom. Miljökraven blev ofta "spiken i kistan".

Ekonomiska styrmedel

En del av miljöpolitiken har styrts genom ekonomiska styrmedel. På senare tid har handeln med utsläppsrätter tillkommit. Detta system har ännu inte funnit sina slutliga former. Många avgifter har varit framgångsrika. Avgiften på bly i bensin är ett exempel på avgifter som lyckats väl med sin uppgift.

Lagstiftning

Varje reglering innebär för den enskilde företagaren ett ingrepp som måste kunna motiveras med en betydande miljönytta för allmänheten. Det innebär att företagaren måste kunna tåla vissa ingrepp i sin verksamhet. Kärnan i den svenska miljöpolitiken har varit tillståndsprövningen av industriell och liknande verksamhet. I dag är cirka 8 000 verksamheter skyldiga att ansöka om tillstånd före varje förändring av betydelse. Sammanlagt finns det f n i Sverige ett 30-tal statliga instanser inklusive överprövningsinstanser, som hanterar denna tillståndsprövning. Inriktningen och omfattningen av denna prövning behöver ses över mot bakgrund av utvecklingen.

Frivilliga verktyg

Utöver miljöledningssystem som utarbetats med ledning av den nämnda EMAS-förordningen finns miljöledningssystem som utformats med ledning av den internationella miljöledningsstandarden ISO 14001. Den sistnämnda varianten är den i dag mest tillämpade. Ungefär 4 000 sådana miljöledningssystem finns i Sverige i dag som är dessutom är certifierade av ett särskilt kompetensbedömt certifieringsföretag. Om man räknar antalet verksamheter i analogi med miljölagstiftningen blir det uppskattningsvis det dubbla antalet. Huvuddelen (ca 80%) av de verksamheter som omfattas av tillståndskrav enligt miljöbalken (9 kap 6§) har i dag infört ett sådant system. Det är i dag det enda system på miljöområdet som har global tillämpning, dvs det tillämpas på samma sätt över hela världen.

Dessa system har införts av enskilda företag på rent affärsmässiga grunder och har egentligen inget samband med lagstiftningen. Systemen bygger på målstyrning där företagen själv bestämmer målen. Det som är intressant i detta sammanhang är att miljöledningssystemen enligt min bedömning har större möjligheter att effektivt hantera 2000-talets miljöfrågor än vad lagstiftningen generellt kan. Det är ju den enskilde företagen som själv gör bedömningen av erforderliga insatser mot bakgrund av kunskap om sin egen verksamhet.

Huvuddelen av landets 330 000 verksamheter (begreppet "verksamhet" likställs här med näringslivsstatistikens begrepp "arbetsplats") har ännu inte infört ett sådant system. I själva verket omfattas de varken av miljöbalkens system med tillstånd och anmälan eller har frivilligt infört ett miljöledningssystem. Skälet är enkelt. De flesta av dessa verksamheter har i förhållande begränsade miljöproblem att hantera. Men de är ändå intressanta med hänsyn till miljöfrågor som klimatfrågan och kemikaliehanteringen genom att de är så många. Sammantaget kan små enskilda förbättringar bli betydande.

Det finns några uppenbara fördelar med dessa verktyg:

- De möjliggör en hantering av miljöfrågor på global nivå, eftersom de bygger på internationell standard och därmed tillämpas likartat över hela världen
- De kompletterar andra styrmedel, bla skatter och handel med utsläppsrätter när det gäller klimatfrågan
- De har ett inbyggt kund-leverantörstryck med innebörd att miljöfrågor kan hanteras i hela värdekedjan (har bl a betydelse för utveckling av produkter och transport av gods med miljöhänsyn)
- De bygger på en prioritering av viktiga frågor av verksamhetsutövaren själv, dvs den som bäst kan avgöra vad som är stort och smått
- De fungerar utan kompletterande lagstiftning

Det finns alltså i förhållande till lagstiftningen en ännu outnyttjad potential att ta till vara med hjälp av dessa system. Allt behöver nämligen inte styras med hjälp av lagar eller statliga skatter och avgifter. Om staten tydliggör sina mål kan enskilda företag bidra med egen kraft mot bakgrund att verkligheten ser annorlunda ut i dag mot tidigare. Miljöagendan är i dag helt annorlunda mot tidigare och miljömedvetenheten är i dag mycket större.

De frivilliga miljöledningssystemen erbjuder större flexibilitet än lagstiftningen och kan bidra till ökad grad av miljöanpassning. Ett problem i detta sammanhang är att de frivilliga miljöledningssystemen ännu inte har fått tillräckligt stor tillämpning. Denna utveckling kan staten stimulera. Tillsammans taget finns här en stor och outvecklad potential för arbete med en bättre miljö.

Rekommendationer

Temat för denna rapport är att redovisa ”Vår miljö 1930–2030 – den oklippta versionen” på olika företeelser i samhället som ger upphov till miljöpåverkan av olika slag. Det leder osökt tanken in till en liknelse med euron, euroländernas gemensamma valuta. Den andra sidan av myntet euro skall nämligen vara lika för alla euroländer inom EU. Framsidan kan efterbilda en statschef i resp euroland eller något annat. Men den andra sidan är alltid lika. Det skulle kunna gälla också på miljöområdet. Om hanteringen på miljöområdet av den andra sidan av myntet var lika i alla EU-länder skulle miljöhänsyn i nämnda företeelser bli mycket effektivare. Allra helst skulle regelverket vara lika för alla länder på jorden och det kan vara ett långsiktigt mål. Denna liknelse präglar rekommendationerna.

För att lösa miljöfrågorna krävs inte bara internationella lösningar utan också nya former av styrning. Det är nämligen så att de flesta företag kan acceptera långtgående åtgärder för att skydda miljön, bara konkurrenterna i Sverige och andra länder får samma krav och kostnader. Det är denna effekt som är den mest betydelsefulla insatsen att överbrygga. I ett längre perspektiv kan det visa sig att miljöåtgärderna också ekonomiskt påverkar företaget i positiv riktning. Men det börjar nästan alltid med en kostnad. I den mån det går att åstadkomma enkla lösningar som i de tidigare nämnda exemplen är en frivillig lösning med miljöledningssystem betydligt bättre miljömässigt. Framförallt skapar dessa en möjlighet att få många små miljöförbättrande insatser som tillsammans har förutsättningar att ge god utdelning miljömässigt.

Några insatser krävs av regeringen. För det första bör regeringen erkänna de fördelar som kan uppnås med miljöledningssystem. De företag som frivilligt tagit på sig denna insats har i regel förväntat sig någon form av erkännande från den politiska ledningen för god insats. För det andra krävs någon form av substantiell fördel från statens sida till berörda företag så att de ser att det lönar sig att bidra till en bättre miljö. För det tredje krävs ett system med utvecklade miljömål på nationell basis.

För insatserna på miljöområdet framöver lämnas tre rekommendationer:

- Prioritera det internationella samarbetet
- Se över sammansättningen av de svenska styrmedlen med hänsyn till den förändrade miljöagendan
- Underlätta för företag att på frivillig väg införa miljöledningssystem, eftersom dessa möjliggör en bättre prioritering av nödvändiga insatser framöver

Referenser

- Richard Almgren. 2007. Stärkt miljöprovning i enklare former. Nutek R 2007:28
- Richard Almgren. 2008. Ökad tillämpning av EMAS. Miljöstyrningsrådet Rapport 2008:11
- Richard Almgren, Torbjörn Brorson, Magnus Enell. 2008. Miljöarbetet stärker affärerna. Uppsala Publishing House
- Stefan Anderberg, Bo Bergbäck, Ulrik Lohm. 1989. Flow and Distribution of Chromium in the Swedish Environment – A New Approach to Studying Environmental Pollution. *Ambio* vol 18 No 4, 1989
- Mattias Ankarhem. 2005. A Dual Assessment of the Environmental Kuznets Curve: The Case of Sweden. Umeå University
- Gustaf Arrhenius, Karin Caldwell, Svante Wold. 2008. A Tribute to the Memory of Svante Arrhenius – A scientist ahead of his time. IVA
- Svante Arrhenius. 1896. On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature on the ground. *Philosophical Magazine and Journal of Science*
- Christian Azar, John Holmberg, Sten Karlsson. 2002. Decoupling – past trends and prospects for the future. *The Swedish Environmental Advisory Council* 2002:2
- Christian Azar. 2008. Makten över klimatet. Albert Bonniers Förlag
- Bo Bergbäck, Stefan Anderberg, Ulrik Lohm, 1989. A reconstruction of emissions, flow and accumulation of chromium in Sweden 1920-1980. *Water, Air and Soil Pollution* 48, 391-407
- Bo Bergbäck, Stefan Anderberg, Ulrik Lohm, 1992. Lead load –Historical pattern of lead use in Sweden. *Ambio* 21, 159-165
- Bo Bergbäck, Stefan Anderberg, Ulrik Lohm, 1994. Accumulated Environmental Impact- the case of Cadmium in Sweden. *Science of the Total Environment* 145, 13-28
- Bo Bergbäck, Mats Eklund, Stefan Anderberg, Ulrik Lohm, J Svidén, 1997. Duration of soil cadmium and lead pollution from shale-based alum production. *Journal of Geochemical Exploration* 58, 309-317
- Ann-Kristin Bergquist, 2007. Guld och Gröna skogar? Miljöanpassningen av Rönnskärsverken 1960-2000. *Umeå Studies in Economic History* 36. Umeå universitet
- Börje Borgström, Naturvårdsverket (personlig information)
- Curt-Åke Boström, Peringe Grennfelt, Manne Johansson och Gun Lövblad. 1994. Det svenska energisystemets utsläpp till luft 1970-1990. IVL B 1159
- Hans Bouveng, 1967. Utsläpp av kvicksilver i samband med tillverkning av klor och natronlut. IVL B27
- M Brandt, H Ejhed. 2002. Transport – Retention – Källfördelning. Belastning på havet. Naturvårdsverket. Rapport 5247
- Cyril Brosset. 19xx. Emissioner av kvicksilverföreningar med rökgaser. IVL A396
- Rachel Carson. 1963. Tyst vår (boken kom ut på originalspråket med titeln *Silent spring* 1962)
- Kristina Dahlberg och Bengt-Owe Jansson. 1997. Östersjöns miljötillstånd på 40-talet, nu och i framtiden. Stockholms universitet, Inst för systemekologi. Teknisk Rapport No24

- Nils Dalberg. 1784. Tal om luftens beskaffenhet i stora och folkrika städer. Kongl Vetensk Akademien
- EEA. 2005. Spatial assessment of PM10 and ozone concentrations in Europe (2005). EEA Technical report No 1/2009
- Ethix SRI Advisors. 2008. Carbon Disclosure Project. Nordic Report 2008
- HELCOM. 2009. Eutrophication in the Baltic Sea. Baltic Sea Environment Proceedings No 1
- Helene Ejhed, Jessica Zakrisson, Annika Ryegård, Marcus Liljeberg, Olle Westling, John Munthe, Eva Ugglå, Barbro Ulén, Lars Sonesten, Bert Karlsson, Helene Wikström. 2005. Uppskattning av utsläpp för Cd, Hg, Cu och Zn på TRK-områden. SMED
- Helene Ejhed, Maja Brandt, Faruk Djodjic, Mikael Olshammar, Annika Ryegård, Holger Jonsson, Martin Larsson, Jacob Nisell, Lars Rapp, Gunnar Brånvall. 2007. Miljömålsuppföljning- Ingen övergödning 1995 och 2005. SMED Nr7 2007
- Hans Ekelund och Gustaf Hamilton. 2001. Skogspolitisk historia. Skogsstyrelsen
- Klas Eklund. 2009. Vårt klimat- Ekonomi Politik Energi. Norstedts Akademiska Förlag
- EMEP website
- EMEP Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-Range Transmission of Air Pollutants in Europe. Transboundary particulate matter in Europe. Status report 2008
- Magnus Enell, Jonas Fejes, 1996. Vilka kvantiteter föroreningar bidrar den svenska industrin med? Elmia
- Magnus Enell, 1992. Pollution problems in the coastal areas. Eutrophication and toxic substances. IVL
- Magnus Enell, Jonas Henriksson, Lena Wennberg, 1992. Massa- och pappersindustrins utsläpp av närsalter, metaller, AOX, och NOx – enskilt och i relation till andra utsläpp. Skogsindustrins Miljöforskningsprojekt Miljö 93
- Magnus Enell, 1991. AOX loadings on sea areas surrounding Sweden – quantities and origins of loadings. IVL A861
- Magnus Enell, 1996. Load from the Swedish pulp and paper industry (nutrients, metals, and AOX): Quantities and shares of the total load on the Baltic Sea. St Lucie Press, Florida
- Magnus Enell, L Wennberg, 1991. Distribution of halogenated organic compounds (AOX) – Swedish transport to surrounding sea areas and mass balance studies in five drainage systems. Water Science and Technology Vol 24, No 3/4, pp385-395
- Magnus Enell, Sven-Olof Ryding, L Wennberg, 1989. Nitrogen and phosphorus impact of agricultural activities on air and water. River Basin Management
- Magnus Enell, 1996. Utsläpp från olika källor – Belastning av kväve och fosfor på Östersjön - svenskt och internationellt perspektiv. Skogs- och Lantbruksakademin Tidskrift 135:3, 1996
- Magnus Enell, 1995. Environmental impact of nutrients from Nordic fish farming. Water Science technology Vol 31, No 10, pp 61-71
- Magnus Enell, Jonas Fejes, 1995. The nitrogen load to the Baltic Sea – Present situation, acceptable future load and suggested source reduction. Water , Air and Soil Pollution 85:877-882
- EPER-European Pollutant Emission Register. Website
- European Commission, 2002. Heavy metals in waste, Project ENVE.3/ETU/2000/0058

- European Environment Agency. 2009. Air Pollution by Ozone across Europe during summer 2008. EEA Technical Report No 2/2009
- Eurostat. Website
- European Environment Agency. 2009. EEA Signals 2009 – key Environmental Issues facing Europe
- Johan Facht. 1976. Emission Control Costs in Swedish Industry. Industriens Utredningsinstitut
- Heidilore Fiedler. 2001. Global and Local Dispersion of PCBs. UNEP Chemicals. The University press of Kentucky
- Jean-Baptiste Joseph Fourier. 1824. Remarques générale sur les températures du globe terrestre et des espace planétaires. Annales de Chimie et de Physique. Vol XXVII pp 136-137
- Stefan Fölster. 2008. Farväl till världsundergången. Albert Bonniers Förlag
- Ann-Kristin Gustavsson-Bergquist. 2006. The green challenge Perspectives on technical and organisational challenges in Swedish industry in a changing institutional environment during the 1970's. Umeå Papers in Economic History No. 28 2006
- Peringe Grennfelt, Karin Calander. 1989. Kolväten och ozonbildning. IVL B948
- A Gusev, O Rozovskaya, V Shatalov, V Sokovyh, W Aas, K Breivik, A K Halse. 2008. Persistent Organic Pollutants in the Environment. EMEP Status Report 3/2008
- Grafiska Miljörådet. 1999. Bästa tillgängliga teknik i grafiska branschen (BAT).
- Bo Göransson, 196x. Användning av kvicksilver i svensk industri. IVL A18
- HELCOM. 2007. Baltic Sea Action Plan
- Ivan Holoubek. 2001. Polychlorinated Biphenyl (PCB) Contaminated Sites Worldwide. University Press of Kentucky
- IIASA. 2008. Baseline emission projections for the revision of the Gothenburg protocol up to 2020. CIAM Report 2/2008
- Industriförbundet, ca 1960. Svensk industri
- Industriförbundet. 1988. Svavel och förurning.
- Industriförbundet. 1991. Dagens miljöfrågor. PPM
- IPPC. 2001. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. Climate change 2001: A scientific basis
- IPPC. 2007. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2007. Climate Change 2007 – Synthesis Report
- IVA, 1990. Trafik, miljö och hälsa – en lägesrapport, IVA Rapport 379
- Jernkontoret, 1987. Rent stål i renare miljö
- Jordbruksdepartementet. 1979. Bensin utan bly. Ds Jo 1979:11
- Karolinska Institute, 1985. Assessment of Human exposure to Lead. UN, WHO
- C D Keeling. 1973. Global Historical CO2 Emissions. Univ of California
- Kemikalieinspektionen. 2004. Kviksilver. Utredning om ett generellt nationellt förbud. Rapport 2/04
- Kemikalieinspektionen. 2006. Miljö- och hälsofarliga kemikalier 2004

- Kemikalieinspektionen och Produktkontrollnämnden. 1978-1985. Användning av bekämpningsmedel 1976-1985
- Kemikalieinspektionen. 2009. Försålda kvantiteter av bekämpningsmedel 1992-2008 (www.kemi.se)
- Kemikalieutsläppsregistret, KUR. Naturvårdsverkets webbplats
- Karin Kindbom, Karin Sjöberg, Gun Lövblad. 1993. Beräkning av ackumulerad syrabelastning från atmosfären. Delrapport 1. IVL B1109
- Karin Kindbom, Curt-Åke Boström, Tina Skårman, Tomas Gustafsson, Marja Talonpoika. 2004. Estimated emissions of NMVOC in Sweden 1988-2001. SMED Report no 6, 2004
- Karin Kindbom, Curt-Åke Boström, Anna Palm, Tina Skårman, John Sternbeck, Jörgen Fagerlund, Tomas Gustafsson, Irene Linder 2004. Emissions of particles, metals, dioxins and PAH in Sweden. SMED Report no 7, 2004
- Karl-Erik Kulander, 198x. Kvicksilver och kadmiumemission vid råståltillverkning. IVL B890
- Lars Landner, Lennart Lindeström, 1999. Koppar i samhälle och miljö. MiljöForskarGruppen.
- Lars Landner, Lennart Lindeström, 1996. Zink – resurs eller hot. MiljöForskarGruppen.
- Sif Laurent. 19xx Tungmetaller. IVL B601
- Allen S Lefohn, Janja D Husar, Rudolf B Husar. 1999. Estimating historical anthropogenic global sulfur emission patterns for the period 1850-1990. Atmospheric Environment 33 (1999) 3435-3444
- Thomas Levander. 1989. Utsläpp av kvicksilver till luft i Sverige 1850-1987. Naturvårdsverket.
- Björn Linder. 1993. Bly i marken inget stort problem. Svensk jakt 4/93
- Magnus Lindmark. 1998. Towards environmental historical national accounts for Sweden. Umeå universitet
- Oliver Lindqvist (ed). 1991. Mercury in the Swedish environment. Kluwer
- Ulrik Lohm. 1995. Framtida effekter av historisk tungmetallspridning. Naturvårdsverket kontrakt 802-173-92-FM, katalog-id: 0000008657
- Lars J Lundgren. 1989. Miljöpolitik på längden och tvären. Naturvårdsverket, Rapport 3635
- Lars J Lundgren et al (eds). 1995. Expanding environmental perspectives. Lund University Press
- Lars J Lundgren. 1996. Åtgärder, ekonomi, styrmedel etc. Att veta och att göra. Samhällets kapplöpning med sina miljöproblem. Skogs- och lantbruksakademin tidskrift 135:3
- Gun Lövblad. 19xx. Utsläpp till luft och deposition av alkaliska ämnen i Sverige 1950-1980. IVL B754
- Miljödatanämnden. 1981. Blågul miljö
- Miljödepartementet. 1990. Vem förorenar Sverige? Allmänna Förlaget
- Miljömålportalen. Webbplats
- Miljömålsrådet. 2008. Miljömålen – nu är det bråttom. Miljömålsrådets utvärdering av Sveriges miljömål
- Sophia Mylona. 1993. Trends of Sulphur Dioxide Emissions, Air Concentrations and Depositions of Sulphur. EMEP/MSC-W Report 2/93

- Naturvårdsverket. 1973. Kvicksilver - Användning, kontroll och miljöeffekter. SNV PM 421
- Naturvårdsverket. 1976. Om metaller. Publ 1976:7
- Naturvårdsverket. 1978. Miljö och miljövard i Sverige
- Naturvårdsverket. 1981. Metallutsläpp i Sverige, SNV PM 1390
- Naturvårdsverket. 1981. Monitor 1981 – Försurning av mark och vatten
- Naturvårdsverket. 1982. 1980-talets stora miljöfrågor- Naturvårdsverkets långsiktbedömning, ett bakgrundsdokument. SNV PM 1591
- Naturvårdsverket. 197x. Utsläpp av luftföroreningar i Sverige 1975
- Naturvårdsverket. 1984. Aktionsplan mot luftföroreningar och försurning. SNV PM 1862
- Naturvårdsverket. 1984. Aktionsplan mot luftföroreningar och försurning. Bilagor. SNV PM 1863
- Naturvårdsverket. 1984. Monitor 1984 – Långväga transport av luftföroreningar
- Naturvårdsverket. 1987. Bilaga till Nordsjökonferensens ministerdeklaration
- Naturvårdsverket. 1987. Monitor 1987 – Tungmetaller – förekomst och omsättning i naturen
- Naturvårdsverket. 1988. Monitor 1988- Östersjön och Västerhavet - livsmiljöer i förändring
- Naturvårdsverket. 1991. Monitor 12. Försurning och kalkning av svenska vatten
- Naturvårdsverket. 1993. Miljön i Sverige – tillstånd och trender ("Miljö 93"). Försurning - ett evigt problem eller finns det hopp. Rapport 4132
- Naturvårdsverket. 1993. Miljön i Sverige – tillstånd och trender ("Miljö 93"). Marknära ozon och andra oxidanter. Rapport 4133
- Naturvårdsverket. 1993. Miljön i Sverige – tillstånd och trender ("Miljö 93"). Eutrofiering av mark, sötvatten och hav. Rapport 4134
- Naturvårdsverket. 1993. Miljön i Sverige – tillstånd och trender ("Miljö 93"). Metaller och miljön. Rapport 4135
- Naturvårdsverket. 1993. Miljön i Sverige – tillstånd och trender ("Miljö 93"). Långlivade organiska ämnen och miljön. Rapport 4136
- Naturvårdsverket. 1993. Miljön i Sverige – tillstånd och trender ("Miljö 93"). Markanvändning och miljön. Rapport 4137
- Naturvårdsverket. 1993. Miljön i Sverige – tillstånd och trender ("Miljö 93"). Biologisk mångfald. Rapport 4138
- Naturvårdsverket. 1993. Miljö 93. Industri och miljö. Rapport 4206
- Naturvårdsverket. 1993. Ett miljöanpassat samhälle. Rapport 4234
- Naturvårdsverket. 1994. Monitor 14. Biologisk mångfald i Sverige
- Naturvårdsverket. 1995. Skogsindustrins utsläpp till vatten & luft samt avfallsmängder 1994. Rapport 4434
- Naturvårdsverket. 1995. Sverige mot minskad klimatpåverkan. Rapport 4459
- Naturvårdsverket. 1995. Utsläpp till luft 1994 av försurande ämnen. Rapport 4461
- Naturvårdsverket. 1996. Mål för miljöanpassade transporter. Rapport 4623
- Naturvårdsverket. 1996. Så begränsar vi miljöfarliga kemikalier inom industrin. Rapport 4577

- Naturvårdsverket. 1996. Nationella miljömål. Rapport 4646
- Naturvårdsverket. 1996. POP Stabila Organiska Miljögifter. Rapport 4563
- Naturvårdsverket. 1996. Metaller i stad och land – kretslopp och kritisk belastning. Rapport 4677
- Naturvårdsverket. 1997. Effektiva styrmedel i miljöpolitiken
- Naturvårdsverket. 1997. Miljöskatter i Sverige – ekonomiska styrmedel i miljöpolitiken
- Naturvårdsverket. 1998. Monitor 16. Organiska miljögifter
- Naturvårdsverket. 2001. Monitor 17. Låter tiden alla sår?
- Naturvårdsverket. 2001. Clean facts about climate change
- Naturvårdsverket. 2003. Monitor 18. En varmare värld – växthuseffekten och klimatets förändringar.
- Naturvårdsverket. 2003. Frisk luft - Underlagsrapport till fördjupad utvärdering av miljömålsarbetet. Rapport 5318
- Naturvårdsverket. 2004. Fosforutsläpp till vatten år 2010 – delmål, åtgärder och styrmedel. Rapport 5364
- Naturvårdsverket. 2005. Monitor 19. Förändringar under ytan – Sveriges havsmiljö granskad på djupet.
- Naturvårdsverket. 2005. Information om produkters miljöbelastning. Rapport 5526
- Naturvårdsverket. 2006. Utsläpp av metan och lustgas från jordbrukssektorn. Rapport 4459
- Naturvårdsverket. 2006. Övergödningen av Sveriges kuster i och hav. Rapport 5587
- Naturvårdsverket. 2007. Fakta Avloppsreningsverk 200-2000 pe. Fakta 8286
- Naturvårdsverket. 2007. Frisk luft. Rapport 5765
- Naturvårdsverket. 2008. Sweden's National Inventory Report 2008
- Naturvårdsverket. 2008. Näringsbelastningen på Östersjön och Västerhavet 2006. Rapport 5815
- Naturvårdsverket. 2008. Lägesbeskrivning av efterbehandlingsarbetet i landet 2007
- Naturvårdsverket. 2008. Avfall i Sverige 2006. Rapport 5868
- Naturvårdsverket. 2009. Sweden's Informative Inventory Report 2009. Submitted under the Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution
- Naturvårdsverket. 2009. Lägesbeskrivning av efterbehandlingsarbetet i landet 2008
- M Nicolet. 1966. Ionospheric Physics and Aeronomy
- Nordic Council. 1992. Assessment of possibilities for reducing the use of lead- summary of experiences from the Nordic countries. Nordiske seminar- og arbejdsrapporter 1992:581
- Nordic Council. 1992. Assessment of possibilities for reducing the use of cadmium- summary of experiences from the Nordic countries. Nordiske seminar- og arbejdsrapporter 1992:597
- Nordic Council of ministers. 1996. Atmospheric Heavy Metal Deposition in Northern Europe 1995. Nord 1996:37
- Nordiska ministerrådet. 1986. Europas luft – Europas miljö.
- Petter Norrthon. 1996. Sustainability and material flows – a study of the copper flow in Sweden. Linköping University. Thesis No 569

- Norwegian Meteorological Institute. 2008. Transboundary air pollution by main pollutants (S, N, O₃) and PM. Sweden
- Svante Odén. DN 1967-10-24. Nederbördens försurning
- Viveka Palm, Bo Bergbäck and Per Östlund. 1995. Chromium and nickel in Sweden. KemI No 14/95, IVL A1035
- Viveka Palm. 1995. Metallflöden från teknosfär till biosfär – en metodstudie. IVL B1208
- Viveka Palm, Bo Bergbäck and Per Östlund. 1995. Chromium and nickel in Sweden. KemI No 14/95, IVL A1035
- Håkan Pleijel (ed). 2007. Transboundary Air Pollution – Scientific Understanding and Environmental Policy in Europe. Studentlitteratur
- PriceWaterhouseCoopers (PWC). 2008. Carbon Disclosure Project. Report 2008. Global 500
- Regeringen. 2001. Svenska miljömål- delmål och åtgärdsstrategier. Prop 2000/2001:130
- Markku Rummukainen, Erland Källén. 2009. Ny klimatvetenskap 2006-2009. Kommissionen för hållbar utveckling
- SCB. 2001. Luftkvalitet i tätorter 2000/2001. MI 24 SM 0101
- SCB. 2005. Geografin i statistiken - regionala indelningar. MIS 2005:2
- SCB. 2007. Kväve- och fosforbalanser för jordbruksmark och jordbrukssektor 2005. MI 40 SM 0701
- Gunnar Sedvallsson. 1999. Number of point sources vs limits for emission. Working paper. Swedish Environmental Protection Agency
- Åke Sjödin, Gunilla Pihl Karlsson, Manne Johansson, Bertil Forsberg, Peter Ahlvik, Lennart Erlandsson. 2004. Vägtrafikens utsläpp av kväveoxider – reglering, utsläpp och effekter. IVL B1597
- Skogsindustrierna, 1995. MiljöInfo från Skogsindustrierna
- Statens luftvårdsnämnd. 1964. PM angående emission av luftföroreningar från fasta anläggningar
- Statens offentliga utredningar. 1966. Immissionssakkunniga. Luftförorening, buller och andra immissioner. SOU 1966:65
- Statens offentliga utredningar. 1967. 1964 års naturresurskommitté. Miljövårdsforskning. SOU 1967:43
- Statens offentliga utredningar. 1974. Miljökostnadsutredningen. Begränsning av svavelutsläpp – en studie av styrmedel. SOU 1974:101
- Statens offentliga utredningar. 1975. Finansdepartementet. LU75. Bilaga 6 till Långtidsutredningen 1975. Miljövård i Sverige 1975-1980. SOU 1975:98
- Statens offentliga utredningar. 1978. Miljökostnadsutredningen. Miljökostnader. SOU 1978:43
- Statens offentliga utredningar. 1982. Energiskattekommittén. Skatt på energi, SOU 1982:16-17
- Statens offentliga utredningar. 1987. Utredningen om miljövårdens organisation. För en bättre miljö. SOU 1987:32
- Statens offentliga utredningar. 2001. Resurseffektivitetsutredningen. Effektiv användning av naturresurser. SOU 2001:2
- Statens offentliga utredningar. 2008. Långtidsutredningen 2008. SOU 2008:105

- Nicholas Stern. 2007. The Economics of Climate Change - The Stern Review. Cambridge
- Heidi K. Stranddorf, Leif Hoffmann, Anders Schmidt. 2003. LCA technical report: Impact categories, normalisation and weighting in LCA. Update on selected EDIP97-data. FORCE Technology/dk-TEKNIK
- Birgitta Sundström och Lars Jorhem. 2008. Bly och kadmium i vegetabilier odlade kring Rönnskårsverken, Skelleftehamn 2006. Livsmedelverket Rapport 20, 2008
- Swedish Chemicals Agency. 2007. Lead in articles – a government assignment reported by the Swedish Chemicals Agency and the Swedish Environmental Protection Agency. Report No 5/07
- Swedish Chemicals Inspectorate. 2006. National Implementation Plan for the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants for Sweden. Report No 4/06
- Swedish Environmental Protection Agency. 2009. National Inventory Report 2009 Sweden. Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol
- Swedish Environmental Protection Agency. 2009. Sweden's Informative Inventory Report 2009. Submitted under the Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution
- Svenskt Vatten. 2005. Fakta om vatten och avlopp
- John Sviden. 2003 : Kvicksilvrets miljöhistoria. Användning, utsläpp och åtgärder i Sverige 1800-2000. ISBN 91-631-3649-X
- L Sörme, B Bergbäck, U Lohm. 2001. Goods in the Anthroposphere as a Metal Source – A case Study of Stockholm, Sweden. Water, Air & Soil Pollution, Focus Vol 1, No 3-4, p 213-227
- J Tidblad, V Kucera, A Mikhailov, J Henriksen, K Kreislova, T Yates, and B Singer. 2002. Field Exposure Results on Trends in Atmospheric Corrosion and Pollution
- John Tyndall. 1861. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Vol 151, Part I, pp 1-36
- UNEP. 2005. Production and Consumption of Ozone Depleting Substances under the Montreal Protocol 1986 – 2004
- UNEP. 2006. Environmental Effects of Ozone Depletion and its Interactions with Climate Change: 2006 Assessment
- UNEP. 2006 Scientific Assessment of the Montreal Protocol
- UNEP. 2006. Scientific Assessment of Ozone depletion. WMO Report 50
- UNFCCC. 1992. United Nations Framework Convention on Climate Change
- Eva Walterson. 1999. Krom, nickel och molybden i samhälle och miljö. Miljöforskargruppen
- Spencer R Weart. 2003. The Discovery of Global Warming. Cambridge MA. Harvard University Press
- V Verstreng, G Myhre, H Fagerli, S Reis, L Tarrasón. 2007. Twenty-five years of continuous sulphur dioxide emission reduction in Europe. Atmospheric Chemistry and Physics No 7
- Gunnar Wiklander, 1996. Utsläpp från olika källor- Skogsbruk. Skogs- och lantbruksakademin tidskrift 135:3
- www.spacecenter.dk
- Vägverket. 2001. Dagvattenbelastning på sjöar och vattendrag i förhållande till andra föroreningskällor. Publ 2001.114

Bilaga

Tabell. Sifferunderlag för diagram i sammandrag

Miljöpåverkan	Utsläpp												Utsläppsbedömning
Indikator för tillhörande miljöaspekt	Enhet	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2030	
Förändrat klimat													
Koldioxid (CO ₂)	Tg/a	18	29	30	40	100	85	56,3	53,4	52,5	45	37,5	
Metan (CH ₄ som CO ₂ eq)	Tg/a	7,2	6,7	6,7	6,6	6,5	6,4	6,4	6,0	5,0	4,6	4,6	
CFCs (som CO ₂ eq) (användning)	Tg/a	0	0	0,8	4,4	15,1	19,6	12,3	2,2	0	0	0	
Dikväveoxid (N ₂ O som CO ₂ eq)	Tg/a	10,0	9,5	9	8,8	8,7	8,6	8,5	7,8	7,0	7,0	7,0	
Växthusgaser, GHG	Tg/a	35,2	45,2	46,4	59,8	130,4	119,7	83,5	66,5	64,5	56,9	49,4	
Uttunning av ozonskiktet													
Ozonpåverkande "freoner", CFC (ODPs)	Mg/a	0	0	216	1222	4169	5390	2637	400	200	0	0	
Förurning av mark och vatten													
Sura gaser (SO _x)	Gg/a	138	244	340	597	997	491	104	46	39	29,7	20,8	
Sura gaser (NO _x)	Gg/a	48,8	50,1	89,8	190,5	325,5	404	300	215	181	113	78	
Påfrestningar på stadsmiljön													
Partiklar (stoft, TSP)	Gg/a	194	238	273	306	368	169	63	50	39	34	28	
Ohälsosamma ämnen (nmVOC)	Gg/a	350	350	350	350	530	430	350	200	150	100	80	
Ohälsosamma ämnen (CO)	Gg/a	152	197	366	1011	1814	1743	936	650	368	270		
Ohälsosamma ämnen (PAH)	Mg/a												
Förorening av sjöar och hav													
Organiska ämnen (TOC)	Gg/a	677	602	1063	1386	1204	429	238	114	78	70	62	
Synliga ämnen (suspenderade ämnen, SS)	Gg/a	281	312	360	460	367	112	76	39	30	24	18	
Närsalter (fosfor, P)	Mg/a	2300	3600	6300	9350	12600	6660	3540	3060	2785	2300	1700	
Närsalter (kväve, N)	Gg/a	41,5	47,5	59,0	71,0	100	105	106	92,2	74,0	67,4	56,2	
Utarmning av växter och djur													
<i>POPs</i>													
Klororganiska föreningar (AOX)	Mg/a	0	1035	2616	8505	19160	20900	7350	1000	750	450	150	
DDT (användning)	%	0	0	3	33	100	33	5	0	0	0	0	
Bekämpningsmedel (verksam substans)	Mg/a			3302	6168	8557	11197	8874	8535	9200			
PCB (användning)	Mg/a	0	0	0	165	500	0	0	0	0	0	0	
Dioxin (TEQ)	g/a						194	69	45				
<i>Metaller</i>													
Kvicksilver (Hg)	Mg/a	12	28	50	79,7	21,5	4,4	2,4	1,1	0,9	0,5	0,2	
Bly (Pb)	Mg/a	100	250	350	800	1400	430	87	9	7	4	1,5	
Kadmium (Cd)	Mg/a		6,4	7,9	22,2	64	18,5	4,6	1,6	1,1	0,5	0,2	
Krom (Cr)	Mg/a	256	299	550	927	1850	420	47	20	14	12	10	
Nickel (Ni)	Mg/a					680	283	67	32	30	20	10	
Koppar Cu)	Mg/a					710	380	82	23				
Arsenik (As)	Mg/a					1400	855	15,6	2,8	1,8	1,5	1,5	
Zink (Zn)	Mg/a					4900	2900	971	273	250	120	20	