
Rapport SGC 075

GASBRANSCHENS MILJÖHANDBOK

Jörgen Thunell
Svenskt Gastekniskt Center AB

September 1996



Rapport SGC 075
ISSN 1102-7371
ISRN SGC-R--75--SE

Subject: Komplettering av miljöhandboken

Date: Thu, 11 Feb 1999 12:19:54 +0100

From: "Jörgen Thunell" <jorgen.thunell@mah.se>

To: "Owe Jönsson" <owe.jonsson@sgc.se>

Owe!

Ändringar i och tillägg till miljöhandboken har jag hanterat så att små ändringar och tillägg har jag skrivit in för hand i miljöhandboken. Dessa får Du alltså renskriva själv. Större tillägg och ändringar har jag skrivit ut på datorn så att Du slipper renskriva utan kan lägga in direkt. Sådana större ändringar och tillägg är markerade med en ring och en siffra i miljöhandboken och motsvarande ring och siffra finns i kompletteringstexten.

Kompletteringstexten bifogar jag här dock utan ringar. Ändrade sidor i miljöhandboken samt kompletteringstext med ringar skickar jag per post. Det låter kanske besvärligt när Du läser detta men jag tror inte det skall vara några bekymmer när Du ser papperna i verkligheten.

Observera att ringnumreringen inte alltid kommer i nummerföljd, vilket beror på att jag inte alltid gjort kompletteringarna i logisk ordning.

Noteringar med rött i de postöversända kompletteringsbladen innebär åtgärd från Din sida av något slag. Jag har t ex ännu inte lärt mig hur man skriver ut index för t ex koldioxid utan jag skriver CO2. Ett annat exempel är den grekiska bokstaven my, jag skriver således um för mikrometer. Men allt sådant är alltså markerat med rött och jag hoppas Du kan rätta till det. Jag hänvisar också till tabeller i SGC-rapporter som Lotty skrivit ut och då kan Du bara kopiera därifrån.

Egentligen borde man se över sakregistret nu när det blivit en del ändringar i sidnumrering etc. Kanske något för en praktikant?

När Du matat in allt i miljöhandboken bör Du skicka en utskrift till mej så att jag kan kolla att allt hamnat rätt.

Är det något oklart så bara hör av Dej.

Hälsningar Jörgen

 MILJÖHANDBOKEN. KOMPLETTERINGSTEXT (RTF).rtf

Name: MILJÖHANDBOK
KOMPLETTERING
(RTF).rtf

Type: Winword File
(application/rtf)

Encoding: base64

1997-12-17

Till
Innehavarna av Gasbranschens
miljöhandbok
(Rapport SGC 075)

Kompletteringsmaterial för Miljöhandboken (Revision 2, Okt 1997)

Härmed översänds material för komplettering och utbyte enligt nedan:

- | | | |
|----------------------------------|---|---|
| • Innehållsförteckning | Byts ut helt | |
| • Kap 2 Inledning | Byts ut helt | |
| • Kap 3 Miljöpåverkande ämnen | Utbyte av sidorna 3.6, 3.9, 3.10,
3.12, 3.13 och 13.14 Ny sida 3.14 | |
| • Kap 4 Bränslen och drivmedel | Byts ut helt | |
| • Kap 5 Miljöeffekter | Utbyte av sidorna 5.4 - 5.6
Ny sida 5.7 | |
| • Kap 6 Konsekvenser | Utbyte av sidorna 6.8 - ^{6.9} 6.11
Nya sidor 6.12 - 6.14 | |
| • Kap 7 Regelverk | Byts ut helt | |
| • Kap 8 Luftkvalitet * | Byts ut helt | * Rubrikerna i texten i
skulle vara LUFTKVALITET
(S RIKTLINJER) |
| • Kap 9 Emissionsgränser | Byts ut helt | Rättas i nästa
utgåva! |
| • Kap 11 Ekonomiska styrmedel | Byts ut helt | |
| • Kap 12 Teknik för begränsning | Byts ut helt | |
| • Kap 13 Anläggningstyper | Byts ut helt | |
| • Kap 14 Typiska emissionsvärden | Byts ut helt | |
| • Kap 15 Miljöpåverkan | Utbyte av sidorna 15.1 och 15.8 | |
| • Kap 16 Typfall | Utbyte av sidan 16.7
Nya sidor 16.9 - 16.11 | |
| • Kap 17 Miljöförbättringar | Ny sida 17.4 | |
| • Kap 18 FoU | Utbyte av sidan 18.6. Ny sida 18.7 | |
| • Kap 19 Statistik | Byts ut helt | |
| • Kap 20 Övrigt | Byts ut helt med undantag av nuva-
rande sida 20.5 (SGC:s demoblod
nr 15, som ges nytt sidnummer
20.2.2) | |

Observera att även om ett helt kapitel skall bytas ut så är det endast ändrade sidor som försetts med beteckningen "revision 2, Okt 1997" nederst på sidan. Observera också att vissa sidhänvisningar i sakregistret kan vara felaktiga på grund av omarbetningen. Detta kommer att rättas till i nästa utgåva.

Denna kompletteringsomgång delar vi ut gratis. I fortsättningen kommer vi emellertid att ta ut en avgift för att till en del täcka kompletteringskostnaderna. Vi skickar ut ett meddelande härom när en ny omgång är klar, vilket förväntas ske om ca ett år.

Med vänlig hälsning

SVENSKT GASTEKNISKT CENTER AB


Johan Rietz



ÄNDRING AV HANDBOKSINNEHAV

Blanketten insänds till:

Svenskt Gastekniskt Center AB
205 09 MALMÖ

Fax 040 - 24 43 14

Gasbranschens miljöhandbok (Rapport SGC 075)

Tidigare innehavare av handboken

.....
Namn (texta gärna)

.....
Företag

.....
Adress

.....
Adress

Ny innehavare av handboken

.....
Namn (texta gärna)

.....
Företag

.....
Adress

.....
Adress

.....
Tel

.....
Fax

Rapport SGC 075

GASBRANSCHENS MILJÖHANDBOK

Jörgen Thunell
Svenskt Gastekniskt Center AB

September 1996

FÅR EJ KOPIERAS

GASBRANSCHENS MILJÖHANDBOK

1. Förord

2. Inledning

- 2.1 Vad är energigas?
 - 2.2 Bränslecykeln och livscykelanalyser (LCA)
 - 2.3 Några definitioner
 - 2.4 Handbokens disposition
-

3. Miljöpåverkande ämnen

- 3.1 Svaveldioxid (inkl odöranter)
 - 3.2 Svavelväte
 - 3.3 Kväveoxider
 - 3.4 Dikväveoxid (lustgas)
 - 3.5 Ammoniak
 - 3.6 Koloxid
 - 3.7 Koldioxid
 - 3.8 Stabila organiska ämnen (POC)
 - ✓ 3.9 Dioxiner och furaner
 - 3.10 Freoner (CFC, HCFC)
 - 3.11 Lättflyktiga organiska ämnen (VOC)
 - 3.12 Metan
 - 3.13 Polyaromatiska kolväten (PAH)
 - 3.14 Terpener, Isoprener
 - 3.15 Formaldehyd
 - 3.16 Metaller
 - 3.17 Ämnen i kondensat
 - 3.18 Buller
- 3.X Stoft, partiklar
3.Y Klorväte
3.Z Ozon
-

4. Bränslen och drivmedel

- 4.1 Naturgas
 - 4.2 Gasol
 - 4.3 Stadsgas
 - 4.4 Biobränslen
 - 4.5 Biogas
 - 4.6 Gas från termisk förgasning
 - 4.7 Eldningsolja
 - 4.8 Kol
 - 4.9 Sammanfattande tabeller
 - 4.10 Flytande bränslen för fordonsmotorer
-

5. Miljöeffekter av luftburna utsläpp

- 5.1 Spridning av ämnen i luft
 - 5.2 Lokal, regional och global påverkan
 - 5.3 Försurning
 - 5.4 Övergödning
 - 5.5 Oxidantbildning
 - 5.6 Växthuseffekten
 - 5.7 Ozonedbrytning
-

6. Miljöeffekternas konsekvenser

- 6.1 Inverkan på människors hälsa
 - 6.2 Inverkan på växtligheten
 - 6.3 Inverkan på däggdjur och fåglar
 - 6.4 Inverkan på det marina livet
 - 6.5 Inverkan på klimatet
 - 6.6 Materiella skador
 - 6.7 Kostnader för luftföroreningar i Sverige
-

7. Regelverk

- 7.1 Internationella överenskommelser
 - 7.2 EU-direktiv
 - 7.3 Nordisk handlingsplan
 - 7.4 Sverige. Övergripande
 - 7.4.1 Svenska miljömål
 - 7.4.2 Plan- och marklagstiftning
 - 7.4.3 Skyddslagstiftning
 - 7.4.4 Lagstiftning om utvinning av naturresurser
 - 7.4.5 Lagstiftning om vissa anläggningar
 - 7.4.6 Övriga lagar
 - 7.5 Sverige. Regionala och lokala föreskrifter
 - 7.5.1 Regionala miljövårdsprogram
 - 7.5.2 Lokala miljövårdsprogram
-

8. Luftkvalitet

- 8.1 Riktlinjer för utomhusluft
 - 8.2 Riktlinjer för inomhusluft
 - 8.3 Teknik för mätning av luftkvalitet
-

9. Emissionsgränser

- 9.1 Maximalt tillåtna utsläpp från Sverige
 - 9.2 Emissionsgränser för svavel
 - 9.3 Emissionsgränser för kväveoxider
 - 9.4 Emissionsgränser för stoft
 - 9.5 Maximala utsläpp från mindre anläggningar
 - 9.5.1 Fastbränsleanläggningar 0,5 - 10 MW, Allmänna råd 87:2
 - 9.5.2 Skorstenshöjd - beräkningsmetoder, Allmänna råd 90:3
 - 9.5.3 Boverkets byggregler, BFS 1993:57 med ändringar 1995:17
 - 9.6 Maximala utsläpp från fordon
-

10. Tillståndsfrågor

- 10.1 Innehåll i ansökan om tillstånd
 - 10.2 Handläggning av ansökan om tillstånd
 - 10.3 Tillsyn och överklagande
-

11. Ekonomiska styrmedel

- 11.1 Svavelskatt
 - 11.2 Kväveoxidavgift
 - 11.3 Koldioxidskatt
 - 11.4 Allmän energiskatt
 - 11.5 Elskatt
-

12. Teknik för begränsning av föroreningsutsläpp

- 12.1 Stoft
 - 12.2 Svavel
 - 12.3 Kväveoxider
 - 12.4 Kolmonoxid och kolväten
 - 12.5 Koldioxid
 - 12.6 Ammoniak
 - 12.7 Klor- och fluorföreningar
 - 12.8 Tungmetaller
 - 12.9 Emissionsmätningar
 - 12.9.1 Inledning
 - 12.9.2 Mätning direkt i rökgaskanalen
 - 12.9.3 Mätning utanför rökgaskanalen
 - 12.9.4 Analysmetoder
-

13. Anläggningstyper

- 13.1 Apparater
- 13.2 Villapannor
- 13.3 Större "konventionella" pannor
- 13.4 Svävbäddspannor
- 13.5 Gasturbiner, kombianläggningar
- 13.6 Stationära förbränningsmotorer
- 13.7 Fordonsmotorer
- 13.8 Specialtillämpningar

14. Typiska emissionsvärden

- 14.1 Förhållanden som påverkar emissionernas storlek
 - 14.2 Apparater
 - 14.3 Villapannor
 - 14.4 Större pannor
 - 14.5 Svävbäddspannor
 - 14.6 Gasturbiner
 - 14.7 Stationära förbränningsmotorer
 - ✓ 14.8 Fordon
- 14.9 Utsläpp av metaller, klorväten, diokiner och PAH

15. Miljöpåverkan från bränslecykeln ^{exkl} förbränningssteget

- ✓ 15.12 Miljöpåverkan från naturgaskedjan
 - ✓ 15.24 Miljöpåverkan från bibränslekedjan
- i sin helhet*

16. Typfall. Värmeverk, kraftvärmeverk och kraftverk

- 16.1 Värmeverk
 - 16.2 Kraftvärmeverk
 - 16.3 Kraftverk
 - ✓ 16.45 Sammanvägning av miljöeffekterna
- 16.4 Elproduktions-system
- 17.1 Introduktion av naturgas i Östergötlands Län
- 17.2 Utbyggnad av nordiskt naturgasnät

17. Miljöförbättringar vid introduktion av naturgas i en region**18. Behov av forsknings- och utredningsinsatser inom miljöområdet**

- 18.1 Miljöproblem
- 18.2 Vilka miljöfrågor bör gasbranschen ägna sig åt?
- 18.3 Syften med gasbranschens FoU inom miljöområdet
- 18.4 Exempel på forsknings-, utrednings- och utvecklingsinsatser

19. Energi- och miljöstatistik

- 19.1 Energistatistik Sverige
- 19.2 Energigas Sverige
- 19.3 Energistatistik Världen
- 19.4 Energigas Världen
- 19.5 Miljöstatistik

15.1 Livscykelanalyser

15.3 Livscykelinventering av det europeiska naturgasnätet

- 20. Övrigt**
- 20.1 Sakregister
- 20.2 Beräkning av skorstenshöjder för gaseldade anläggningar
- 20.3 Definitioner
- 20.4 Omräkningsfaktorer
- 20.5 Fakta om naturgas
 - 20.5.1 Uppkomst
 - 20.5.2 Prospektering
 - 20.5.3 Förekomst
 - 20.5.4 Utvinning
 - 20.5.5 Transport
 - 20.5.6 Det svenska naturgasnätet
 - 20.5.7 Marknaden för naturgas



1 FÖRORD

Miljöfrågorna får allt större betydelse i samband med omvandling och användning av energi. Vi som arbetar med energigas, dvs med naturgas, gasol, biogas m m, är av den uppfattningen att gasformiga bränslen, totalt sett, har miljömässiga fördelar framför fasta och flytande bränslen. För att underbygga våra åsikter har vi därför tagit fram denna miljöhandbok, som på ett förhoppningsvis objektiva sätt bl a redovisar de miljökonsekvenser som uppstår vid användning av olika typer av bränslen.

Handboken är i föreliggande form ett "tungt" och omfattande dokument som främst är tänkt som ett "referensverk" för gasbranschens eget folk, för myndigheter osv och varför inte som lärobok. Med utgångspunkt från referensverket kan allehanda broschyrer, specialinformation m m tas fram allt eftersom behovet påkallar.

Handboken är tänkt bli uppdaterad med jämna mellanrum så att den alltid är up-to-date.

En stor del av handbokens innehåll bygger på material i ÅF-Energikonsults rapport "Energi och Miljö. Miljökonsekvenser vid användning av naturgas, biobränsle, olja och kol" (Ref 4.3). På SGC:s och Sydgas' initiativ togs denna rapport fram till konferensen "Naturgas - en väg till bättre miljö för Sverige?" i Stockholm hösten 1995. Andra som lämnat värdefulla bidrag till rapporten är Lotta Hedeén och Charlotta Jönsson, Sydgas.

För att säkerställa handbokens objektiva innehåll har vi som granskare av de olika kapitlen bl a anlitat Naturvårdsverket och Institutet för vatten- och luftvårdsforskning.

SVENSKT GASTEKNISKT CENTER AB

Johan Rietz



2 INLEDNING

All mänsklig verksamhet påverkar miljön och energianvändning är inte undantagen. Energinvändningen påverkar miljön på olika sätt beroende på vilka energislag som utnyttjas, hur energin utvinns, transporteras och distribueras och hur den används i slutändan.

Största miljöpåverkan i energisammanhang erhålls normalt från förbränning av bränslen och de luftburna utsläpp som förbränningen ger upphov till. Annan påverkan kommer bl a från kylvattenutsläpp, utsläpp av vätskeburet avfall, deponering av aska samt buller.

Effekterna på miljön brukar indelas i lokala, regionala och globala beroende på hur nära källan påverkan uppstår. Exempel på lokala effekter är bildning av marknära ozon, stoftnedfall och påverkan på vår hälsa. Regionala effekter kan vara försurning och övergödning, medan ozonlagrets uttunning vid polerna och klimatpåverkan är exempel på globala miljöeffekter. Också byggen av kraftledningar och rörledningar är exempel på lokal och regional miljöpåverkan.

De miljöeffekter som användning av naturgas och andra energigaser ger upphov till är främst förknippade med emissioner från själva förbränningen. Hela skalan från närliggande hälsoeffekter till global påverkan finns med, men kvantitativt är effekterna små i förhållande till andra bränslen. Detta har sin grund i att naturgas är ett gasformigt, enkelt och rent bränsle.

2.1 Vad är energigaser?

Med energigaser menas gasformiga bränslen avsedda för energiändamål dvs för produktion av processvärme, lokalvärme, elektricitet m m. De viktigaste energigaserna i Sverige är naturgas, gasol, stadsgas, biogas samt koksugns- och hyttgas. Andra energigaser är vätgas samt gas från termisk förgasning av fasta bränslen.

Miljöhandbokens behandling av energigaser är koncentrerad till naturgas. Gasol, på engelska Liquid Petroleum Gas, LPG, har likartade miljöegenskaper som naturgas och särbehandlas endast i de fall miljökonsekvenserna skiljer sig från naturgasens.

Biogas från reningsverk och soptippar innehåller olika föroreningar beroende på ursprungskällan för gasen. Efter eventuell rening är huvudbeståndsdelen metan, dvs samma som för naturgas, varför även här miljöegenskaperna är likartade.

Stadsgas utgörs numera av naturgas utspädd med luft i de regioner där naturgas finns (Göteborg och Malmö). Miljöegenskaperna blir följaktligen samma som för naturgas. I regioner utan naturgas produceras stadsgasen genom spaltning av lättbensin (Stockholm).

Koksugns- och hyttgas förekommer i anslutning till järn- och stålverk. Användningen är begränsad jämfört med övriga energigaser varför de, liksom vätgas och gas från termisk förgasning, ej behandlas i denna handbok.

2.2 Bränslecykeln och livscykelanalyser (LCA)

Miljöeffekter uppstår inte enbart vid slutanvändning av energi t ex förbränning av ett bränsle. Miljöeffekter uppstår också i samband med utvinning, förädling och transport av bränslet. Andra miljöeffekter som också kan kopplas till bränslecykeln är t ex effekter av gödsling vid energiskogsodling och naturinrång vid stora vindkraftparker.

Kartläggning av hela bränslecykeln, dess resursförbrukning och miljöpåverkan, sker genom s k livscykelanalyser, på engelska "Life Cycle Assessment (LCA)". En fullständig LCA innefattar även miljöpåverkan från byggande och rivning av de anläggningar som bränslet passerar, t ex för naturgasens del borrhälsplattformar, transmissionsledningar, M/R-stationer och distributionsledningar.

För den som närmare vill sätta sig in i metoder och principer för livscykelanalyser hänvisas till SGC-rapporten "Livscykelanalyser - är det något för gasbranschen?" (Ref 2.1).

9- (11) För att hålla omfattningen av miljöhandboken inom rimliga gränser har miljöpåverkan från hela bränslecykeln endast beaktats för naturgas och för biobränslen. För övriga bränslen som behandlas här har endast miljöpåverkan från förbränningsprocessen beaktats. Vidare har tyngdpunkten lagts på luftburna utsläpp eftersom andra miljöstörningar såsom vattenburna utsläpp, askdeponering och buller antingen inte förekommer i samband med naturgas eller är likvärdiga med de från andra bränslen.

Naturgas är ett mångsidigt bränsle som i princip kan ersätta alla andra bränslen och i många fall även kan användas där fasta eller flytande bränslen är omöjliga.

Beroende på hur gasen används kan det uppstå olika mängder utsläpp av miljöpåverkande ämnen. I miljöhandboken har för enkelhets skull studierna begränsats till fyra typer av anläggningar: mindre pannor (< 300 kW), blockcentraler (300 kW - 5 MW), värmeverk/små kraftvärmeverk (25 - 100 MW_t) och stora värmeverk/kraftvärmeverk (> 100 MW_t). Inom dessa anläggningsgrupper görs även jämförelser med motsvarande anläggningar eldade med biobränslen, olja och kol.

Detta innebär att specialtillämpningar av gasen, såsom IR-strålare, decentraliserande vätskevärme och katalytiska brännare ej behandlas. Avsikten är att i en senare upplaga även behandla dessa tillämpningar. Däremot redovisas typiska emissioner från fordon drivna av bl a naturgas.

2.3 Några definitioner

När det gäller luftburna ämnen skiljer man på **emission** och **immission**.

Med **emission** menas utsläppt mängd av ett ämne från t ex en skorsten. Med **immission** avses koncentrationen av ett ämne på en viss plats, t ex i en tätort.

Emission kan anges som t ex g/s. Ofta anges den som koncentration i rökgaserna eller som utsläppt mängd i förhållande till tillförd energi (bränsleenergin). Dessa sätt att ange emissionen används vanligen vid fastställande av normer och gränsvärden och är praktiskt vid jämförelser mellan olika bränslen.

En vanlig enhet för koncentrationen är ppm, parts per million. Vanligtvis avses volymdelar men om osäkerhet råder kan man skriva ppmv. Ppmv är liktydigt med ml/m³.

Ppmw, parts per million weight, avser milliondelar räknat på vikten och är detsamma som mg/kg.

En annan vanlig enhet för koncentrationen är mg/Nm³. Nm³ står för normal kubikmeter, dvs 1 m³ vid atmosfärstryck och 0°C. Nm³ kan avse rökgasvolymen men vid gasformiga bränslen även bränslevolymen.

Enheten för utsläppt mängd i relation till mängden använt bränsle är normalt mg/MJ (milligram per megajoule). Det skall observeras att om denna och de andra enheterna för emission används för jämförelser mellan olika bränslen, så kommer skillnader i

Definitioner

<i>Adsorbera</i>	Fastna på en yta
<i>Aerosol</i>	En fin dimma av t ex partiklar eller vätskedroppar som är svävande i gas eller luft
<i>Benign</i>	Godartad (t e x tumör)
<i>Carcinogen</i>	Samma som cancerogen
<i>Fossila bränslen</i>	Bränslen som bildats av organiskt material och lagrats i marken under långa tider, ofta miljontals år eller mer, t ex kol, olja och naturgas
24 <i>Genotoxisk</i>	En genotoxisk skada drabbar arvsanlagen
<i>Malign</i>	Elakartad (t ex tumör)
<i>Mutagen</i>	Ett ämne är mutagent om det skadar eller förändrar ett arvsanlag
<i>Mutation</i>	Förändring av arvsanlagen
<i>PM-10</i>	Partiklar med en aerodynamisk diameter på 10 μm eller mindre
<i>Tröskelvärde</i>	En dos eller koncentration under vilken ett ämne inte medför någon effekt
<i>TSP</i>	Står för Total Suspended Particulates. Totala mängden svävande partiklar mindre än 160 μm

Bränslecykel etc

Miljöeffekter uppstår ...

...(Ref 2.1)

Här i miljöhandboken visas exempel på luftburna utsläpp i samband med utvinning, transport och distribution av naturgas och av biobränslen. Vidare visas exempel på luftburna utsläpp för två svenska elproduktionssystem, Vattenfalls och Sydkrafts, där även utsläppen i samband med bränsleproduktionen och byggandet av kraftverken inkluderats.

bränsleverkningsgrad ej med i bilden. Man måste i så fall ange utsläppet per enhet nyttiggjord energi eller på annat sätt justera utsläppsvärdena.

Den vanligaste enheten för **immission** är ppm. Härmed avses halten av en viss förorening i luften på en viss plats. Vid mycket små koncentrationer används enheten ppb, parts per billion, dvs miljarddelar.

Ytterligare definitioner återfinns i avsnitt 20.3.

2.4 Handbokens disposition

Efter inledningsavsnitten beskrivs de aktuella ämnen som på ett eller annat sätt påverkar miljön. Beskrivningen är i princip en databank med uppgifter om respektive ämnes egenskaper, var det finns eller bildas, hur det sprids till omgivningen och vilka miljöeffekter ämnet orsakar.

I det efterföljande kapitlet ges bränsledata för olika energigaserna samt för kol, oljeprodukter och biobränslen. Bland data finns kemisk beteckning, framställningsmetod, värmevärde, föroreningsinnehåll osv.

Miljöeffekter samt hälso- och andra konsekvenser av miljöeffekterna beskrivs i två kapitel. Uppdelning har skett efter miljöeffekterna och konsekvenserna som sådana, dock med angivande av vilka ämnen som orsakar respektive effekt eller konsekvens.

Samhällets möjligheter att påverka och begränsa utsläpp av miljöstörande ämnen regleras genom legala och ekonomiska styrmedel. I några kapitel redovisas vad som innefattas här i form av lagar, förordningar, gränsvärden och tillståndsfrågor samt gällande skatter och avgifter på bränslen och emissioner.

Tekniken för begränsning av utsläpp utvecklas ständigt bl a som följd av successivt skärpta krav på maximalt tillåtna utsläpp. I handboken finns ett avsnitt om dels dagens teknik dels vad vi kan förvänta oss i framtiden.

En beskrivning görs av olika anläggningstyper och det redovisas typiska utsläpp från dessa. För naturgas och biobränslen behandlas även utsläppen i bränslecykelns övriga led, dvs miljöpåverkan från utvinning/produktion, transport och annan hantering. En beräkning har också gjorts över hur miljön kan förbättras vid utbyggnad med naturgas i en region.

Behovet av forsknings- och utredningsinsatser har sammanställts och handboken avslutas med fakta om naturgas samt statistiska uppgifter om energi och miljö i Sverige och världen i övrigt.

Referenser

- 2.1 Jörgen Thunell
Livscykelanalyser - är det något för gasbranschen?
SGC-rapport nr 084, September 1997



3 MILJÖPÅVERKANDE ÄMNEN

1 →

3.1 Svaveldioxid

Kemisk beteckning SO₂

Bildning/förekomst Svaveldioxid bildas genom oxidation av svavel vid förbränning av svavelhaltiga bränslen såsom olja, kol och torv. Svaveldioxid uppstår också vid industriella processer som sulfitmässaproduktion och vid rostning av sulfidmalmer.

Svavel förekommer i torv, kol, olja och i biobränslen. Dessutom förekommer små mängder i naturgas härstammande från odöriseringsmedlet (odöranten), dvs det tillsatsmedel som gör att läckande gas kan upptäckas med luktsinnet. Av odöranter förekommer två typer: THT, tetrahydrothiophen och etylmerkaptan. Båda är illaluktande organiska föreningar. THT betecknas C₄H₇SH och etylmerkaptan CH₃CH₂SH. I Sverige används THT för odörisering av naturgas och etylmerkaptan för odörisering av gasol.

Kemiska data

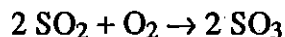
Molvikten för SO₂ är 64 g/mol och för svavel 32 g/mol. Det bildas således 2 viktenheter svaveldioxid för varje viktenhet svavel i bränslet. Faktorn 2 gäller således även vid omräkning av ett svavelutsläpp från t ex mgS/MJ till mg SO₂/MJ.

Svaveldioxid är en färglös gas som är löslig i vatten. En mindre del av den lösta gasen reagerar kemiskt med vatten och bildar svavelsyrlighet enligt formeln:



Svavelsyrlighet oxideras i närvaro av starka oxidationsmedel (t ex väteperoxid och ozon) till svavelsyra H₂SO₄.

SO₂ kan också oxideras till svaveltrioxid, SO₃ som är en starkt hygroskopisk gas och bildar svavelsyra under upptagande av vatten.



Svavelsyra bryts ner till sulfatjoner SO₄²⁻ och vätejoner.

Vid underskott på syre (t ex i övergödda vattendrag) kan svavelsyra också omvandlas till svavelväte.

Spridning

Svaveldioxiden sprids genom rökgasutsläpp till atmosfären. Den uppträder där som gas, löst i molndroppar eller buren av partiklar. Svaveldioxiden återförs till jordytan igen antingen genom våtdeposition, dvs via nederbörd eller genom torrdeposition genom avsättning direkt på mark, vattenytor eller vegetation.

(3) MILJÖPÅVERKANDE ÄMNEN)

Alla ämnen som släpps ut till omgivningen vid energiomvandling, industriprocesser mm påverkar miljön på ett eller annat sätt. Även om ett ämne i sig självt inte är "skadligt" kan det genom sin närvaro i t ex atmosfären ge följeffekter som påverkar miljön i positiv eller (vanligen) negativ riktning. Ett typiskt exempel är koldioxid, som räknas som en relativt harmlös gas, men som vid ökande koncentration i lufthavet kan orsaka förändringar i det globala klimatet.

För ett stort antal miljöpåverkande ämnen finns regler, riktlinjer eller rekommendationer avseende maximal storlek på koncentrationen i bl a omgivningsluft, dricksvatten och livsmedel. Eftersom koncentrationen i framför allt omgivningsluften (immissionsnivån) bestäms av utsläppen (emissionerna) från många olika källor är det svårt att ställa upp immissionskrav för en enskild emittent. I stället kan då myndigheterna ställa upp emissionskrav och dessa kan vara baserade på immissionsberäkningar gjorda för ett antal större emittenter i en viss region. Generella emissionsgränser behandlas i ett senare kapitel i miljöhandboken.

①

Som ett led i strävan att hålla miljöpåverkande utsläpp så låga som möjligt är vissa utsläpp belagda med skatter eller avgifter som står i direkt proportion till utsläppens storlek. Detta gäller i Sverige för svavel, kväveoxider och koldioxid. Därtill kommer den allmänna energiskatten (en s k fiskal skatt), som visserligen inte är relaterad till någon föroreningshalt, men som genom sin existens kan verka bromsande på energianvändningen och därmed också på dess miljöpåverkan. Även detta behandlas längre fram i miljöhandboken.

Ämnen för vilka det finns gränsvärden och/eller skatter eller avgifter kallas ofta för reglerade ämnen. För övriga kan man följaktligen se benämningen oreglerade ämnen. I vissa fall kan man dock med oreglerade ämnen avse enbart sådana som inte är belagda med skatter eller avgifter.

I det följande beskrivs ett antal miljöpåverkande ämnen samt deras effekter på hälsan och miljön i övrigt. I senare kapitel återkommer häso- och miljöeffekter men då rangordnade efter effekterna som sådana.

(3.1) Svaveldioxid etc)

I atmosfärens molnsystem kan svaveldioxiden förflyttas avsevärda sträckor. En stor del av det sura nedfall som belastar Sveriges miljö härstammar från källor utanför våra gränser men å andra sidan "exporteras" också en stor del av de svenska utsläppen till andra länder.

Miljöeffekter

<u>Hälsa</u>	Verkar i höga koncentrationer irriterande på slemhinnorna och kan påverka lungfunktionen.
<u>Lokala</u>	Bidrar till korrosion genom ombildning till svavelsyra. Bidrar dessutom till vittring av byggnader, minnesmärken m m. Leder till en utarmning av lavfloran (på t ex trädstammar).
<u>Regionala</u>	Bidrar till försurning genom omvandling till svavelsyra.

3.2 Svavelväte

Kemisk beteckning

H₂S

Bildning/förekomst

Svavelväte bildas vid nedbrytning av organismer då syrebrist föreligger. Vanliga ställen är myrar, sjöar och havsbotten med överskott på näring. Svavelväte uppstår också vid massatillverkning. Bildning av svavelväte är ofta en konsekvens av andra utsläpp, t ex kväveföreningar.

Kemiska data

Svavelväte är en giftig illaluktande gas, ganska löslig i vatten. I vattenlösning utgör den en svag syra.

Spridning

En del av det svavelväte som bildas i vatten stiger som gas till ytan och sprids sedan med vinden. I djupgravar i havsbotten kan H₂S ansamlas och bli liggande i dessa svackor under lång tid om kontinuerlig syrebrist föreligger.

Miljöeffekter

Hälsa

Svavelväte är akut giftigt.

Lokala och Regionala

Utsläpp till luft ger framför allt luktbesvär. I havet påverkas det marina livet. De organismer som kan flyr undan, övriga dör.

3.3 Kväveoxider

Kemisk beteckning

NO_x som är en samlingsbeteckning för kvävemonoxid, NO och kvävedioxid, NO₂.

Bildning/förekomst

Kväveoxider bildas genom oxidation av luftens kvävgas vid förbränning. Dessutom bidrar bränslebundet kväve i kväverika bränslen till bildning av NO_x.

Tre olika bildningsmekanismer förekommer. Två av dessa, termisk och prompt NO_x-bildning, är förknippade med omvandling av atmosfäriskt kväve från förbränningsluften. Vid den tredje mekanismen sker en ombildning av det kemiskt bundna bränslekvävet till NO_x. Termisk NO utgör huvuddelen

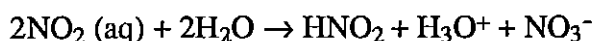
av NO_x-emissionen vid gaseldning. Bildad NO oxideras i atmosfären snabbt till NO₂, vilket är anledningen till att man vanligen anger gränsvärden i t ex mg NO₂/MJ bränsle.

Exempel på bränslen innehållande kväve är kol, olja, torv och biobränslen. Naturgas innehåller inget organiskt bundet kväve och är dessutom möjlig att förbränna vid förhållandevis låg temperatur och därför bildas det mindre NO_x vid gaseldning än vid eldning av andra bränslen.

Kemiska data

Molvikten för NO₂ är 46 g/mol, för kvävgas, N₂, 28 g/mol. Det bildas således för varje viktenhet kvävgas *som deltar i processen*, 1,62 viktenheter kvävedioxid. För varje bildad viktenhet NO bildas 1,52 viktenheter NO₂.

Kvävemonoxid är en färglös gas som är svårlöslig i vatten. Den oxideras i närvaro av ozon mycket lätt till kvävedioxid, en rödbrun gas som är mera löslig än NO i vatten. Den lösta gasen reagerar kemiskt med vatten enligt nedan och bildar salpetersyrighet:



Salpetersyrigheten sönderdelas och den bildade NO₂⁻ oxideras och resultatet blir en lösning av salpetersyra NO₃⁻.

Salpetersyrighetens salter kallas nitrit NO₂⁻, salpetersyrans kallas nitrat, NO₃⁻.

Spridning

Kväveoxider sprids genom rökgasutsläpp till atmosfären. Såväl kväveoxiderna som dess syror och salter uppträder i atmosfären som gaser, lösta i molndroppar eller burna av partiklar. De återförs till jordytan antingen genom våtdeposition eller genom torrdeposition.

I atmosfärens molnsystem kan kvävedioxiden liksom svavel-dioxiden förflyttas avsevärda sträckor. En stor del av det kväveoxidnedfall som belastar Sveriges miljö härstammar från källor utanför våra gränser men å andra sidan "exporteras" ungefär lika mycket från Sverige till andra länder.

Miljöeffekter

Hälsa

Bidrar till bildning av fotokemiska oxidanter som irriterar människans slemhinnor, ökar infektionskänsligheten och kan ge lungsjukdomar. Kvävedioxid misstänks även orsaka cancer.

Lokala

Kväveoxider kan ge direkta skador på växtligheten. Bidrar till korrosion genom ombildning till salpetersyra som oxiderar de flesta metaller.

Bidrar dessutom genom korrosion till förstörelse av byggnader och minnesmärken.

Regionala

Bidrar till försurning genom omvandling till salpetersyra och bidrar till bildning av fotokemiska oxidanter som ger växtskador. Kväveoxidutsläpp från förbränning bidrar också till

övergödning av skog och mark och i viss utsträckning av hav och sjöar.

Globala

Bidrar till klimatförändringar genom bildning av troposfäriskt (marknära) ozon, som är en växthusgas.

3.4 Dikväveoxid (Lustgas)

Kemisk beteckning N₂O

Bildning/förekomst

Dikväveoxid bildas vid förbränning genom oxidation av luftens kvävgas. Dessutom bidrar bränslebundet kväve i kväverika bränslen till bildning av dikväveoxid. ~~Reaktionerna är temperaturberoende.~~ Vid katalytisk rening med avseende på kväveoxider (NO_x) tenderar dikväveoxidutsläppen att öka. Vid orenade utsläpp kan dikväveoxidmängden utgöra 4-8 vikt-% av totalkvävemängden, medan andelen dikväveoxid vid renade utsläpp kan vara upp till 25 - 50 vikt-%.

Dikväveoxid produceras också vid fordonsdrift. Katalysatorer i bilar bidrar till en ökning av dikväveoxidbildningen, eftersom det vid reduktionen av NO_x till kvävgas (N₂) och syrgas (O₂) också bildas en del dikväveoxid.

Dikväveoxid bildas även vid användning av gödselmedel, vid dikning av skogsmark och vid naturlig nedbrytning av organiskt material.

Kemiska data

Molvikten för N₂O är 44 g/mol.

Dikväveoxid är en färglös gas som vid höga temperaturer är ett kraftigt oxidationsmedel men annars är mycket stabil.

Spridning

Dikväveoxid sprids med avgaserna från förbränningsanläggningar och har mycket lång livslängd i atmosfären.

Miljöeffekter

Hälsa

Ger vid inandning kortvarigt rustillstånd. Används inom sjukvården för tillfällig smärtlindring.

Lokala och Regionala

Bidrar marginellt till totalkvävenedfallet.

Globala

~~Dikväveoxid är en mycket kraftig växthusgas som också påverkar ozonlagret.~~

3.5 Ammoniak

Kemiskt beteckning NH₃

Bildning/förekomst

Ammoniak bildas naturligt från bl a stallgödsel och i samband med betesdrift. Ammoniak tillverkas även industriellt och används bl a som tillsatsmedel till rökgaser för reduktion av NO_x-utsläppen. En del av ammoniaken reagerar därvid ej med kväveoxiderna i rökgaserna utan försvinner ut till omgivningen. Detta kallas ammoniakslip.

(forts. från
föregående sida)

cancerogent är Bens-a-pyren (BaP) och vid PAH-mätningar mäter man ofta BaP separat.

9

Tabell 3.3 Karaktäristika för polyaromatiska kolväten (PAH)

(Tabellen identisk med tabell 3.3 i SGC 090. Obs glöm inte texten under tabellen!)

Miljöeffekter

Hälsa De flesta ...

10

Regionala PAH tillhör gruppen organiska mikroföreningar och kan därmed medverka till bildandet av fotokemisk smog.

3.4 Dikväveoxid (Lustgas)

Bildning/förekomst

5

Reaktionerna är beroende av bl a temperaturen och förbränningstekniken samt i viss mån av bränslet. Sambandet mellan NO_x och N_2O är ännu ej helt klarlagt. Vissa studier visar att N_2O minskar vid minskande NO_x -halt, medan andra studier pekar på motsatsen.

Miljöeffekter

Globala

Dikväveoxid är en kraftig växthusgas. Livslängden i atmosfären är ca 150 år och växthuseffekten är ca 200 gånger starkare än koldioxidens. Detta medför att även små N_2O -utsläpp kan ge icke oväsentliga bidrag till obalanser mellan instrålad och utstrålad värme visavi jorden.

6

Uppe i stratosfären sönderfaller N_2O till NO som i sin tur reagerar med ozon och bildar NO_2 . Därmed förbrukas alltså ozon, varför N_2O även bidrar till en uttunning av ozonskiktet.

Den atmosfäriska koncentrationen av N_2O är ungefär 300 ppbv och ökningstakten är för närvarande 0,25 % per år.

3.5 Ammoniak

Bildning/förekomst

7

Ammoniak kan också bildas från bränslets kväveinnehåll vid förbränningsprocessen och speciellt vid förbränning av biobränslen. Bildningen beror på dålig förbränning och sker samtidigt med bildning av andra oförbrända ämnen.

3.9 Dioxiner och furaner

8

Övrigt

Förutom halter av de enskilda isomererna brukar man även ange totalhalten av dioxiner omräknat till TCDD-ekvivalenter. I ekvivalentberäkningen tar man hänsyn till de olika isomerernas toxicitet gentemot den mest giftiga, som är 2,3,7,8 – Tetra CDD. Då ett mätresultat avser TCDD-ekvivalenter brukar det anges som (t ex) ng TE/ Nm^3

14 TYPISKA EMISSIONSVÄRDEN

I detta kapitel ...

... i kapitel 16.

15

I juni 1998 publicerade SGC rapporten "Utsläpp av oreglerade ämnen vid förbränning av olika bränslen" (Ref 14.6). I rapporten redovisas typiska utsläppsvärden för bl a metaller, klorväten, dioxiner och polyaromatiska kolväten, d v s ämnen som ej är med i miljöhandbokens ursprungliga avsnitt 14.1 – 14.5. I stället för att baka in nytillkomna värden i avsnitten 14.1 – 14.5 har här valts att redovisa dem separat i ett nytt avsnitt 14.9. Angivna utsläppsvärden i det avsnittet gäller för olika slags pannor d v s inga uppgifter redovisas för gasturbiner, stationära motorer eller fordon.

Det skall också nämnas att i referens 14.6 finns mer omfattande utsläppsdata för stoft, kolmonoxid, dikväveoxid och ammoniak än vad som redovisas i avsnitten 14.1 – 14.5 här i miljöhandboken.

14.1 Förhållanden som påverkar emissionernas storlek

Kemiska data

Ammoniak är vid rumstemperatur en färglös, giftig gas med karakteristisk lukt. Den är mycket löslig i vatten och till skillnad från NO_x en oxiderande kväveförening. Ammoniak är en bas.

Spridning

Från energianläggningar sprids ammoniak med rökgaserna till atmosfären. Den större delen av luftburen ammoniak härstammar från jordbruket. Följaktligen är ammoniakhalterna högst i landsbygdsmiljö.

Miljöeffekter**Hälsa**

De haltbidrag i yttre miljö som kan förväntas från förbränningsanläggningar påverkar inte hälsan. I höga koncentrationer är ammoniak akut toxiskt.

Lokala

Ammoniak kan i höga koncentrationer skada växtligheten lokalt. Sådana koncentrationer uppstår dock nästan uteslutande i närheten av stora djurstallar eller där stora gödselmängder hanteras.

Regionala

Ammoniak fungerar i atmosfären som en bas och neutraliserar sura gaser och vätskor under bildande av ammoniumjoner (NH_4^+). Amoniumjoner kan oxideras i marken till nitrat (NO_3^-), en reaktion som leder till försurning. Kväveföreningar som släpps ut i luft kan också ha andra miljöeffekter, t ex kvävemättnad i mark och övergödning av sjöar och hav. De bidrag som härstammar ifrån förbränningsanläggningar är små i förhållande till andra antropogena ammoniakutsläpp.

Globala

Kan bidra till växthuseffekten genom omvandling till dikväveoxid via bakteriella processer i marken, och därigenom också till nedbrytning av stratosfäriskt ozon. Bidraget från förbränningsanläggningar är i dessa sammanhang mycket ringa, endast delar av procent av ammoniakutsläppen omvandlas till N_2O på detta sätt.

9- Kolmonoxid

3.6 Koloxid**Kemisk beteckning**

koloxid
CO (även benämnt ~~kolmonoxid~~).

Bildning/förekomst

Koloxid bildas vid ofullständig förbränning av de flesta bränslen. Ju mer tyngre organiska föreningar ett bränsle innehåller ju mer koloxid bildas. Mängden bildad CO är beroende av bränsle och anläggning. Småskalig vedeldning ger i förhållande till energimängden stora mängder koloxid. Den övervägande delen (90 %) av koloxidutsläppen i Sverige kommer dock från transportsektorn.

Owe:

(Koloxid ändras förslagsvis till kolmonoxid i texten)

Kemiska data

Koloxid är en brännbar, färglös, giftig gas bestående av en kolatom och en syreatom.

Spridning

Kolmonoxid sprids via luft.

Miljöeffekter**Hälsa**

I höga koncentrationer leder CO till medvetslöshet och kan även leda till döden. Vid marknivå kan utsläppen av koloxid

Globalt kan kolmonoxid
marginellt påverka

utgöra en fara för hjärt- och kärlsjuka personer då syreupptagningen försämras.

Globala

Globalt påverkar koloxid jordens värmebalans genom att bidra till en ökning av ozonmängden i troposfären. Koloxid reagerar relativt lätt med syre och bildar koldioxid som bidrar till växthuseffekten.

3.7 Koldioxid

H CO₂

Kemisk beteckning

CO₂

Bildning/förekomst

Koldioxid är tillsammans med vatten resultatet av all förbränning av kolhaltiga bränslen och bildas genom att bränslets kol oxideras av förbränningsluftens syre. Koldioxid frigörs även vid t ex cementframställning.

Den mängd CO₂ som bildas per energienhet sammanhänger med bränslets väte/kolförhållande (H/C). Lätta bränslen (hög relativt väteinnehåll) emitterar därför mindre CO₂ per energienhet än tunga bränslen.

I tabell 3.1 visas CO₂-emissionen för några olika bränslen.

Tabell 3.1. CO₂-utsläpp från fossila bränslen och biobränsle
(Ref 3.1)

Bränsle	CO ₂ -utsläpp g/MJ	H/C
Naturgas	57	4/1
Olja	78	2/1
Kol	95	0,5/1
Biobränsle	ca 100	0,12/1

Kemiska data

Koldioxid är en färglös och luktlös gas som är ganska lös i vatten.

Spridning

Koldioxid sprids genom rökgasutsläpp till atmosfären. Rök-gaser från naturgasförbränning kan också avsiktligt spridas i växthus för att stimulera växters tillväxt (koldioxidgödning).

Miljöeffekter

Globala

Utsläpp av koldioxid ökar växthuseffekten.

Vid förbränning av biobränslen förutsätts i allmänhet att den mängd som förbränns senare nyproduceras och därmed åter-binder den frigjorda koldioxiden. Koldioxidutsläpp från för-bränning av biobränslen anses därmed ej bidra till ökning av växthuseffekten.

3.8 Stabila Organiska ämnen (POC)

<i>Omfattning</i>	POC är en samlingsbeteckning på en stor grupp stabila organiska ämnen (Persistent Organic Compounds). I denna grupp ingår bl a dioxiner, polyaromatiska kolväten (PAH) och freoner (CFC). Dessa ämnen behandlas under egna rubriker nedan. Till gruppen räknas också PCB (ämne som tidigare användes i isolerande olja i transformatorer, kondensatorer och kablar), DDT, klorerade paraffiner, klorbensener och klorfenoler.
<i>Bildning/förekomst</i>	Utsläpp av POC orsakade av människan härstammar i första hand från fabriker som använder eller tillverkar dessa substanser. POC ingår t ex i vissa bekämpningsmedel och flamskyddsmedel. De POC som bildas vid energiomvandling är en följd av ofullständig förbränning. Bildningen är beroende av bränslets komplexitet. Stora molekyler som finns i fasta bränslen ger mer POC.
<i>Kemiska data</i>	Ämnena inom gruppen POC är svårnedbrytbara och har därmed lång livslängd i naturen. De flesta ämnen i gruppen är fettlösliga (lipofila). Ofta är de halogenerade, dvs de innehåller klor, brom, jod eller fluor.
<i>Spridning</i>	POC sprids såväl i luft som i vatten, från energianläggningar dock främst via luft. På grund av fettlösligheten anrikas dessa ämnen i näringskedjor. De kan transporteras lång väg, vilket gör att de kan påverka miljön långt ifrån källan.
<i>Miljöeffekter</i>	
<u>Hälsa</u>	Organiska miljögifter orsakar i låga koncentrationer bl a minskad motståndskraft mot sjukdomar, minskad stresstålighet, förkortad livslängd, försämrad reproduktion och ändrade beteenden hos såväl människor som djur. Vid höga koncentrationer är många ämnen i gruppen akut toxiska.

✓ 3.9 Dioxiner och furaner

<i>Omfattning</i>	Dioxiner ^Y är en grupp klorerade organiska ämnen bestående av totalt 210 olika föreningar. De betecknas PCDD; polyklorerade di-benso-p-dioxiner och PCDF; polyklorerade dibensofuraner.
<i>Bildning/förekomst</i>	Dioxiner bildas vid förbränning av klorhaltiga material som t ex olika plaster, koksalt, klorerade fenoler och oljor. Avfallsförbränningsanläggningar, krematorier samt järn- och stålindustrin är exempel på källor som släpper ut dioxiner till luft men också avgaser från trafiken innehåller dioxiner. Massa- och pappersindustrin har tidigare släppt ut dioxiner till vatten men blekning med klor har i princip upphört. Däremot kommer gamla klorhaltiga massor att fortsätta läcka dioxiner.
<i>Kemiska data</i>	Dioxiner är fettlösliga och 17 av de totalt 210 olika föreningarna ⁹ är extremt giftiga och stabila.

Y och furaner, här nedan
gemensamt benämnda
dioxiner,

9 (isomerer)

Spridning

Dioxiner sprids såväl i luft från t ex förbränningsanläggningar, som i vatten från t ex processindustri. Då dioxiner är fettlösliga anrikas de i exempelvis fet fisk men även i näringskedjan i övrigt.

*Miljöeffekter*Hälsa

Låga dioxindoser under lång tid innebär förhöjd cancerrisk och påverkar immunförsvaret. Höga engångsdoser kan ge psykiska skador, hudskador och synstörningar. Speciellt exponerade är spädbarn som ammas, personer som äter mycket fisk och brandmän som släcker bränder där t ex klorhaltiga plaster som brinner kan utveckla dioxiner i rökgaserna.

8

3.10

Övrigt

Freoner (CFC, HCFC)*Omfattning*

Freoner är handelsnamn för en grupp ämnen som betecknas CFC, klorfluorkarboner. Ofullständigt halogenerade klorfluorkarboner är en undergrupp som betecknas HCFC. Andra handelsnamn förekommer också.

Bildning/förekomst

Freoner är industriellt tillverkade produkter. I energiomvandlingsanläggningar förekommer CFC/HCFC i kyl-, värme och klimatanläggningar främst i värmepumpar där föreningarna används som köldmedium. Utsläpp sker vid läckage, reparation och skrotning.

I övrigt används CFC vid skumplasttillverkning (isolermaterial t ex) samt vid avfettning och tvättning. Vid brandbekämpning används haloner, en CFC-liknande gas.

Tidigare användes CFC som drivgas i sprayburkar men sedan 1979 är detta förbjudet i Sverige.

Kemiska data

Klorfluorkarboner är kemiska föreningar av kolväte-typ där väteatomerna är utbytta mot halogenerna klor och fluor. Om alla väteatomerna är utbytta kallas de fullständigt halogenerade, om minst en väteatom finns kvar kallas de ofullständigt halogenerade. Föreningar där brom ingår kallas bromerade fluorkarboner eller haloner. CFC- och HCFC-föreningarna är färglösa, nästan luktlösa, de har låg kokpunkt och kan förekomma i fast eller flytande form.

Spridning

CFC och HCFC sprids till hela atmosfären.

*Miljöeffekter*Globala

CFC-föreningarna är mycket stabila och kan därför transporteras upp till stratosfären där de bryts ner av solens ultraviolettera strålning. Härvid frigörs fluor, klor och/eller brom som bryter ned ozon till vanligt syre utan att själv förbrukas. Effekten som ozonnedbrytare skiljer sig väsentligt mellan olika CFC-föreningar, ju mer halogener de innehåller ju stabilare är de.

CFC är samtidigt växthusgaser dvs de absorberar värmestrålning.

HCFC-föreningarna har mindre inverkan på ozonlagret, men är starka växthusgaser.

3.5 Ammoniak

Bildning/förekomst

7

Ammoniak kan också bildas från bränslets kväveinnehåll vid förbränningsprocessen och speciellt vid förbränning av biobränslen. Bildningen beror på dålig förbränning och sker samtidigt med bildning av andra oförbrända ämnen.

3.9 Dioxiner och furaner

8

Övrigt

Förutom halter av de enskilda isomererna brukar man även ange totalhalten av dioxiner omräknat till TCDD-ekvivalenter. I ekvivalentberäkningen tar man hänsyn till de olika isomerernas toxicitet gentemot den mest giftiga, som är 2,3,7,8 – Tetra CDD. Då ett mätresultat avser TCDD-ekvivalenter brukar det anges som (t ex) ng TE/Nm³

14 TYPISKA EMISSIONSVÄRDEN

I detta kapitel ...

... i kapitel 16.

15

I juni 1998 publicerade SGC rapporten "Utsläpp av oreglerade ämnen vid förbränning av olika bränslen" (Ref 14.6). I rapporten redovisas typiska utsläppsvärden för bl a metaller, klorväten, dioxiner och polyaromatiska kolväten, d v s ämnen som ej är med i miljöhandbokens ursprungliga avsnitt 14.1 – 14.5. I stället för att baka in ny tillkomna värden i avsnitten 14.1 – 14.5 har här valts att redovisa dem separat i ett nytt avsnitt 14.9. Angivna utsläppsvärden i det avsnittet gäller för olika slags pannor d v s inga uppgifter redovisas för gasturbiner, stationära motorer eller fordon.

Det skall också nämnas att i referens 14.6 finns mer omfattande utsläppsdata för stoft, kolmonoxid, dikväveoxid och ammoniak än vad som redovisas i avsnitten 14.1 – 14.5 här i miljöhandboken.

14.1 Förhållanden som påverkar emissionernas storlek

3.11 Lättflyktiga organiska ämnen (VOC)

Omfattning

VOC står för ~~Volatile Organic Compounds~~, vilket något egentligt brukar översättas med lättflyktiga kolväten. En bättre svensk benämning är lättflyktiga organiska ämnen, eftersom det inte enbart är föreningar av kol och väte som ingår i denna grupp. Till gruppen räknas rena kolväten som alkaner (till vilka bl a metan hör) samt aromater varav en del tillhör gruppen PAH, estrar, organiska syror, klorerade lösningsmedel, freoner etc.

Ibland ser man förkortningen NMVOC som står för Non Methane Volatile Organic Compounds, dvs lättflyktiga organiska ämnen ~~exklusive metan.~~

Bildning/förekomst

VOC bildas vid ofullständig förbränning, framför allt i fordonsmotorer, och i småskaliga anläggningar (villapannor). Småskalig vedeldning ger upphov till förhållandevis stora mängder VOC.

Andra källor är bensinhantering, petrokemisk industri, industrins användning av lösningsmedel samt lossning och lastning av råolja. VOC förekommer bl a i lösningsmedel, färger, lacker och bensin. Naturligt förekommande sådana ämnen är t ex terpenener från barrskog. Den största utsläppskällan är fordonstrafiken.

Kemiska data

VOC är organiska ämnen som avgår till luft i gasfas.

Spridning

Sprids i luft.

Miljöeffekter

Hälsa

I gruppen finns en mängd ämnen som är cancerframkallande, påverkar arvsmassan samt ger nervskador och/eller allergier.

Lokala och Regionala

Bidrar till bildning av fotokemiska oxidanter. Då oxidantbildningen är en sekundär effekt av VOC-emissionerna uppstår de högsta koncentrationerna av oxidanter utanför själva emissionsområdet i tätorterna. Kolvätet eten är skadligt för växter i sig.

Globala

Vissa VOC bidrar till växthuseffekten och till nedbrytning av ozonskiktet, t ex CFC (se Freoner).

3.12 Metan

Kemisk beteckning

CH₄

Bildning/Förekomst

Metan är huvudbeståndsdel i naturgas och biogas och bildas sålunda inte i samband med förbränningen. Metan bildas bl a i naturliga processer i kärr och myrar samt av insekter och idisslande djur genom jäsningsprocesser med underskott på syre.

Metanutsläpp i samband med förbränning beror på ofullständig förbränning. Huvudsakliga antropogena metanutsläpp härstammar från jordbruk, djurhållning och risodling samt från förbränning av biomassa.

(fort. fr.
föregående sida)

Kemiska egenskaper

(Owe, kan Du fylla på något här?)

Miljöeffekter

Hälsa Ozon irriterar slemhinnor och lungor, och minskar den fysiska prestationsförmågan. Astmatiker och människor med nedsatt lungfunktion är särskilt känsliga grupper, liksom barn med känsliga luftrör. Ozon misstänks också ha en cancerogen effekt.

Lokala Ozon och andra s k fotokemiska oxidanter kan speciellt över tätorter ge soldis, vilket brukar kallas fotokemisk smog. Ozon är också starkt korroderande på olika tekniska material såsom metaller, textilier och gummi.

Regionala Ozon är starkt oxiderande vilket kan störa växternas fotosyntes och vätskebalans och därmed leda till skador på bladen och en försämrad tillväxt.

Globala I troposfären på 10 – 15 km höjd fungerar ozon som en växthusgas och i stratosfären på 15 – 35 km höjd skyddar ozonlagret mot ultraviolett strålning. Förändringar i ozonhalten på dessa höjder påverkar således växthuseffekten resp mängden ultraviolett strålning som når jordytan.

3.11 Lättflyktiga organiska ämnen (VOC)

Omfattning Flyktiga organiska föreningar (VOC, Volatile Organic Compounds) är organiska föreningar som lätt eller relativt lätt avgår i gasfas. Ofta översätts VOC med lättflyktiga kolväten, vilket är något oegentligt eftersom det inte enbart är föreningar av kol och väte som ingår i denna grupp.

(4)

Det förekommer även en förkortning NMVOC som står för Non Methan Volatile Organic Compounds, dvs flyktiga organiska ämnen exklusive metan. Anledningen till att ett utsläpp ibland redovisas som mängden NMVOC i stället för mängden VOC är att metan ej anses ge hälsoeffekter till skillnad från många andra kolväten. Värdet på ett utsläpp av VOC som innehåller en stor andel metan skulle således kunna vara missvisande om det används som ett mått på de hälsoeffekter som utsläppet kan förorsaka.

VOC-gruppen innehåller ett mycket stort antal ämnen som kan undergrupperas enligt tabell 3.2. Tabellen är ej fullständig, speciellt vad avser exempel på enskilda ämnen i sista kolumnen.

(fort.
nästa
sida)

(fort. från
föreg. sida)

Tabellen omfattar som synes även ämnen som fått egen rubrik i detta kapitel, t ex metan och polyaromater.

4

Tabell 3.2 Undergruppering av organiska flyktiga föreningar (VOC). Parenteserna anger alternativ ämnesbenämning

(Tabellen identisk med tabell 3.2 i SGC 090)

Owe, Du hämtar
alltså tabellen
från SGC 090

Miljöeffekter

Hälsa

I gruppen finns ...

... och/eller allergier.

Kritiska hälsoeffekter för några ämnen i VOC-gruppen ges nedan (CNS = Centrala nervsystemet):

<u>Ämne</u>	<u>Kritisk effekt</u>
Bensen	Leukemi
Toluen, xylen	CNS-påverkan
Butadien	Cancer
Styren	CNS-påverkan, genotoxiskt
Eten	Cancer
Propen	Cancer
Klorerade lösn.medel	CNS-påverkan, leverskador, cancerrisk

12

Dessa ämnen förekommer framför allt i utsläpp från vedeldade mindre pannor. Vid en utförd beräkning av hälsoeffekterna i ett villaområde med omfattande vedeldning visade det sig att ämnet butadien ensamt orsakar ca hälften av de cancerfall man kan förvänta sig från samtliga komponenter i rökgaserna (Ref 3.4)

3.13 Polyaromatiska kolväten

Kemiska data

Aromatiska föreningar ...

...stark doft.

9

I tabell 3.3 från referens 3.2 visas ett antal PAH indelade i fyra grupper, PAH 1 – PAH 4. PAH 1 innehåller alla PAH, medan PAH 2 ej innehåller naftalen. PAH 3 består av lättare föreningar som ej anses vara cancerogena, medan PAH 4 består av tyngre föreningar, varav huvuddelen anses vara cancerogena. Speciellt

(forts
nästa
sida)

De svenska utsläppen kommer framför allt från myrar, depnier och reningsverk.

Metanemissioner uppstår vid kolutvinning och oljeutvinning. Utsläpp kan även förekomma vid utvinning av naturgas och vid drift och underhåll av naturgasnät.

Kemiska data

Metan är den enklaste av de s k alkanerna, en färglös, luktfri gas som är lättare än luft. Alkaner är de organiska ämnen som gemensamt kan skrivas C_nH_{2n+2} , dvs de består enbart av kol och väte. Den enklaste är metan med en kolatom, sedan följer etan med två kolatomer, propan, butan etc.

Spridning

Metan sprids i luft.

Miljöeffekter

Hälsa

I låga koncentrationer har metan inga hälsoeffekter.

Globala

Metan är en kraftig växthusgas med ca 25 gånger högre växthuseffekt än koldioxid. Metan bidrar till bildning av ozon i troposfären.

3.13 Polyaromatiska kolväten (PAH)

Omfattning

↳ i huvudgruppen

PAH står för Poly Aromatic Hydro Carbons, polycykliska organiska ämnen. Flertalet PAH ingår också i gruppen NMVOC.

Bildning/förekomst

PAH bildas i samband med förbränning av organiskt material såsom kol, ved, sopor, bensen och framför allt dieselolja. Ju mer komplext bränslet är ju svårare är det att erhålla en fullständig förbränning, varvid såväl PAH som andra komplexa molekyler bildas.

PAH förekommer naturligt i råolja och vissa träimpregneringsmedel innehåller även PAH. Vid cigarettökning bildas också PAH.

Kemiska data

Aromatiska föreningar innehåller kolskelett av sexledade ringar ofta i ett plan, med andra atomer placerade på de lediga bindningarna. Finns i såväl fast form som flytande och i gasfas beroende på sammansättning och ingående ämnen. Namnet aromatisk kommer av att flera av dessa ämnen har stark doft.

Spridning

De polyaromater som förekommer i samband med förbränning sprids via luft.

Miljöeffekter

Hälsa

De flesta PAH är cancerogena och kan dessutom ge genetiska skador på såväl människor som djur.

10 → Regionala
3.14 Terpener, Isoprener

Omfattning

Ingår i gruppen VOC.

Bildning/förekomst

Främst barrträd innehåller terpener, medan lövträd innehåller isoprener. Ämnena avges naturligt i växande skog men med förhöjda koncentrationer vid lagring av trädbränsle.

(forts. från
föreg. sida)

Tabellen omfattar som synes även ämnen som fått egen rubrik i detta kapitel, t ex metan och polyaromater.

4

Tabell 3.2 Undergruppering av organiska flyktiga föreningar (VOC). Parenteserna anger alternativ ämnesbenämning

(Tabellen identisk med tabell 3.2 i SGC 090)

Owe, Du hämtar
även tabellen
från SGC 090

Miljöeffekter

Hälsa I gruppen finns ...

... och/eller allergier.

Kritiska hälsoeffekter för några ämnen i VOC-gruppen ges nedan (CNS = Centrala nervsystemet):

<u>Ämne</u>	<u>Kritisk effekt</u>
Bensen	Leukemi
Toluen, xylen	CNS-påverkan
Butadien	Cancer
Styren	CNS-påverkan, genotoxiskt
Eten	Cancer
Propen	Cancer
Klorerade lösn.medel	CNS-påverkan, leverskador, cancerrisk

12

Dessa ämnen förekommer framför allt i utsläpp från vedeldade mindre pannor. Vid en utförd beräkning av hälsoeffekterna i ett villaområde med omfattande vedeldning visade det sig att ämnet butadien ensamt orsakar ca hälften av de cancerfall man kan förvänta sig från samtliga komponenter i rökgaserna (Ref 3.4)

3.13 Polyaromatiska kolväten

Kemiska data

Aromatiska föreningar ...

...stark doft.

9

I tabell 3.3 från referens 3.2 visas ett antal PAH indelade i fyra grupper, PAH 1 – PAH 4. PAH 1 innehåller alla PAH, medan PAH 2 ej innehåller naftalen. PAH 3 består av lättare föreningar som ej anses vara cancerogena, medan PAH 4 består av tyngre föreningar, varav huvuddelen anses vara cancerogena. Speciellt

(forts
nästa
sida)

(forts. från
föregående sida)

cancerogent är Bens-a-pyren (BaP) och vid PAH-mätningar mäter man ofta BaP separat.

9

Tabell 3.3 Karaktäristika för polyaromatiska kolväten (PAH)

(Tabellen identisk med tabell 3.3 i SGC 090. Obs glöm inte texten under tabellen!)

Miljöeffekter

Hälsa De flesta ...

10

Regionala PAH tillhör gruppen organiska mikroföreningar och kan därmed medverka till bildandet av fotokemisk smog.

3.4 Dikväveoxid (Lustgas)

Bildning/förekomst

5

Reaktionerna är beroende av bl a temperaturen och förbränningstekniken samt i viss mån av bränslet. Sambandet mellan NO_x och N_2O är ännu ej helt klarlagt. Vissa studier visar att N_2O minskar vid minskande NO_x -halt, medan andra studier pekar på motsatsen.

Miljöeffekter

Globala

6

Dikväveoxid är en kraftig växthusgas. Livslängden i atmosfären är ca 150 år och växthuseffekten är ca 200 gånger starkare än koldioxidens. Detta medför att även små N_2O -utsläpp kan ge icke oväsentliga bidrag till obalanser mellan instrålad och utstrålad värme visavi jorden.

Uppe i stratosfären sönderfaller N_2O till NO som i sin tur reagerar med ozon och bildar NO_2 . Därmed förbrukas alltså ozon, varför N_2O även bidrar till en uttunning av ozonskiktet.

Den atmosfäriska koncentrationen av N_2O är ungefär 300 ppbv och ökningstakten är för närvarande 0,25 % per år.

Vissa isoprener ingår som råvara vid gummi- och plastframställning. De kan då vara framställda ur petroleumprodukter eller utvunna från växande träd (naturgummi).

Kemiska data

Terpener och isoprener är båda grupper av brännbara, starkt luktande gaser. Reaktiva på grund av att de innehåller dubbelbindningar.

Spridning

Sprids genom avdunstning via luft.

*Miljöeffekter*Hälsa

I höga koncentrationer hudsensibiliserande, dvs orsakar kontaktseksem, allergiframkallande.

Lokala

Starkt luktande. Medför förhöjd brandrisk och bidrar till bildning av marknära ozon.

3.15 Formaldehyd*Kemisk beteckning*

HCHO

Bildning

Bildas vid ofullständig förbränning. Avges till luft vid lagring av biobränslen t ex flis.

Kemiska data

Formaldehyd är en brännbar, giftig gas. Löslig i vatten (formalin).

*Spridning
Miljöeffekter*

Sprids via rökgaser eller avdunstning till luft.

Hälsa

Starkt irriterande för ögon och hud. Allergiframkallande och cancerogen.

3.16 Metaller*Kemiska beteckningar*

De metaller som är av betydelse för miljön är i första hand aluminium (Al), arsenik (As), bly (Pb), kadmium (Cd), kobolt (Co), koppar (Cu), krom (Cr), kvicksilver (Hg), mangan (Mn), molybden (Mo), nickel (Ni), thorium (Th), uran (U), vanadin (V) och zink (Zn).

Bildning/förekomst

De metaller som förekommer i förbränningsammanhang finns som föroreningar i bränslet.

Direktemitterande metaller förekommer i kol, olja, torv och biobränslen. En stor del av metallerna binds i askan, vilket gör att askåterföring i samband med biobränsleledning måste ske under kontrollerade former.

~~*Kemiska data*~~

Metaller är den största gruppen grundämnen. De viktigaste gemensamma egenskaperna hos metaller är hög elektrisk ledningsförmåga, hög värmeledningsförmåga, metallglans samt förmåga att deformeras utan att klyvas. I vissa fall är gränsen för vad som är metall och icke metall diffus. Till tungmetaller räknas de metaller som har högt atomnummer.

→ Egenskaper

Spridning

Flertalet metaller uppträder under förbränningen i gasfas och absorberas senare till flygaskpartiklarna ingående i stoftutsläppet. Kvicksilver, arsenik, selen och till viss del kadmium emitteras också i gasform.

Miljöeffekter**Hälsa**

Flera metaller är i små mängder nödvändiga för djur och växter för deras uppbyggnad eller i ämnesomsättningen men i högre koncentrationer blir de giftiga.

Bor ackumuleras i njurarna. Inandning av borhaltigt stoff kan medföra förgiftning med bl a uppkastningar, diarré och kramper.

Inandning av krom kan medföra bronkit och eventuell cancer i luftvägarna.

Nickelföreningar kan orsaka slemhinneirritation samt kramper. Allvarlig förgiftning kan leda till blodpropp i hjärtat.

Inandning av selenhaltigt stoff ger risk för akut selenförgiftning som bl a ger uppkastningar och diarré. Kronisk selenförgiftning resulterar i depressioner, hår- och nagelavfall samt njur- och leverskador.

Vid höga koncentrationer av bly hämmas bildningen av hemoglobin, vilket kan medföra blodbrist. Bly kan också orsaka nervsjukdomar och fosterskador.

Kadmium kan ge lever- och njurförändringar, lungskador, skelettskador, blodbrist samt nervskador och cancer.

Kvicksilver kan skada det centrala nervsystemet, medföra synrubbingar och ge sjukliga förändringar i hjärna och ryggmärg.

Lokala och Regionala

Metaller tas upp av växter och anrikas i näringskedjan. Metallerna påverkar näringsupptaget i växter och ger reproduktionsstörningar hos fåglar. Försurningen bidrar till att de flesta metaller, såväl naturligt förekommande som av människan spridda får en ökad rörlighet i marken.

3.17 Ämnen i kondensat

Kondensatets bildning Vid förbränning av vätehaltiga bränslen bildas vatten som återfinns i rökgaserna som vattenånga. Om rökgaserna kyls till en temperatur under vattnets daggpunkt kondenserar vattenångan och värme frigörs. I kondensatet återfinns många av rökgasernas föroreningar.

Kondensatets föroreningsinnehåll vid naturgaseldning

Förutsatt full utkondensering av vattenångan i rökgaserna från naturgaseldning samt att hela gasens svavelinnehåll återfinns i kondensatet kan man uppskatta svavelkoncentrationen till ca 11 mg sulfat per liter kondensat.

Kväveoxider från rökgaserna återfinns i kondensatet som nitrat och nitrit. Också klorid, fluorid och ammoniak finns i kondensatet, där speciellt kloriderna har stor betydelse för kondensatets korrosiva egenskaper. Kloridinnehållet (Cl-) kommer från förbränningsluften och höga kloridkoncentrationer kan förekomma i kondensat från villapannor. Orsaken härtill kan t ex vara att förbränningsluften tas från en tvättstuga där tvättmedel o dyl ger en viss kloridkoncentration i luften. På stora gaseldade anläggningar finns normalt inga klorider i kondensatet.

/4

I tabell 3.7 ges medelvärden av kondensatanalys från 100 gaseldade villapannor i Danmark (Ref. 3.2).

/4

Tabell 3.7. Kondensatanalys från gaseldade villapannor. Medelvärden

Ämne	Koncentration mg/l
Klorid	8,3
Fluorid	0,3
Sulfat	5,9
Nitrat	19,0
Nitrit	0,9
Ammoniak	2,6

/5

I tabell 3.7 ges värden på ett antal ämnen i kondensatet från ett antal gaseldade fjärrvärmeanläggningar. Lägsta och högsta analysvärden anges.

/5

Tabell 3.7. Kondensatanalys från gaseldade fjärrvärmeanläggningar
Min- och maxvärden

Ämne	Koncentration mg/l
Fe	0,05 - 0,95
Al	0,4 - 4,9
Cl	<1
CO ₄	3 - 23
NO ₃	0,6 - 3,1

Spridning

Kondensatet avleds i allmänhet via avloppsledningar till kommunens normala avloppssystem. Kondensatet neutraliseras eventuellt före utsläpp.

3.18 Buller

Uppkomst

Buller i samband med energiomvandling kan uppstå på många olika sätt. Exempel är ljud från brännare, från explosionerna i kolvmotorer, från gasströmningen i en gasturbin samt från fläktar och annan hjälputrustning i en energianläggning. Buller kan även uppstå i de tidigare leden i bränslekedjan, t ex vid utvinning och transport av bränsle.

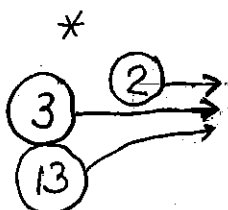
Enheter

Buller mäts i decibel (dB) där noll dB är hörselgränsen. 20 dB motsvarar en viskning och 65 dB ett normalt samtal på 1 m avstånd. Skadligt buller ligger vid 85 à 90 dB och smärtgränsen vid 130 dB. Ljudet från ett startande jetplan ligger vid 145 dB.

Miljöeffekter

I Sverige anses buller vara en sanitär olägenhet. Högt buller kan ge hörselskador.

Många djur är mycket känsliga för buller. Valar orienterar sig med ekolod, vilket gör att buller från oljeborrhorn kan leda till störningar i deras vandringsvägar.

**Referenser**

3.1 Birgitte Holm Christensen
Energi og Miljø i Norden
NGC-rapport, maj 1991

3.2 Jan Jensen
Energi- og miljøoversigt
Projektrapport
Dansk Gasteknisk Center, Nov 1994

- ✓ 3.3. R Frischknecht et al
"Ökoinventare für Energiesysteme
Eidgenössische Technische Hochschule
(ETH), Zürich
2. Auflage, März 1995
- ✓ 3.4. Lars Ehrenberg och Margareta Törnqvist
Småskalig vedeldning och Cancerrisker
Naturvårdsverket, rapport 4224, 1993

* Owe, Du kan lägga in de nya ämnena (stoft, klorväte och ozon) var Du vill. Att lägga dem sist gör att man slipper numrera om de andra, men å andra sidan verkar det ju något ologiskt att lägga dem efter kondensat och buller.

Om Du lägger in dem tidigare kanske man ska se över ordningsföljden rent generellt. Det finns kanske en mer logisk ordningsföljd, eventuellt att de läggs i bokstavsordning. (Obs i så fall numreringen av tabeller så att den blir riktig)

Tillägg av nya ämnen under kapitel 3:

3(X)

Stoft, partiklar

Omfattning Stoft eller partiklar kan bestå av sot, små oljedroppar, svavelsyradroppar, små metallfragment osv. Organiska föreningar i utsläppen kan på kemisk väg omvandlas till partiklar. Sotpartiklar (mindre än 10 μm) uppstår vid ofullständig förbränning och består huvudsakligen av poröst kol till vilket ofta adsorberats oförbrända kolväten och metaller från bränslet.

Storleken på luftburna partiklar (aerosoler) varierar från mindre än 0,1 μm till över 100 μm . När det gäller gränsvärden för partiklar i omgivningsluften brukar man dela in partiklarna i Sot, TSP och PM10. TSP står för totala mängden svävande partiklar mindre än 160 μm och PM10 står för inandningsbara partiklar med genomsnittlig storlek 10 μm . För exempelvis koleldade anläggningar gäller att ca 90 % av partiklarna är under 10 μm .

Bildning I energisammanhang förekommer partikelutsläpp främst vid förbränningsprocesser. Partikelutsläppen är störst vid förbränning av fasta bränslen och minst vid gasformiga bränslen.

Miljöeffekter

Lokalt Sot i större omfattning lägger sig som ett "smutslager" på framför allt horisontella ytor och kan orsaka estetiska och praktiska besvär.

Hälsa Ur hälsosynpunkt är det de små partiklarna som är farligast, eftersom de har en större benägenhet att ta sig långt ner i luftvägarna, där de kan irritera lungvävnader och orsaka långvariga besvär och sjukdomar. Partiklar som bildas vid t ex vedeldning är små med hög andel oförbränt organiskt material, vilket innebär att de i allmänhet är mer toxiska än "vanliga" partiklar i tätorter.

3(Y)

Klorväte

Kemisk beteckning

HCl

Bildning, förekomst

I samband med förbränning av klorhaltiga bränslen kan det bildas klorföreningar, däribland klorväte som i gasform medföljer rökgaserna ut till omgivningen. Klorväte omvandlas i atmosfären till saltsyra med samma kemiska beteckning, dvs HCl.

(forts.
nästa
sida)

(forts. fr.
föregående sida)

3

Klor finns i olja och kol men däremot inte i naturgas. Biobränslen innehåller varierande halter av klor. Rivningsvirke, halm och gräs kan således innehålla relativt mycket klor, medan däremot skogsbränsle normalt har låg klorhalt. Spånplattor kan också innehålla klor om någon beståndsdel i bindemedlet utgörs av en klorförening (t ex NH_4Cl).

Spridning Klorväte sprids med rökgaserna till omgivningen.

Miljöeffekter

Det till saltsyra omvandlade klorvätet bidrar till försurningen av mark och vatten

3Z

Ozon

Kemisk beteckning

O_3 , dvs syrgas (O_2) med en "extra" syreatom

Bildning/förekomst/nedbrytning

Ozonskiktets ozon bildas av syrgas med hjälp av energi från solljuset. Det förekommer dels naturligt, dels som en följd av utsläpp av olika förorenande ämnen. Ozon förekommer normalt ej direkt i utsläppen från förbränning av bränslen.

Ozon finns naturligt i jordatmosfären på mellan 10 och 45 km höjd. Det kallas där ozonlagret.

Marknära ozon förekommer både naturligt och antropogent som följd av fotokemiska processer där speciellt kolväten i kombination med solljus bidrar till ozonproduktionen.

Ozon bryts ner av vissa ämnen i atmosfären och de mest kända ozonförstörarna är freonerna (CFC). I princip fungerar nedbrytningen på följande sätt:

- Freoner förs upp till ozonskiktet
- Det ultravioletta solljuset spjälkar av klor från freonet
- Den frigjorda kloratomen "angriper" ozonet och tar en av dess syreatomer
- När syreatomen försvunnit blir det vanlig syrgas kvar av ozonet
- Den syreatom som kloratomen bundit sig till, lossnar lätt och bildar vanlig syrgas med en annan lös syreatom
- Nu är kloratomen fri igen och kan bryta ner ännu mer ozon till syrgas. Varje kloratom kan bryta ner upp till 10 000 ozonmolekyler.

13

(forts
nästa
sida)

(från fr.
föregående sida)

Kemiska egenskaper

(Owe, kan Du fylla på något här?)

Miljöeffekter

Hälsa Ozon irriterar slemhinnor och lungor, och minskar den fysiska prestationsförmågan. Astmatiker och människor med nedsatt lungfunktion är särskilt känsliga grupper, liksom barn med känsliga luftrör. Ozon misstänks också ha en cancerogen effekt.

Lokala Ozon och andra s k fotokemiska oxidanter kan speciellt över tätorter ge soldis, vilket brukar kallas fotokemisk smog. Ozon är också starkt korroderande på olika tekniska material såsom metaller, textilier och gummi.

Regionala Ozon är starkt oxiderande vilket kan störa växternas fotosyntes och vätskebalans och därmed leda till skador på bladen och en försämrad tillväxt.

Globala I troposfären på 10 – 15 km höjd fungerar ozon som en växthusgas och i stratosfären på 15 – 35 km höjd skyddar ozonlagret mot ultraviolett strålning. Förändringar i ozonhalten på dessa höjder påverkar således växthuseffekten resp mängden ultraviolett strålning som når jordytan.

3.11 Lättflyktiga organiska ämnen (VOC)

Omfattning Flyktiga organiska föreningar (VOC, Volatile Organic Compounds) är organiska föreningar som lätt eller relativt lätt avgår i gasfas. Ofta översätts VOC med lättflyktiga kolväten, vilket är något oegentligt eftersom det inte enbart är föreningar av kol och väte som ingår i denna grupp.

Det förekommer även en förkortning NMVOC som står för Non Methan Volatile Organic Compounds, dvs flyktiga organiska ämnen exklusive metan. Anledningen till att ett utsläpp ibland redovisas som mängden NMVOC i stället för mängden VOC är att metan ej anses ge hälsoeffekter till skillnad från många andra kolväten. Värdet på ett utsläpp av VOC som innehåller en stor andel metan skulle således kunna vara missvisande om det används som ett mått på de hälsoeffekter som utsläppet kan förorsaka.

VOC-gruppen innehåller ett mycket stort antal ämnen som kan undergrupperas enligt tabell 3.2. Tabellen är ej fullständig, speciellt vad avser exempel på enskilda ämnen i sista kolumnen.

(från
nästa
sida)



4 BRÄNSLEN OCH DRIVMEDEL

I princip skiljer man på fossila bränslen och förnybara bränslen. Fossila bränslen har bildats genom processer i jordens inre som kan sträcka sig över miljontals år, medan förnybara bränslen bildas genom processer inom intervallet ett till hundra år. Exempel på fossila bränslen är naturgas, olja och kol. Exempel på förnybara bränslen är trädbränslen, energigrödor, halm och avfall.

Ett mellanting mellan fossila och förnybara bränslen utgör torven. Bildningen av torv är en process som sträcker sig över storleksordningen tusentals år. Torv behandlas ej i denna handbok.

Det finns också bränslen som inte är naturligt förekommande utan produceras från andra bränslen eller på annat sätt. Ett exempel är vätgas som bl a kan produceras genom elektrolys av vatten. Ofta anges vätgas som en extremt ren gas som inte åstadkommer några miljöverkningar, slutprodukten är ju rent vatten. Detta gäller dock enbart för vätgasen som sådan och man får då inte glömma att produktionen av vätgas fordrar stora mängder energi som i sig kan ge stor miljöpåverkan.

Nedan redovisas viktigare data för några vanligt förekommande bränslen samt för några flytande bränslen speciellt avsedda för fordonsdrift.

4.1 Naturgas

I detta avsnitt behandlas endast naturgasens egenskaper som bränsle. För mer information om naturgasens uppkomst, utvinning, transport och användning hänvisas till avsnitt 20.5 Fakta om naturgas.

Naturgas består av en blandning av olika brännbara kolväten som vid normalt tryck och temperatur befinner sig i gasfas. Vid tillräckligt låg temperatur övergår naturgasen i vätskefas och benämns då LNG, Liquefied Natural Gas.

Huvudbeståndsdelen i naturgas är metan, CH_4 . Dansk och norsk naturgas har metanhalter på omkring 90 %, medan t ex rysk gas normalt innehåller 99 % metan. Förutom metan innehåller naturgasen etan (C_2H_6), propan (C_3H_8), butan (C_4H_{10}) och små mängder ännu tyngre kolväten. Vanligen finns också mindre mängder koldioxid (CO_2), kväve (N_2) och syre (O_2).

Naturgas innehåller mycket små mängder föroreningar jämfört med andra bränslen. Så innehåller t ex den danska naturgasen endast 0,008 mg/MJ svavel. Som jämförelse kan nämnas att olja med 1 % svavelhalt innehåller 240 mg/MJ svavel.

Ren naturgas är luktfri. För att man snabbt skall kunna upptäcka eventuella läckage tillsätts därför luktämnen, även kallade odöranter. I Sverige tillsätts tetrahydrothiofene (THT, $\text{C}_4\text{H}_8\text{S}$) i en mängd av knappt 20 mg/m³*, vilket motsvarar en svavelmängd 0,17 mg/MJ bränsle. I tabeller, emissionsberäkningar m m i fortsättningen är luktmedlets svavelinnehåll medräknat i naturgasens svavelhalt.

Naturgas är betydligt lättare än luft, varför eventuella utsläpp inte ansamlas i lågpunkter. Ren naturgas kan inte brinna eller explodera. För att brand skall uppstå krävs att gasen är blandad med luft i vissa bestämda koncentrationer (5 - 15 % naturgas) och att det finns en tändkälla. Risk för explosion föreligger endast om gas/luftblandningen koncentreras i ett slutet utrymme.

Den höga andelen väte (H) i förhållande till kol (C) i naturgas ger vid förbränning större mängd vattenånga och mindre mängd koldioxid än vid förbränning av olja och kol. I kondenserande gaspannor kan man således få ut mer "extra" energi ur bränslet jämfört med olje- och kolpannor.

Owe:

*Ent. Nils
widning 7 mg/m³
Kolla med honom!
Omsiffran ändras
ändra då även
värdet 0,17 mg/MJ.

Avgaserna vid naturgasförbränning har lägre svavelhalter än avgaserna från kol- och oljeförbränning. Detta medför att avgaserna i en naturgaspanna kan kylas ner mer än i en kol- eller oljepanna utan att risk för korrosionsskador på skorstenen föreligger

Detta innebär också att man kan få ut mer nyttig energi ur en given mängd bränsle jämfört med olja och kol.

Några nyckeltal för naturgas ges i tabell 4.1. Nyckeltalen gäller för dansk naturgas och eftersom för närvarande endast dansk gas är aktuell för Sverige gäller alla naturgasdata i fortsättningen dansk gas.

Ytterligare data för naturgas ges i den för naturgas, biobränslen, kol och olja gemensamma tabellen 4.8

Tabell 4.1. Nyckeltal för dansk naturgas
(Genomsnittsanalys. Ref 4.1 och 4.4)

CH ₄	(metan)	vol %	91,0
C ₂ H ₆	(etan)	vol %	5,1
C ₃ H ₈	(propan)	vol %	1,8
C ₄ H ₁₀	(butan)	vol %	0,9
C ₅ +	(pentan)	vol %	0,3
CO ₂	(koldioxid)	vol %	0,6
N ₂	(kväve)	vol %	0,3
O ₂	(syre)	vol %	0
H ₂ S	(svavelväte)	ppm	≈ 1
Undre värmevärde		MJ/Nm ³	39
		kWh/Nm ³	11
		MJ/kg	48
Övre värmevärde		MJ/Nm ³	43,5
Densitet		kg/Nm ³	0,81
Specifik volym		Nm ³ /kg	1,23
Densitet relativt luft		–	0,63
Wobbetal (övre)		MJ/Nm ³	55
Metantal		–	75
Stökiometrisk förbränning:			
Luftbehov		Nm ³ /Nm ³ gas	10,4
Rökgasens vatten-ånginnehåll		vol %	19,3
Rökgas CO ₂ (våt)		vol %	9,7
Rökgas CO ₂ (torr)		vol %	12,1
Flamtemp (adiabatisk utan dissociation)		°C	2040
Rökgasens daggpunkt		°C	59,7

4.2 Gasol

Gasol är det svenska handelsnamnet på vätskeformig petroleumgas, på engelska "Liquified Petroleum Gas, LPG". Vid rumstemperatur och atmosfärstryck är gasol gasformig.

Gasol kan framställas på i princip två olika sätt: genom separation av tyngre kolväten från naturgas och genom destillation av petroleum. I det förstnämnda fallet erhålls en

gasol som huvudsakligen består av mättade kolväten. I det andra fallet kan gasolen innehålla icke obetydliga halter av omättade kolväten.

Petroleum består huvudsakligen av föreningar mellan kol och väte. De fyra mättade kolväten som har minsta antalet kolatomer är:

- metan (CH₄)
- etan (C₂H₆)
- propan (C₃H₈)
- butan (C₄H₁₀)

Gasol består huvudsakligen av propan och butan, medan huvudinnehållet i naturgas är metan.

Råvara vid gasolframställning är naturgas eller råolja. Den gasol som kommer från råolja uppstår i samband med raffineringen. Vid s k enkel raffinering erhålls 35 kg gasol per ton råolja. Vid raffinering med högt utbyte av bensin kan gasolmängden uppgå till 50 - 100 kg per ton råolja.

Densiteten för flytande gasol, som huvudsakligen innehåller propan, är vid 20°C 500 kg/m³. Motsvarande värde för butan är 580 kg/m³. Det effektiva värmeverdet är ca 46 MJ/kg.

4.3 Stadsgas

Stadsgas framställdes ursprungligen genom förgasning av kol, varvid som restprodukt erhöles koks. Numera framställs stadsgas genom spaltning av lättbensin. Stadsgas har normalt ett effektivt värmeverde på ca 19 MJ/Nm³.

Gas med ungefär samma egenskaper som stadsgas kan också åstadkommas genom utspädning av naturgas eller propan med luft. Sådan gas kan ersätta renodlad stadsgas utan att t ex befintliga gasspisar behöver bytas.

Stadsgas framställd ur lättbensin består av ca 50 % vätgas, drygt 30 % metan, 10-12 % koldioxid, upp till 3 % koloxid samt luft och högre kolväten. Vid behov kan gasen karboneras med butan eller propan.

Stadsgas har en del andra egenskaper än naturgas/luft- eller propan/luft-blandningar. Den har således större explosionsintervall på grund av vätgasinnehållet och större giftverkan på grund av koloxidinnehållet.

4.4 Biobränslen

Biobränslen består av biomassa som ej genomgått kemiska processer eller omvandlats på annat sätt. Exempel är trädbränslen, energigrödor, halm och vass.

För bränslen som består av kemiskt processad biomassa finns inget motsvarande samlingsnamn. Sådana bränslen kan utgöras av t ex massaindustrins avlutar, avfall, papper, biogas, metanol, etanol och vegetabiliska oljor. Även torven räknas hit.

Biobränslen och kemiskt processade bränslen från biomassa kallas gemensamt (och något oegentligt) för bioenergi.

De biobränslen som behandlas här tillhör gruppen trädbränslen och utgörs av skogsavverkningsrester, energiskog och träavfall.

Avverkningsrester består av grenar, stubbar, toppar och småträd. Detta är i dag det vanligaste bibränslet. En vanlig sammansättning är 30 % stamved, 5 % bark, 51 % grenar och 14 % tallbarr.

Energiskog består av snabbväxande träd som odlas speciellt för energiändamål. Energiskog tillhör vanligen arten Salix. Träden "skördas" efter 4 à 5 år då de nått en höjd av 2 - 4 m.

Träavfall utgörs bl a av träemballage, rivningsvirke och spillvirke. Innehållet kan ej entydigt definieras, eftersom det kan finnas kvar spik, målarfärg osv. En annan typ av träavfall är sågspån och kutterspån. Sådana spån är relativt enhetliga i sin sammansättning och utgör en vanlig råvara vid framställning av briketter, pelletter och träpulver.

Trädbränslen kan förbrännas som de är men normalt behandlas de på olika sätt före förbränningen.

En åtgärd är att omvandla trädbränslet till flis. Bränsleflis tillverkas idag nästan enbart av avverkningsrester, men även energiskog kan vara utgångsvara. Flisning sker vanligen direkt på avverkningsplatsen. Försök pågår med transport av balade avverkningsrester för central flisning.

En annan åtgärd är att förädla trädbränslet till tidigare nämnda briketter, pelletter eller pulver. Förädling ger bibränslet bättre homogenitet och gör att det blir mer lämpligt för långa transporter och kontrollerad förbränning. De förädlade bränslenas energiinnehåll beror mycket på vilken råvara som använts vid tillverkningen.

Förädlingsformerna definieras enligt nedan:

Briketter består av grovt sönderdelat material som pressats samman till cylindrisk eller rektangulär form. Längden kan variera men diametern brukar ligga mellan 50 och 75 mm.

Pelletter tillverkas genom att finfördelat material pressas genom en perforerad matris. Pelletter är också cylindriska men diametern håller sig kring 6 à 12 mm. Materialet binder normalt ihop utan tillsats av bindemedel, eftersom trämaterialiet vid upphettningen i pelletspressen "svettas" ut eget bindemedel. I enstaka fall kan tillsats av ligninliknande bindemedel vara nödvändig.

Träpulver tillverkas genom att utgångsmaterialet först grovmals, därefter torkas och slutligen finmals. Kornstorleken ligger mellan 0 och 2 mm.

Jämfört med andra fasta bränslen har oförädlade bibränslen relativt lågt energiinnehåll per viktsenhet. Tabell 4.2 visar värmevärdet för ovan behandlade bibränslen samt deras bulkvikt. Med bulkvikt menas hur många kilo en kubikmeter lastat bränsle väger. Här har alltså inte enbart bränslets densitet betydelse utan även bränslets form.

Förekomsten av tungmetaller m m i trädbränslen redovisas i den för några bränslen gemensamma tabellen 4.8.

Tabell 4.2. Fukthalt, värmevärde och bulkvikt för träbränslen. (Ref 4.2)

	Fukthalt %	Effektivt värmevärde vid angiven fukthalt MJ/kg	Bulkvikt kg/m ³
Avverkningsrester	50	8,4	250-470
	30	12,7	
Träbriketter	10-11	16,8	550-650
Pelletter	9-10	16,8	600-700
Träpulver	8	17,3	ca 200
	4,5	18,2	
Sågspån	25		320-410
Energiskog (Salix)	50	7,9	250-470
	30	12,1	
Energigräs	15	4,1	
Utsorterat träkross	31	9,7	

4.5 Biogas

Biogas är benämningen på den gas som bildas när organiska material bryts ned biologiskt utan lufttillträde, under så kallade anaeroba förhållanden. Gasen består huvudsakligen av metan (CH₄) och koldioxid (CO₂). Svavelväte (H₂S) kan också finnas i gasen i halter mellan 0 och 1 % beroende på vilket material som bryts ned. Biogas bildas spontant i naturen under anaeroba betingelser t ex i myrar och dybottnar och brukar då kallas sumpgas. Biogas bildas också normalt i matsmältningssystemet hos idisslare samt i risodlingar.

När organiskt material bryts ned under aeroba förhållanden, dvs med syretillgång, bildas ingen energirik gas utan gasen innehåller enbart koldioxid och vatten. I t ex en kompost omsätts den energi som frigörs vid nedbrytningen direkt till värme i komposten. Vid anaerob nedbrytning produceras obetydligt med värme och största delen av substratets energi återfinns i biogasen.

Biogas bildas bl a i soptippar (deponigas) och vid rötning av slam i reningsverk (rötgas). Man kan också röta halm, avfall och så kallade energigrödor för att producera biogas.

Deponigas och rötgas från reningsverk används i dag för såväl el- som värmeproduktion. Elproduktionen sker i gasmotorer och elen matas ut på det allmänna elnätet. Producerad värme matas antingen in i närbeläget fjärrvärmenät eller används lokalt för byggnadsuppvärmning. Vid några ställen, bl a i Stockholm, Göteborg, Linköping, Trollhättan och Uppsala används renad biogas som fordonsbränsle.

Framställning av biogas ur halm och energigrödor är en teknik som fortfarande befinner sig på utvecklingsstadiet. Grödor som lämpar sig för rötning är gräs (så kallat energi-gräs), lusern, jordärtskocka, fodermärgkål och fodersockerbeta. Stiftelsen Lantbruksforskning och NUTEK finansierar ett 12 Mkr-program för utveckling av teknik och bedömning av den ekonomiska potentialen.

Vad gäller avfall finns anläggningar i drift för rötning av främst gödsel. I Danmark är det vanligt att flera lantbruk går samman och levererar gödsel och annat avfall till en

centralt belägen anläggning där rötgas produceras. I Sverige finns en motsvarighet i Laholm, där en biogasanläggning mottar svin- och kogödsel från ett femtiotal lantbrukare i omgivningen. I anläggningen rötas även slakteriavfall från några livsmedelsindustrier.

På 70- och 80-talet etablerades i Sverige ett antal anläggningar i gårdsskala för rötning av gödsel från den egna gården men låga el- och oljepriser har medfört dålig lönsamhet.

I tabell 4.3. redovisas typiska data för deponigas och rötgas. Som jämförelse har även medtagits motsvarande data för dansk naturgas.

Arbete pågår med att ta fram en svensk standard för biogas avsedd för fordonsdrift. Arbetet har hittills lett fram till en biogasspecifikation, se ref 4.8.

En grundförutsättning för biogasspecifikationen var att motorer och tankningsutrustning som utvecklats för naturgas, ur materialteknisk synvinkel, även skall kunna användas för biogas. De krav som stipuleras i specifikationen är satta för att säkerställa motorns driftegenskaper, emissioner och hållbarhet.

Specifikationen framgår av tabell 4.4, där med biogas typ A avses gas för motorer utan λ -reglering och typ B gas för motorer med λ -reglering.

Tabell 4.3. Typiska data för deponigas, rötgas och dansk naturgas (medelvärden om ej annat anges. Ref 4.4)

		Deponigas	Rötgas	Naturgas
Undre värmevärde	MJ/Nm ³	16	23	40
	kWh/Nm ³	4,4	6,5	11
	MJ/kg	12,3	20,2	48
Densitet	kg/Nm ³	1,3	1,2	0,81
Wobbeindex	MJ/Nm ³	18	27	55
Metantal		> 130	>135	73
Metan	vol %	45	65	91
Metan, variation	vol %	35-65	60-70	-
Högre kolväten	vol %	0	0	8
Vätgas	vol %	0-3	0	0
Koloxid	vol %	0	0	0
Koldioxid	vol %	40	35	0,6
Koldioxid, variation	vol %	15-50	30-40	-
Kväve	vol %	15	0,2	0,3
Kväve, variation	vol %	5-40	-	-
Syre	vol %	1	0	0
Syre, variation	vol %	0-5	-	-
Svavelväte	ppm	< 100	< 500	1,5
Svavelväte, variation	ppm	0-100	0-4000	1-2
Ammoniak	ppm	5	100	0
Totalklor som Cl-	mg/Nm ³	20-200	0-5	0

Tabell 4.4 Utdrag ur kvalitetsspecifikation för biogas för snabbgående ottomotorer. (Ref 4.8).

Egenskap	Enhet	Biogas, typ A	Biogas, typ B
Wobbbeindex, min	MJ/Nm ³	45,5	44,7
Wobbeindex, max	MJ/Nm ³	48,2	48,2
Metantal, min		80	80
Vattenhalt, max	mg/Nm ³	32	32
Koldioxid, max	Vol %	3,0	4,0
Syrgas, max	Vol %	1,0	1,0
Vätgas, max	Vol %	0,5	0,5
Svavelväte, max	mg/Nm ³	23	23
Metanol	Vol %	0	0
Max partikelstorlek	µm	5	5

4.6 Gas från termisk förgasning

Svensk terminologi skiljer på biogas och gas från termisk förgasning även om råvaran i det senare fallet kan vara organiskt material, dvs biomassa. Gas från förgasning kan benämnas lågvärdesgas, gengas eller syntesgas beroende på sammansättning och användningsområde.

Termisk förgasning kan appliceras på flertalet fasta bränslen och stora insatser har gjorts internationellt för att förgasa kol. En fördel med förgasning är att det är lättare att rena bränslegaser än rökgaser och att bränsle i gasform är lättare att distribuera och använda än fasta bränslen.

En försöksanläggning för produktion av gas ur biobränsle finns i Värnamo i Småland. Anläggningen, som ägs av Sydkraft, arbetar enligt svävbäddsprincipen. Den producerade gasen har lågt metaninnehåll och lågt värmevärde och kan ej utan omfattande rening och behandling ersätta naturgas eller biogas. I Värnamo används gasen för att driva en gasturbin som producerar el och värme.

Skillnaden mellan naturgas och gas från Värnamoanläggningen framgår av tabell 4.5. (Ref. 4.5)

Tabell 4.5. Jämförelse mellan dansk naturgas och gas från termisk förgasning

		Dansk naturgas	Gas från förgasning
Värmevärde	MJ/Nm ³	40	5
Metan	%	91	3,5
Tyngre kolväten	%	8	–
Koldioxid	%	0,6	12
Koloxid	%	–	15
Kväve	%	0,3	43,5
Väte	%	–	14
Vatten	%	–	12

4.7 Eldningsolja

Eldningsolja framställs genom raffinering av råolja. Som tunnolja räknas eldningsolja 1 (Eo 1) och som tjockolja räknas Eo 3, Eo 4, Eo 5 och Bunker C.

Eo 1 och dieselolja för fordon indelas i tre miljöklasser beroende på svavelhalten:

- Miljöklass 1 (MK 1) max 0,001 viktprocent svavel
- Miljöklass 2 (MK 2) max 0,005 viktprocent svavel
- Miljöklass 3 (MK 3) max 0,2 viktprocent svavel

Typiska analysdata för några oljekvaliteter ges i tabell 4.5. Övriga data för olja ges i tabell 4.8

Tabell 4.5. Typiska analysdata för eldningsolja. (Ref 4.3)

		Eo 1 (sommar)	Eo 1 (vinter)	Eo 4 (lågsvavl)	Eo 5 (lågsvavl)
Densitet vid 15° C	kg/m ³	850	830	950	960
Flampunkt	°C	70	70	100	110
Lägsta hanteringstemp	°C	±0	-22	+55	+60
Svavelhalt	vikt-%	0,1	0,1	0,1	0,8
Askhalt, max	vikt-%	0,005	0,005	0,002	0,02
Effektivt värmevärde	MJ/kg	42,7	43,0	41,4	41,3

4.8 Kol

Kol finns i en mångfald olika kvaliteter. I stort skiljer man på brunkol och stenkol, där brunkolen är yngst, har lägst värmevärde och används oftast direkt vid brytplatsen. Stenkol är energirikare och är den kolsort som främst används i Sverige.

Det som främst skiljer stenkol från brunkol är

- högre kolhalt
- lägre fukthalt
- lägre andel flyktiga beståndsdelar

Mer än hälften av allt kol som importeras till Sverige används inte för energiändamål utan för framställning av koks för metallurgiska ändamål.

De från miljösynpunkt mest besvärliga beståndsdelarna i stenkol är svavel, tungmetaller och askbildande mineraler. Dessa ämnen förekommer i kol i varierande halter och beror dels på kolfyndighetens beskaffenhet, dels på hur kolet anrikats och renats.

Askhalten ligger i allmänhet mellan 7 och 15 vikt-% men kan ibland vara så hög som 40 %.

Svavlet förekommer dels organiskt bundet till kol (C), dels i oorganiska föreningar, huvudsakligen som pyrit (FeS₂). Det organiskt bundna svavlet brukar uppgå till 20 à 40 % av det totala svavelinnehållet. Övrigt svavel kan till stor del frånskiljas genom tvättning av kolet. Svavelhalten ligger normalt inom bandet 0,4 - 2,5 vikts-%. Till Sverige importerat kol har vanligen en svavelhalt understigande 0,8 %.

Metallhalten varierar också mycket mellan olika kolsorter. Exempel ges i den för olika bränslen sammanfattande tabell 4.8

Det effektiva värmevärdet för stenkol ligger vanligtvis inom intervallet 25 - 29 MJ/kg. Brunkolets värmevärde rör sig om ca 16 MJ/kg.

4.9 Sammanfattande tabeller för bränslen

I tabell 4.7 ges fundamentala karakteristika för naturgas, olja och kol räknat på en energimängd som motsvarar 1 ton kol. Tabellen anger typvärden, eftersom det kan förekomma stora variationer i komponentsammansättningen för kol och i viss mån även för olja. Tabell 4.8 (sid 4.11) sammanfattar förekomsten av olika ämnen i de här beskrivna bränslena.

Tabell 4.7. Typvärden för naturgas, olja och kol räknat på samma energiinnehåll (motsvarande 1.000 kg kol, Ref 4.1)

		Naturgas	Lätt eld- ningsolja	Tung eld- ningsolja	Kol
Energi	GJ	26,0	26,0	26,0	26,0
Vikt	kg	486	578	615	1.000
Volym	m ³	602	0,67	0,63	–
Vatten	kg	0	0	0,6	130
Kol (C)	kg	363	500	527	594
Väte	kg	115	75	70	37
Syre	kg	4,4	0	0	74
Kväve	kg	4,4	0	1,2	10
Svavel	kg	0	1,2	3,9	8,0
Aska	kg	0	0	1,2	150
Metaller	kg	0	0	0,05	0,1 - 8
Övre värmevärde	MJ/kg	53,5	45	42,3	26
Förhållandet väte/ kol	–	31,6	15,0	13,3	6,2

4.10 Flytande bränslen för fordonsmotorer

Motorbensin och dieselolja är de vanligast förekommande bränslena (drivmedlen) för fordonsmotorer. Båda utvinns uteslutande ur råolja, vilken finns på djup ner till 10.000 meter. Råoljan består av olika kolvätetyper med indelning i paraffiner, nafterer och aromater. Dessutom innehåller den små mängder andra kemiska föreningar som kan vara bundna till svavel, syre och vissa metaller. Det är olika delar av råoljan som används för framställning av bensin respektive diesel. Dieselolja kan dessutom utvinnas direkt ur råoljan genom destillation och avsvavling, medan bensin kräver ytterligare förädlingssteg för höjning av oktantalet, s k reformering.

Alla kolväten i råoljan har olika kokpunkter och vid bearbetning används detta för att skilja dem åt, s k destillation. Vid destillation värms råoljan till ca 350°C och förångas därvid delvis. Ångorna stiger i en kolonn varefter de avkyls. Kolväten med låg kokpunkt når högt upp i kolonnen innan de kondenseras, medan kolväten med hög kokpunkt kondenserar på lägre höjd. På olika nivåer i kolonnen finns sidorör genom vilka man tar ut kondenserad vätska, uppdelad i fraktioner efter kolvätenas kokpunkt. De olika fraktionerna överensstämmer inte alltid med de produkter som efterfrågas på marknaden, varför vissa vidarebehandlingar med storleks- och strukturförändringar av kolvätemolekylerna måste ske. Sådana processer kallas konverteringsprocesser.

Motorbensin är handelsnamnet på en komplex blandning av drygt 200 olika kolväten med kokpunkter mellan 25 och 215°C. (Ref 4.6). I bensin finns även en mindre andel svavel- och kväveföreningar samt olika additiv som är tillsatta för att möta kvalitetskraven.

Huvudbeståndsdelarna i bensin är:

- Reformat (bensen, toluen, xylen), som är huvudkomponenten. Den består främst av aromater med högt oktantal och lågt ångtryck.
- Butan, som är ett mycket lättflyktigt paraffiniskt kolväte.
- Isopentan och isomerisat, som framställs vid speciella isomeriseringsanläggningar.
- CCS, Catalytically Cracked Spirit, som är en blandning av lätt- och tungkrackade naftor samt polybensin (krackade komponenter som vidarebehandlats för att höja oktantalet).
- MTBE eller metyltertiärbutyleter, som framställs genom reaktion mellan metanol och isobuten och som ger renare avgaser.

I den bensin som säljs i Sverige finns följande additiv tillsatta:

- Antifrysmedel i form av alkoholer (vintertid).
- Blyersättningsmedel för smörjning av ventiler och ventilsäten.
- Korrosionsinhibitor för minskning av bensinens korrosiva egenskaper.
- Multipurposeadditiv som håller rent i motorns förbränningsrum och insprutningssystem.

Tidigare användes blyföreningar i bensinen men sedan 1995 är blyad bensin förbjuden i Sverige. Blyet hade två viktiga funktioner: höjning av oktantalet och skydd mot slitage av vissa delar i motorn. Högt oktantal gör det möjligt att använda motorer med högt kompressionsförhållande, vilket ger högt effektuttag och stort motstånd mot knackning.

Dieselolja är i stor sett ekvivalent med elningsolja 1 (Eo 1), se avsnitt 4.7. Eftersom energiskatten på eldningsolja är lägre än på dieselolja, dvs olja avsedd för fordon, krävs märkning av eldningsoljan. Märkningen åstadkommes genom grönfärgning av oljan.

För miljöklasserna 1 och 2 gäller kravspecifikation enligt tabell 4.9 (Ref 4.7)

Liksom för bensin finns olika typer av tillsatsmedel vars uppgift är att förbättra dieseloljans egenskaper. Exempel är:

- Flytförbättrande tillsatsmedel (behöver endast användas för miljöklass 3, dvs oljor som ej tillhör MK1 eller MK2).
- Smörjande tillsatsmedel
- Renande tillsatsmedel och
- Cetantalshöjande tillsatsmedel (används normalt ej i Sverige).

Metanol (CH_3OH) är den enklaste av alla alkoholer. Metanol har en kokpunkt på 65° och är flytande vid rumstemperatur. Den dominerande råvaran för metanolframställning är naturgas. Produktionen kan dock ske från i stort sett alla förgasningsbara organiska material såsom kol, olja och biomassa. Ett omfattande utvecklingsarbete har utförts med torv och biomassa som råvara. Några demonstrationsanläggningar finns men kommersiell tillverkning har ännu ej startat.

Tabell 4.8. Några bränslens innehåll av olika grundämnen.. (Ref 4.3)

		Naturgas	Avverkningsrester	Salix	Sorterat träavfall	Gasoli ⁱ	Olja ⁱⁱ	Kol
TS	vikt-%	–	50 ⁱⁱⁱ	50 ^{iv}	69 %	–	–	–
C	% av TS	75	50	48	–	81	86	83
H	% av TS	24	6,0	6,0	–	18	11,5	5,5
O	% av TS	0,5	40	45	–	0,5	0,9	9
N	% av TS	0,5	0,4	0,4 - 0,6	–	0,5	0,3	1,5
Aska	% av TS	–	2 - 2,5 ^v	1,5	20	–	–	–
	vikt-%	–	1 - 1,25	0,75	14	0,1	–	7 - 15
S	mg/MJ	<0,2 ^{vi}	10 - 50	20 - 30	–	<0,2	25 - 200	310 - 400
Cl	g/kg TS	–	0,05 - 0,1	0,1	1,08	–	–	–
	mg/MJ	–	3 - 6	6,3	77	–	–	–
Na	g/kg TS	–	0,05 - 0,1	–	–	–	–	–
K	g/kg TS	–	2	2 - 3	–	–	–	–
Ca	g/kg TS	–	3	2 - 4	–	–	–	–
Mg	g/kg TS	–	0,5	0,4 - 0,7	–	–	–	–
P	g/kg TS	–	0,2	–	–	–	–	–
Cd	mg/kg TS	–	0,1 - 0,4 ^{vii}	0,8 - 1,7	1,2	–	–	–
	µg/MJ	<0,4	6 - 24	50 - 110	83	i	0,2 - 0,7	1 - 200
Cu	mg/kg TS	–	0,6 - 6	2 - 5	–	–	–	–
	µg/MJ	<0,0003	35 - 360	120 - 320	–	i	2,5 - 8,5	50 - 1.500
Pb	mg/kg TS	–	0,6 - 14	0,4 - 2	239	–	–	–
	µg/MJ	<0,006	35 - 830	25 - 130	17.000	i	3 - 25	100 - 2.000
Zn	mg/kg TS	–	5 - 40	40 - 105	–	–	–	–
	µg/MJ	<0,003	300 - 2 400	2 500 - 6 650	–	i	2 - 20	200 - 100.000
As	mg/kg TS	–	0,04 - 0,4	–	–	–	–	–
	µg/MJ	<0,00003	2,4 - 24	–	–	i	0,5 - 2	20 - 1 000
Hg	mg/kg TS	–	0,01 - 0,02	–	0,14	i	0,003 - 0,07	–
	µg/MJ	<0,004	0,6 - 1,2	–	10	–	0,06 - 0,09	2 - 40

- Markerar att värden saknas
- i För gasol saknas uppgifter om eventuellt metallinnehåll
- ii Det lägre värdet i intervallet för olja gäller Eo 1 och det högre gäller för Eo 5.
- iii Gäller bränsle som inte har torkats eller lagrats.
- iv Gäller nyskördat bränsle som inte har torkats.
- v Värdena gäller avverkningsrester från barrträd. Avverkningsrester från lövträd har askhalt 7 - 1,5 % av TS.
- vi Inklusive luktämne.
- vii Värdena för tungmetallinnehåll i avverkningsrester kommer från SOU 1992:91 och gäller enligt rapporten för träbränsle.

Tabell 4.9. Kravspecifikation för dieselolja

Egenskap	Enhet	MK 1	MK2
Halt av aromatiska kolväten	vol % max	5	20
varav PAH	vol % max	0,02	0,1
Tändvillighet (cetanindex)	minimum	50	47
Densitet	kg/m ³	800 - 820	800 - 820
Svavelhalt	vikt % max	0,001	0,005
Destillationsintervall	°C	180 - 285	180 - 295

Metanol kan användas som drivmedel i såväl ren form som i blandning. I dieselmotorer krävs vid drift med ren metanol montering av glödstift eller tillsats av tändförbättrare. Energiinnehållet i metanol är knappt hälften jämfört med bensin räknat per liter.

Etanol (dricksprit, C_2H_5OH) är den näst metanol enklaste av alkoholerna. Etanol har en kokpunkt på 78° och är flytande vid rumstemperatur. Dagens produktion av etanol för användning som drivmedel sker i huvudsak på biokemisk väg. I Brasilien tillverkas årligen 12 miljoner ton från sockerrör och i USA 4 miljoner ton från majs. I Sverige produceras drygt 10.000 t/år etanol genom jäsning av avlutarna från sulfitprocessen i MoDo's sulfitfabrik i Örnsköldsvik. Denna etanol används dock ej som drivmedel. Drivmedelsetanolen i Sverige, ca 8.000 ton år 1996, importeras utifrån och tillverkas huvudsakligen från överskottsvin.

Etanol kan användas som drivmedel på samma sätt som metanol i såväl diesel- som ottomotorer. Energiinnehållet per liter är cirka två tredjedelar jämfört med bensin.

Rapsmetylester (RME) har som utgångsråvara rapsolja som omförestrats med en alkohol. Rapsolja, som erhålls genom pressning eller extraktion av rapsfrön, skulle i sig självt kunna användas som drivmedel, men högre viskositet (trögflytande) och högre fryspunkt jämfört med dieselolja gör att man i stället arbetar med RME.

RME har hög flampunkt ($121^\circ C$), vilket gör att den inte är brandfarlig. Andra fördelar med RME är att den inte är flyktig, giftig, allergiframkallande eller cancerogen. RME innehåller inga aromater och är biologiskt lättnedbrytbar.

RME används i dag i många europeiska länder, t ex Frankrike som producerar 400.000 m³/år för fordonsdrift. I Sverige skulle en maximal produktion av RME kunna ersätta 3 % av dagens diesel-oljeförbrukning.

Egenskaperna hos RME är sådana att den efter mycket små motorförändringar kan användas i befintliga dieselmotorer. Nya motorer är ofta anpassade för denna typ av bränsle redan från början.

Dimetyleter (DME) framställs för närvarande genom dehydratisering av metanol. Kemisk formel är CH_3OCH_3 . DME's kokpunkt är $-25^\circ C$, varför den måste hanteras under tryck för att ej övergå i gasfas. Ångtrycket är ungefär 5 bar och explosionsgränserna i luft 3-17 volymprocent. DME används i dag huvudsakligen som drivgas i sprayburkar.

DME är i stort sett ogiftig och har inga cancerogena eller mutagena egenskaper. DME kan användas i dieselmotorer utan förlust av verkningsgrad eller effekt. Befintliga dieselfordon kan konverteras till en tämligen låg kostnad då endast bränslesystemet behöver modifieras.

Referenser

- 4.1 Jan Jensen
Energi- og miljøoversigt
Projektrapport
Dansk Gasteknisk Center, Nov 1994
- 4.2 SOU 1992, Svensk energiförsörjning 1994 och Svensk Brikettenergi
- 4.3 Ann Bohlin m fl
Energi och Miljö. Miljökonsekvenser vid användning av naturgas, bibränslen, olja och kol
ÅF-Energikonsult, 4 dec 1995

- 4.4 Gasteknik nr 4, 1996
- 4.5 Uppgifter från utvecklingsstaben, Sydkraft, februari 1997
- 4.6 Kurt Hedlund
Fakta kring motorbensin
OK Petroleum, 1996-02-01
- 4.7 Kurt Hedlund
Dieselmotorer och bränsle
OK Petroleum, 1995-02-07
- 4.8 Hans-Åke Maltesson (Red)
Biogas för fordonsdrift - Kvalitetsspecifikation
Kommunikationsforskningsberedningen
KFB-rapport 1997:4



5 MILJÖEFFEKTER AV LUFTBURNA UTSLÄPP

Miljöeffekterna av ett föroreningsutsläpp kan vara såväl direkta som indirekta. Exempel på en direkt effekt är andningsbesvär vid luft som innehåller hög halt av kväveoxider. Exempel på en indirekt effekt är minskat fiskbestånd i sjöar som försurats av bl a svaveldioxidutsläpp. Det kvantitativa och ibland även det principiella sambandet mellan ett visst utsläpp och dess miljömässiga effekter är långt ifrån utrett och omfattande forskning pågår världen över.

I detta kapitel skall översiktligt beskrivas vad som händer med de luftburna utsläppen och vilka miljömässiga effekter som utsläppen åstadkommer.

5.1 Spridning av ämnen i luft

Normalt släpps "energirelaterade" luftburna ämnen ut genom en skorsten. Spridningen från skorstenen kan upp till ett visst avstånd beräknas ganska noggrant genom s k spridningsmodeller. Spridningsmodellerna innehåller ofta även kemiska modeller som beskriver hur vissa ämnen kemiskt omvandlas på sin väg i atmosfären. Ett exempel är omvandlingen av kväveoxid (NO) till kvävedioxid (NO₂).

De flesta luftburna och luftspridda ämnena har en mycket begränsad uppehållstid i atmosfären, i storleksordningen någon eller några dagar. Sedan faller de ned på marken, antingen med nederbörden (våtdeposition) eller direkt (torrdeposition).

Trots den begränsade uppehållstiden i atmosfären hinner luftföroreningarna transporteras långa sträckor. Således kan svavel- och kväveföreningar transporteras 100 - 200 mil, vilket medför att utbytet av luftföroreningar i Nordeuropa är omfattande.

Vissa ämnen har mycket lång uppehållstid i atmosfären. Ett exempel är den vid förbränning bildade koldioxiden. Den har så lång uppehållstid i atmosfären att dess koncentration är mycket jämnt fördelad över hela jordklotet och man talar då om global påverkan.

5.2 Lokal, regional och global påverkan

Vissa miljöeffekter uppträder endast i närheten av utsläppskällan, medan andra uppträder även på större avstånd. En vanlig "geografisk" uppdelning är därför i lokala, regionala och globala miljöeffekter. Tabell 5.1 visar i stort dels vilka miljöeffekter som uppträder lokalt, regionalt och globalt, dels några olika ämnens bidrag till dessa miljöeffekter.

Tabell 5.1. Miljöeffekternas geografiska fördelning

	NO/NO _x	N ₂ O	SO ₂	O ₃	CO ₂	CFC	Tungmetaller	VOC
Globalt								
Försurning	■		■					
Växthuseffekt		■		■	■	■		
Ozonnedbrytning		■				■		■
Regionalt								
Försurning	■		■					
Övergödning	■							
Oxidantbildning	■							■
Lokalt								
Hälsoeffekter på människan	■		■				■	■
Hälsoeffekter på djur							■	
Vegetationsskador	■		■	■				
Korrosion	■		■					

5.3 Försurning

Försurning av mark och vatten är ett av Sveriges allvarligaste miljöproblem. Försurning är, som namnet anger, en fortlöpande process som innebär att surhetsgraden, dvs halten vätejoner (H⁺) i mark och vatten ökar.

Mänskliga aktiviteter är den huvudsakliga orsaken till försurningen. Till sådana räknas bl a utsläpp av svavel- och kväveoxider men också aktiviteter inom jordbruket och skogsbruket.

De svavel- och kväveoxider som släpps ut från förbränningsprocesser oxideras vidare i atmosfären. Den vanliga syrgasen (O₂) är kemiskt sett så stabil att den knappast reagerar med vare sig SO₂ eller NO. Det finns emellertid i atmosfären andra syrehaltiga föreningar som är betydligt mindre stabila och därmed lättare reagerar med andra ämnen, t ex ozon (O₃), väteperoxid (H₂O₂) samt ämnen innehållande hydroxyl - (OH) och hydroperoxidgrupper (HO₂). Dessa ämnen kallas gemensamt oxidanter och trots att de uppträder i låga koncentrationer är de huvudansvariga för den fortsatta oxidationen av SO₂ och NO.

Oxidations- och andra kemiska processer i atmosfären leder till att svavel- och kväveoxiderna omvandlas till svavelsyra (H₂SO₄) respektive salpetersyra (HNO₃). Svavelsyran kan inte förekomma i gasform utan kondenserar ut i form av små droppar som förr eller senare kommer i kontakt med vatten och sönderdelas därvid i joner.

Till skillnad från svavelsyran kan salpetersyra existera i gasform, som syradroppar eller löst i vatten där den bildar vätejoner.

Svavelsyra och salpetersyra som bildats från svavel- och kväveoxidutsläppen från förbränning är således ämnen som bidrar till försurningen av mark och vatten.

Exempel på andra försurningsprocesser i mark är

- Förändrad markanvändning, t ex övergång från jordbruk till granskogsodling.
- Användning av surgörande (ammoniumhaltiga) mineralgödselmedel.
- Uttag av biomassa (skörd) inom jord- och skogsbruk.

För att få en uppfattning om de olika källornas bidrag till markförsurningen kan nämnas att av den försurning som sker av skogsmark i södra Sverige svarar skogsbruket för ungefär hälften.

Försurningen av sjöar och vattendrag orsakas dels av den sura nederbörd som faller direkt i sjön eller vattendraget (5 å 20 %), dels av tillrinningen av surt vatten från omgivande markområden. Frekvensen av skadade sjöar i Sverige är störst i de sydvästra delarna av landet. För att motverka skador utförs ofta kalkning av sjöar och vattendrag.

Försurning orsakas också av nedfall av ammoniak (NH_3) från atmosfären. Ammoniak fungerar i atmosfären som en bas och neutraliserar sura gaser och vätskor under bildande av bl a ammoniumjoner (NH_4^+). Amoniumjoner kan oxideras i marken till nitrat (NO_3^-), en reaktion som leder till markförsurning. Depositionen av ammoniak i Sverige är av storleksordningen 80 000 t/år, varav 20 000 t/år kommer från inhemska källor.

5.4 Övergödning

Med övergödning (eutrofiering) av ett område menas helt allmänt en ökad näringstillförsel jämfört med den naturliga. Ökad tillförsel av kväve (N) och fosfor (P) är den huvudsakliga orsaken till övergödning.

I energisammanhang är fosfor ganska ointressant, då så gott som alla fosforutsläpp sker via industriens avloppsvatten och från kommunala reningsverk.

När det gäller kväve kommer även här huvuddelen av utsläppen från industrier och reningsverk, men till detta kommer kvävenedfallet från atmosfären. Ca 85 % av det kväve som deponeras i Sverige kommer från kväveoxider (NO_x), medan resten huvudsakligen kommer från ammoniak och andra kväveföreningar från jordbruket.

Vid måttligt ökad kvävetillförsel till skogsmark ökar skogsproduktionen. Så småningom kommer emellertid artsammansättningen att ändras och antalet arter att sjunka.

Den ökande skogstillväxten innebär att trädens takt att ta upp näringsämnen ökar. Därmed påskyndar kvävenedfallet också på ett indirekt sätt markens försurning.

Kvävenedfallet över vatten i kombination med kväveutlakning och kväveutflöde från åkermark har höjt kvävehalten markant i hav, sjöar och vattendrag. Detta har främst en negativ betydelse för kustvatten, där produktionen av alger och plankton kan öka i så hög grad att nedbrytningen av döda alger och plankton orsakar syrebrist i vattnet.

5.5 Oxidantbildning

Den viktigaste oxidanten i miljösammanhang är ozon (O_3). Ingredienserna för bildande av ozon är kväveoxider, flyktiga kolväten och solljus.

Genom inverkan av solljuset (s k fotokemisk process) omvandlas kolvätena i atmosfären till organiska radikaler innehållande syre. Dessa medverkar till att kvävemoxid

(Finns under 3.2 i skillett!)

♀ Ozon iriterar slemhinnor och lungor, och minskar den fysiska prestationsförmågan. Astmatiker och människor med nedsatt lungfunktion är särskilt känsliga grupper, liksom barn med känsliga lufttrör. Ozon misstänks också ha en

5.4

(NO) oxideras till kvävedioxid (NO₂) som i sin tur under inverkan av solljus sönderfaller till NO och en fri syreradikal (O). Den fria syreradikalen förenar sig sedan med en vanlig syrgasmolekyl (O₂) i luften och bildar ozon (O₃).
cancer
regen
effekt.

Ozon och andra fotokemiska oxidanter kan speciellt över tätorter ge soldis, vilket brukar kallas fotokemisk smog. Genom att fenomenen uppträder ganska nära marken kallas det bildade ozonet för marknära ozon. Troligen har marknära utsläpp från trafiken större betydelse för ozonbildningen än skorstensutsläppen.

♀
Fram till 1940 var den naturliga ozonhalten i marknära luftlager i Sverige sannolikt ca 20 µg/m³.

Numera förekommer det varje år perioder då ozonhalten kommer upp i 100-200 µg/m³. Orsaken är de ökade antropogena utsläppen av kolväten och kväveoxider.

5.6 Växthuseffekten

Begreppet "växthuseffekten" används ofta i olika betydelser, såsom

- de fysikaliska processer som är kopplade till att växthusgaserna absorberar långvågig värmestrålning
- effekter på klimat och havsytans nivå
- sekundära effekter på naturmiljö, biodiversitet m m
- effekter på samhället genom ändrade försörjningsbetingelser (jordbruk, skogsbruk och fiske), utbredning av t ex tropiska sjukdomar, nya krav på klimatpåverkade infrastrukturer

I engelsk litteratur förekommer även begreppet "global warming" synonymt med växthuseffektens breda betydelse. Mycket av det som kan förefalla som oenighet mellan enskilda forskare har ofta en enkel förklaring i att parterna lägger olika betydelse i begreppet växthuseffekten.

I föreliggande avsnitt behandlas i huvudsak den första begrepps betydelsen ovan, dvs fysikaliska processer o dyl. I nästa kapitel avsnitt 6.5 behandlas växthuseffektens tänkbara konsekvenser och då främst eventuella klimatförändringar.

Jorden tar emot energi från solen i form av kortvågig strålning. Lika stort energiflöde lämnar jorden i form av långvågig värmestrålning. Vissa gaser, de s k växthusgaserna har förmåga att absorbera denna värmestrålning. Resultatet blir att temperaturen ställer in sig på en nivå som ger energibalans mellan inkommande och utgående strålning trots denna absorption.

Vattenånga och koldioxid ger nästan hela den naturliga växthuseffekten. Resultatet av denna tillsammans med molnens förmåga att innehålla värme samt reflektera inkommande solstrålning är att jordens medeltemperatur ligger vid +15 grader C i stället för -18 grader C.

Genom användning av fossila bränslen och förändring av kolinnehållet i skogar och mark skapar människan ett nettoflöde av koldioxid till atmosfären. Detta ger en ständigt stigande halt av koldioxid. Eftersom det redan finns mycket koldioxid absorberas en stor del av den värmestrålning som har våglängder som absorberas av koldioxid. En ytterligare ökning av koldioxidhalten innebär därför förhållandevis måttlig ytterligare absorption av värmestrålning. Räknat per kg är därför koldioxid en måttligt stark växthusgas.

Växthusgaser utöver vattenånga och koldioxid är metan (CH_4), dikväveoxid (lustgas, N_2O), ozon (O_3) och klorerade fluorkarboner (CFC, även kallade freoner).

Vissa gaser bidrar indirekt till växthuseffekten såsom kolmonoxid (CO), kväveoxider (NO_x) och flyktiga organiska föreningar (VOC). Dessa ingår nämligen i processer som bildar troposfäriskt ozon. I troposfären (nedre delen av atmosfären, 10-15 km höjd) är ozon en växthusgas.

Genom mänskliga aktiviteter ökar halten av växthusgaser i atmosfären. Förbränning av fossila bränslen är den viktigaste utsläppskällan men växthusgaser släpps också ut genom:

- förbränning eller avverkning av mer skog än vad som återväxer (avverkning av tropisk regnskog är ett typiskt exempel)
- sättet att bruka jordar
- ökad djurhållning (ökade metanutsläpp)
- ökad deponering av nedbrytbart organiskt avfall på soptippar
- naturliga källor

De olika växthusgaserna har olika stor påverkan på den från jorden återutstrålade värmen. En lustgasmolekyl har således 250 gånger större värmeabsorberande förmåga än koldioxid. De olika växthusgaserna har också olika livslängd i atmosfären. En given koldioxidmolekyl finns således i genomsnitt kvar i atmosfären i 120 år, medan en metanmolekyl finns kvar endast ca 12 år.

För att kunna jämföra de olika gasernas växthuseffekt har FN:s klimatorgan IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) utarbetat s k GWP-faktorer där GWP står för Global Warming Potential. GWP-faktorn anger den aktuella gasens växthuseffekt vid ett utsläpp av 1 kg jämfört med växthuseffekten vid utsläpp av 1 kg koldioxid. Eftersom livslängden för de olika gaserna är olika varierar GWP-faktorn med tiden efter utsläppet. Vanligen anger man GWP för en 100-årsperiod

I tabell 5.2 anges GWP-faktorn för såväl några direkta växthusgaser som för några gaser med indirekta effekter. Värdena för indirekta effekter är mycket osäkra och de har hämtats från ref 5.2.

Tabell 5.2. GWP-faktorer för några olika gaser. (Ref 5.1 och 5.3)

	Livslängd	GWP-faktor efter		
	år	20 år	100 år	500 år
<i>Växthusgaser</i>				
Koldioxid	50-200	1	1	1
Metan	12	62	24,5	7,5
Dikväveoxid	120	290	320	180
CFC 11	50	5 000	4 000	1 400
CFC 12	102	7 900	8 500	4 200
<i>Gaser med indirekt växthuseffekt</i>				
Kolmonoxid		7	3	2
Kväveoxider		30	7	2
Flyktiga organiska ämnen (VOC)		31	11	6

Hittillsvarande globala utsläpp har resulterat i att atmosfären fått en förändrad sammansättning. Detta bedöms ha gett följande förändring av värmestrålningen:

koldioxid	1,56 W/m ²
metan	0,47 "-
lustgas	0,14 "-
CFC och HCFC	0,25 "-
övrigt	0,03 "-
troposfäriskt ozon	0,4 "-
Totalt ca	3,0 W/m²

Denna värmning motverkas av sulfatpartiklar som reflekterar solstrålning (0,5 W/m²) och uttunnningen av ozonskiktet (0,15 W/m²).

5.7 Ozonnedbrytning

I avsnitt 5.5 beskrevs hur utsläpp av luftburna ämnen kan bidra till bildande av oxidanter däribland ozon. Luftburna ämnen kan emellertid även bryta ner befintlig ozon i atmosfären. Nedbrytning av ozon i de övre luftlagren kan därvid få negativa effekter på förhållandena på jorden.

Ozonförekomsten i jordatmosfären på mellan 10 och 45 km höjd brukar allmänt kallas ozonlagret. Det är ett relativt tunt skikt av ozonmolekyler. Skulle skiktets samtliga ozonmolekyler funnits vid jordytan, där trycket är högre, skulle det (utan inblandning av andra molekyler) bara varit 3 mm tjockt!

? (UV-strålningen)

Ozonlagret fungerar som en spärr för en stor del av den ultravioletta strålningen från solen. Utan ozonlagret skulle biologiskt liv i sin nuvarande form ej kunna förekomma på jorden.

Ozonskiktet bryts ner av olika gaser, både naturligt förekommande och av människan framställda. Det största hotet mot ozonskiktet är utsläppen av kolväten som innehåller klor eller brom, s k halogenerade kolväten. Typexempel är klorfluorkarboner (CFC, även benämnt freon) och haloner.

I troposfären är dessa kolväten mycket stabila. När de efter årtionden av vandring upp genom atmosfären når stratosfären, splittras molekylerna av solens energirika UV-strålar som finns i stratosfären men ej i troposfären. Brom- och kloratomer blir fria och börjar bryta ner ozonlagret. De förbrukas inte själva, varför en brom- eller kloratom under sin livstid i stratosfären kan bryta ner tusentals ozonmolekyler. Uppehållstiden i atmosfären kan uppgå till över hundra år.

Globalt uppgår uttunningen av ozonskiktet till 4 % men den drabbar inte lika över hela jorden. Speciellt uttalad är den över Antarktis (Sydpolen). Där har sedan 1970-talet ozonskiktet halverats under våren (september/oktober). Det är speciella meteorologiska förhållanden under dessa månader som gjort att uttunningen blivit särskilt markant just där. Man talar om det så kallade ozonhålet.

Även över Arktis (Nordpolen) har höga halter av stabila klorerade kolväten uppmätts. Där råder emellertid inte lika extrema meteorologiska förhållanden som över södra halvklotet, varför samma ozonskiktsförtunning som över Antarktis ännu ej observerats.

Referenser

- 5.1 Radiative Forcing of Climate Change
The 1994 Report of the Scientific Assessment Working Group of IPCC
- 5.2 Svenska Gasföreningen
Verksamhetsberättelse 1995
- 5.3 Sven-Olov Ericson
Vattenfall Utveckling
Personlig kommunikation 1997



6 MILJÖEFFEKTERNAS KONSEKVENSER

Miljöeffekternas konsekvenser för bl a det organiska livet på land och i vatten beskrivs i detta kapitel. Vissa luftföroreningar påverkar, som tidigare nämnts, bl a människan direkt genom deras farlighet vid direkt inandning. Andra luftföroreningar vandrar via näringskedjor m m en lång väg innan de når människan. Förloppen är komplicerade och vad som sägs nedan är förenklade beskrivningar.

Förutom inverkan på det organiska livet beskrivs två andra konsekvenser av miljöeffekterna: eventuell inverkan på klimatet samt materiella skador, främst vittring och korrosion.

6.1 Inverkan på människors hälsa

I Sverige har den yttre miljön generellt liten inverkan på det fysiska hälsotillståndet. Luftkvaliteten är relativt god, även i storstäder, och vattenkvaliteten likaså. Personliga vanor i fråga om tobak, alkohol, kost och motion är oftast viktigare orsaker till ohälsa än den yttre miljön. Yttre föroreningar kan emellertid vara en bidragande orsak till ohälsa. Lokalt för vissa grupper, människor med astma, andra luftvägssjukdomar eller med hjärt- och kärlsjukdomar, är också känsligheten för miljöstörningar större än för normalbefolkningen.

I de flesta fall är påverkan på hälsan direkt relaterad till närheten till utsläppskällan eller -källorna. Speciellt gäller detta tätortsmiljöer där de flesta utsläppen sker i marknivå eller på låg höjd (trafiken, utsläpp från skorstenar på bostadshus, utsläpp från industrier). För större anläggningar, typ kraftverk, finns dels höga skorstenar dels långtgående krav på rening, vilket medför att föroreningskoncentrationerna i omgivningen blir mycket små.

Exempel på sjukdomar som kan vara miljörelaterade är luftvägssjukdomar, allergiska sjukdomar, hjärt- och kärlsjukdomar, cancer, reproduktionsstörningar samt sjukdomar i nervsystemet. Tillfälligt höga luftföroreningshalter kan också ge irritationer och andra besvär utan att fördenskull orsaka sjukdomar.

Luftvägssjukdomar och allergi

Allergi och överkänslighet har ökat i Sverige och i många andra industriländer. Luftvägssjukdomarna hösnuva och astma ökar snabbast och undersökningar tyder på att olika miljöfaktorer spelar en stor roll för denna ökning.

Många av de vanliga föroreningar som förekommer i utomhusluften kan ge upphov till irritation i övre och nedre luftvägarnas slemhinnor. Exempel på gaser som ger reaktion är kvävedioxid, svaveldioxid, ozon och flyktiga organiska ämnen (VOC). Även sura partiklar kan irritera luftvägarna och ge upphov till inflammation. Speciellt små partiklar kan tränga långt in i andningssystemet, irritera lungvävnader och orsaka långvariga besvär och sjukdom.

Av kväveoxiderna är NO₂ den mest toxiska (giftiga). Höga halter NO₂ kan ge skador på lungvävnaden och försvaga lungans försvarsmekanismer mot bakterier och virus. Vid långvarig exponering av NO₂ ökar risken för luftvägsinfektioner och andra lungåkommor. Kortvarig exponering av höga halter kan leda till en sammandragning av luftvägarna, vilket drabbar personer med redan nedsatt lungfunktion som t ex astmatiker. I tätorter är det trafiken som svarar för det största bidraget till kväveoxidutsläppen.

Svaveldioxid har liknande hälsoeffekter som kväveoxider och påverkar således lungfunktionerna hos i första hand personer med redan nedsatt lungfunktion.

Kväveoxiderna bidrar till bildningen av fotokemisk smog och därigenom till ökad infektionskänslighet, lungsjukdomar, nedsatt lungfunktion samt irritationer i ögon, näsa och hals. Marknära ozon och andra oxidanter påverkar lungfunktionen samt kan ge huvudvärk och ögonirritation. Ozon kan dessutom fungera som utlösande faktor för astmaanfall.

Höga kvävedioxidhalter är främst ett problem på starkt trafikerade gator. I Sverige är ca 300 000 människor exponerade för halter som överskrider riktvärdena för god luftkvalitet.

Svavelhalten i storstadsluften har successivt sjunkit tack vare minskad svavelhalt i bränslet, införande av fjärrvärme samt införande av reningsutrustning. Vinterhalvårsmedelvärdet understiger på de flesta håll $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ och ligger därmed betryggande under riktvärdet på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Vad gäller ozon kan halten under sommaren uppgå till mellan 150 och $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Detta kan ställas i relation till halten $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som visat sig ge medicinska effekter. Naturvårdsverkets miljömål är $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Slutligen skall nämnas att vissa metaller, som kan ingå som stoft i luftburna utsläpp, kan påverka luftvägarna och eventuellt ge luftvägssjukdomar. Ett exempel är *kromföreningar* som kan ge bronkial astma samt *beryllium* som kan ge en allvarlig lungsjukdom, s k beryllios. Den gasformiga föreningen *nickelkarbonyl* tas lätt upp i lungorna och ger upphov till skador och *vanadin* kan ge bronkit. Det skall dock påpekas att observerade skador genomgående varit förknippade med långvarig yrkesmässig exponering i luft innehållande relativt höga halter av ämnena ifråga.

Hjärt- och kärlsjukdomar

Hjärt- och kärlsjukdomar orsakas framför allt av felaktig livsföring. Dock kan även den yttre miljön ge upphov till sådana sjukdomar.

När det gäller den yttre miljön är det främst fyra miljöexponeringar som är betydelsefulla:

- 1) Dricksvattnets innehåll av kalcium och magnesium (hårt eller mjukt vatten). Hårt vatten tycks minska dödligheten i hjärt- och kärlsjukdomar.
- 2) Bly, som även i låga doser kan ge högt blodtryck. Det senare är en viktig riskfaktor för hjärt- och kärlsjukdomar.
- 3) Kolmonoxid, som försämrar syreupptagningen och därmed utgör en hälsofara för hjärt- och kärlsjuka personer. Huvuddelen av inandad kolmonoxid kommer från trafiken.
- 4) Yrkesmässig exponering av rökgaser, där förutom koloxid även kvävemonoxid och polyaromatiska kolväten (PAH) misstänks kunna öka risken för hjärt- och kärlsjukdomar.

En del av blyet människan får i sig finns i inandningsluften, där ursprunget är bilar som drivs med blyad bensin och rökgasutsläpp från olje-, kol-, ved- och torveldade anläggningar. En annan del kommer från näringskedjan. Den ökade försurningen har lett till att många metaller i marken fått ökad rörlighet och att därför stora mängder läcker ut från de försurade markskikten och ut i bland annat grundvattnet. Metallerna tas upp av växterna och anrikas i näringskedjan. Detta innebär att djur högt upp i näringskedjan, som t ex rovfåglar och människor, kan ha ett högt intag av tungmetaller som ansamlas i kroppen.

Cancer

I Sverige får omkring 40 000 människor cancer varje år. 80 % av cancerfallen kan hänföras till levnadsvanor och boendemiljö. Mellan 400 och 800 cancerfall, dvs 1 à 2 %, tros bero på människans exponering för luftföroreningar. Den främsta källan är i detta avseende trafiken och eftersom trafikintensiteten är störst i tätorterna är antalet därtill relaterade cancerfall också störst i tätorterna.

Många luftförorenande ämnen har visat sig vara cancerframkallande och många andra misstänks vara cancerframkallande. Speciellt anses luftföroreningar vara en bidragande faktor till den förhöjda frekvensen av lungcancer som förekommer i tätorter jämfört med på landsbygden.

Några ämnen som är eller misstänks vara lungcancerframkallande är PAH (speciellt bens(a)pyren och nitro-PAH) och arsenik samt olika kadmium-, krom-, nickel- och berylliumföreningar. Cancerframkallande egenskaper i övrigt anses förekomma hos bensen, formaldehyd och eten.

Låga dioxindoser under lång tid förmodas numera också utgöra en risk för cancer. Dioxiner löser sig lättare i fett än i vatten, vilket bl a gör att dioxin anrikas i feta fiskar. Personer som äter mycket fisk är alltså en riskgrupp. Livsmedelsverket anser således att man ej bör äta strömming och lax från Östersjön mer än två gånger i veckan.

Slutligen skall nämnas att även hudcancer kan vara miljörelaterad. Tidigare har nämnts att ozonskiktet tunnats ut på grund av utsläpp av freoner, vilket innebär att en ökad mängd ultraviolett strålning når jordytan. På södra halvklotet där ozonskiktet märkbart förtunnats har hudcancerfallen ökat i antal och befolkningen i vissa länder som Nya Zeeland och Australien varnas för att sola sig mer än några få minuter per dag.

Sjukdomar i nervsystemet

Man misstänker att miljöfaktorer kan vara en bidragande orsak till vissa nervsjukdomar, t ex Alzheimers sjukdom. Förhöjd exponering för aluminium tros kunna ha ett samband med sjukdomen, dock har sambanden ännu ej kunnat verifieras.

De ämnen som kan ge skador på det perifera nervsystemet är bly, kvicksilver, arsenik och vissa organiska ämnen, typ organiska kolväten. I lindriga fall utgörs skadorna av störningar i form av darrningar, stickningar och känselbortfall.

Bly har vid yrkesmässig exponering gett upphov till svåra skador på det perifera nervsystemet och barn som exponerats för stora blymängder har fått allvarliga hjärnskador. Den kritiska effekten bedöms nu vara risken för subkliniska hjärnskador, som t ex beteenderubbningar hos barn.

Kvicksilver ackumuleras framför allt som metylkvicksilver i fisk. I många sjöar är halterna så höga att intaget av fisk därifrån bör begränsas. Atmosfärsikt nedfall av kvicksilver påverkar halten i fisk i framför allt försurade sjöar. Den kritiska effekten av metylkvicksilver är risken för skador på nervsystemet. Gravida kvinnor utgör en riskgrupp, eftersom hjärnans utveckling under fosterstadiet kan hämmas, vilket kan medföra mentalt och motoriskt retarderade barn.

Reproduktionsstörningar

Med reproduktionsstörningar menas här infertilitet, missfall, fosterskador och låg födslovikt.

De ämnen i omgivningen som kan ge reproduktionsstörningar av ett eller flera slag är framför allt bly och metylkvicksilver, men även organiska miljögifter. Till dessa ämnen kommer joniserande strålning.

Metylkvicksilvrets roll har behandlats i föregående avsnitt om skador på nervsystemet.

De organiska miljögifterna resulterar i detta sammanhang i försämrad reproduktion och störningar i fortplantningen hos däggdjur. Se vidare under avsnitten om inverkan på djurlivet.

Övriga störningar och sjukdomar

Förutom störningar och sjukdomar nämnda i de tidigare avsnitten kan miljöföroreningarna ge hälsoeffekter enligt tabell 6.1.

Tabell 6.1. Övriga hälsoeffekter från miljöföroreningar

Hälsoeffekt	Orsakas av
Huvudvärk	Ozon, buller
Ögonirritation	Ozon
Grumling av ögonlinsen (gråstarr)	Ökad UV-strålning p.g.a. ozonhål
Synrubbningar	Kvicksilver, dioxin
Förändringar i njur- och leverfunktion	Kadmium
Skelettskador	Kadmium
Blodbrist	Bly
Skador på blodkärl	Arsenik
Skador på blodbildande organ	Bly
Eksem	Beryllium, nickel
Nedsatt immunförsvar	Dioxin, kvävedioxid, ökad UV-strålning på grund av ozonhål
Hormonrubbningar	PCB
Förkortad livslängd	Stabila organiska ämnen, typ PAH, PCB, och DDT
Skadad hörsel	Buller

6.2 Inverkan på växtligheten

Föroreningar i miljön påverkar växtligheten såväl direkt som indirekt. Med direkt menas exempelvis att ammoniak i atmosfären fastnar på växtytor och ger skador. Med indirekt menas exempelvis förurningens påverkan på växtligheten.

Bland luftföroreningar som kan ge direkta skador på växtligheten kan nämnas ammoniak, fotokemiska oxidanter (främst ozon), kväveoxider och svaveldioxid. Enbart de fotokemiska oxidanterna beräknas orsaka skador på jordbruksgrödor för ca 1 miljard kronor årligen.

Många av de direkta skadorna kan man redan i dag se med blotta ögat. Ett exempel är stressade träd med reducerad barr- eller bladmängd längs hårt trafikerade vägar.

En indirekt effekt är de konsekvenser för växtligheten som den av "ozonhålen" ökade UV-strålningen kan ge upphov till. Olika växter har olika känslighet mot UV-strålning. Så är t ex de flesta gräs tåliga, medan däremot ärtväxter tycks vara speciellt känsliga. En ökad UV-strålning kan därför leda till en förändrad artsammansättning.

Vilken effekt ökad UV-strålning kan ha på barrträd och lövträd är svårt att förutsäga, speciellt som de redan idag är hårt ansatta genom försurning och luftföroreningar.

Försurning och övergödning är de fenomen som har störst påverkan på växtligheten i Sverige. Båda fenomenen är följder av såväl miljöförorenande utsläpp som metoder och åtgärder inom jordbruket och skogsbruket. De miljöförorenande utsläpp som bidrar mest till försurning och övergödning är svavel- och kväveoxidutsläppen.

Försurningen av skogsmark leder till utlösning av aluminium, bortförande av baskationer (magnesium, kalcium etc), obalans i näringsuttaget och nedsatt motståndskraft mot skadegörare och klimatstress. En stor del av näringsämnenas lakas ut och blir oåtkomliga för träden som då får näringsbrist.

I vissa delar av Europa utgörs jordarna av lättvittrade, kalkrika bergarter med god motståndskraft mot försurning. Skandinavien däremot är nästan helt täckt av ett tunt jordlager och berggrunden består av mer svårvittrade bergarter. Av detta skäl är försurningsproblematiken allvarligare i Skandinavien än på de flesta håll i övriga Europa. Ca 20 % av skogsmarken i Sverige bedöms så allvarligt skadad av försurning att kraftig förändring av vegetationen skett och påtaglig risk för framtida stora skogsskador finns.

Övergödning, eller eutrofiering, av marken uppträder vid kvävenedfall från atmosfären men är även en följd av gödsling och andra åtgärder inom skogs- och jordbruket.

Skogen påverkas framför allt av kvävenedfallet från atmosfären. Till en början leder kvävetillförseln till en ökad växtproduktion men efterhand uppstår det obalans i trädens övriga näringsupptag. Intensiv kvävegödsling har visat sig ge brist på näringsämnen som t ex magnesium, kalium och kalcium, men även brist på fosfor och bor kan uppstå. Tillskott av kväve påverkar rottillväxten negativt, vilket i sin tur ytterligare försämrar näringsupptaget. En ond cirkel skapas där marken och växtligheten kommer i en allt större näringsobalans.

En ökad mängd kväve i marken stör även mykorrhizan, dvs trädens näringsutbyte med svampar. Mykorrhiza är en form av symbios (samliv) där en fröväxt, t ex en gran, och en svamp slagit sig samman till ömsesidig nytta. Symbiosen fungerar så att svampen får socker (kolhydrater) från fröväxten, medan fröväxten får många av de nödvändiga näringsämnen från svampen.

Andra skogsskador som uppkommer på grund av kvävetillskott är vattenstress och försenad invintring. Skogen blir dessutom känsligare för svamp- och insektsangrepp samt för frost och torka. Undervegetationen i skogen ändras också och får ett större inslag av gräs på bekostnad av bl a lingon, blåbär och ljung.

Sammantaget innebär de samlade effekterna av markförsurning, övergödning och direkta gasskador på barr och blad ett allvarligt problem för skogen. Vid undersökningar i Sverige har man funnit att var femte gran och ungefär var åttonde tall har onormalt stora barrförluster. Det är ett vanligt tecken på att träden inte mår bra. Bara hälften av den svenska barrskogen har klassats som helt oskadad men det är svårt att avgöra hur stor del av barrförlusterna som beror på luftföroreningar. Lövträden har generellt sett klarat sig bättre utom i södra och sydvästra Sverige där lövskogen är allvarligt påverkad till följd av kvävemättnad och försurning.

Att den svenska skogen trots skadorna växer som aldrig förr beror på att de positiva effekterna av kvävenedfallet fortfarande överväger samt på att man har en effektiv skogsskötsel. De negativa sidorna av kvävenedfallet har således ännu inte tagit överhanden. Kvävemättnad har dock, som nämnts ovan, börjat uppträda i södra och sydvästra Sverige och där är skogen i sin helhet (dvs både lövträd och barrträd) betydligt mer skadad än i övriga landet. Forskarna räknar med att de skadliga effekterna av det stora kvävenedfallet kommer att ha påverkat skogen fullt ut i hela Syd- och Mellansverige före sekelskiftet.

6.3 Inverkan på däggdjur och fåglar

Direkta effekter på enskilda djur och fåglar kommer framför allt från "miljögifter" typ metaller och organiska ämnen såsom PCB och DDT.

Bly och kvicksilver tillhör de metaller som kan ge "hälsoeffekter" på däggdjur. I tillräckligt höga halter är de biologiska verkningarna av bly huvudsakligen påverkan på nervsystemet och blodet.

PCB i naturen medför fortplantningsstörningar hos många däggdjur och DDT ger fortplantningsstörningar och äggskalsförtunning hos fåglar. I Sverige har bl a havsörnen drabbats hårt av DDT men är nu på väg att återhämta sig, mycket tack vare att man försöker förse den med giftfri föda och att DDT-spridningen minskat.

Eftersom PCB anrikas i fisk löper fiskätande djur stor risk att råka ut för fortplantningsstörningar. Forskarna tror således att den drastiska nedgången i den svenska utterstammen beror på förekomsten av PCB i fet fisk.

Ett annat djur som drabbats hårt av PCB och andra stabila organiska ämnen är sälen. Sälhonorna blir sterila av livmodersskador och får hormonrubbingar. Närmare hälften av alla sälar i Östersjön har sådana skador och bara var fjärde sälhona kan nu föda ungar. Hormonstörningarna leder till rubbingar i ämnesomsättningen och i immunförsvaret. Djuren får skador på huden. Klorna, som behövs för fångst av fisk, blir deformationerade, spröda och böjda åt fel håll. Även sår på tarmarna samt njur- och skelettskador kan uppkomma. (Stackars sälar!)

6.4 Inverkan på det marina livet

Försurningen, övergödningen och ökade metallhalter är faktorer som har stor påverkan på den marina floran och faunan.

Sjöar och vattendrag är den miljö som hittills har drabbats hårdast av *försurningen*. Idag är ca 20 % av Sveriges sjöar och vattendrag så allvarligt skadade av försurningen att 10-20 % av antalet arter har försvunnit. Detta har medfört att fisket minskat och i vissa fall att hela fiskpopulationer försvunnit.

När en fiskart dör ut får andra djurgrupper som tidigare utgjort fiskens föda, t ex vissa insekter, möjlighet att expandera. Dessa djur trivs i och för sig inte bättre i surt än i normalt vatten, men tillväxten gynnas av att deras naturliga fiender reducerats till antalet.

Algerna utgör en grundförutsättning för andra organismers liv i vatten. Om pH-värdet sjunker (surheten ökar) så sjunker även antalet algararter. Vid tillräckligt lågt pH-värde (5 à 6) försvinner t ex fritt svävande kiselalger och blågröna alger helt. Vissa algararter kan dock gynnas, t ex trådformiga grönalger som bildar en sammanhängande filtmatta på sjöbotten.

Innan människan började släppa ut försurande ämnen låg pH-värdet i de flesta svenska sjöarna omkring 6 eller därutöver. En undersökning i början på 1990-talet visade att nära hälften av sjöarna hade ett pH-värde under 6 och att i mer än 6 000 sjöar pH-värdet understeg 5.

I intervallet mellan pH 5 och 6 kan en pH-sänkning med en enhet medföra att hälften av alla djurarter försvinner. Det är främst ägg och yngel som är känsliga, medan äldre individer kan överleva.

Bland fiskar är mört och elritsa mest känsliga. Betydligt tåligare är gädda och abborre som kan överleva i vatten med pH ned till 4,5.

Antalet djurplankton sjunker också drastiskt och i en kraftigt försurad sjö kan djurplanktonsamhället domineras av en enda art.

Övergödningen är en annan av de miljöeffekter som påverkar växt- och djurliv i sjöar, vattendrag och hav. Den naturliga balansen mellan produktion och nedbrytning rubbas och konsekvensen blir att vissa växter och djurarter massförökar sig, medan andra slås ut. Ökad produktion av organiskt material kräver mer syre för att brytas ned, vilket kan leda till syrebrist och döda bottnar på djupare vatten där tillförseln av syre även normalt är begränsad.

Tillväxten av alger och växtplankton ökar vid ökad tillförsel av näringsämnen. Ett synligt tecken är att algbloomingen om våren blir större. Vissa grön- och rödalger gynnas i den näringsrika miljön och de kväver blåstång och andra stora fleråriga alger som således slås ut. Ökad produktion av växtplankton gör att mängden djurplankton ökar, vilket i sin tur gynnar den fisk som lever i den fria vattenmassan.

En annan följd av ökad produktion av alger är att siktdjupet försämras i vattnet. Ljuset når inte tillräckligt djupt för att hålla fotosyntesen i gång. Ett resultat av detta är att blåstången i Östersjön, som tidigare växte ända ned till ett djup på 11 meter, nu inte växer på ett större djup än 8 meter.

En påtaglig och mycket synbar effekt av övergödning är sjöar och vattendrag som helt eller delvis vuxit igen. Alltmer utbredda vassbälten är ofta ett tecken på eutrofiering.

Ökade metallutsläpp i den marina miljön är vanligen en följd av den ökande markförsurningen. Metallerna utlakas ur marken och följer den hydrologiska cykeln via sjöar och vattendrag ut i havet.

Förhöjda aluminiumhalter i försurade sjöar stör fiskarnas jonbalans. Aluminium kan dessutom fällas ut som aluminiumhydroxid på fiskarnas gälar, så att deras syreupptagande förmåga minskar och de kvävs. Även bly, kadmium och zink tas upp i större utsträckning av djur och växter i försurade vatten.

Kvicksilver är en annan metall där utlakningen ökat till följd av markförsurningen. Den miljömässiga betydelsen av det kvicksilver som tillförs en sjö beror dels på sjöns eget försurningsstatus, dels på sjöns näringsstatus. I exempelvis en sjö med god näringstillgång tas kvicksilvret upp av en stor planktonmassa och får därmed en lägre koncentration i efterföljande näringskedjor. I näringsfattiga sjöar kan däremot halterna bli höga i hela näringskedjan, högst i de fisksorter som står längst upp i näringskedjan, t ex gädda. Höga kvicksilverhalter i fisk drabbar främst människor som förtär fisken.

Slutligen skall nämnas att havslevande planktonarter söker sig till större havsdjup då de utsätts för ökad exponering för *ultraviolett strålning*. Detta minskar biomassaproduktionen och därmed koldioxidupptagningen. På sikt kan detta komma att minska fiskproduktionen.

6.5 Inverkan på klimatet (Ref 6.2)

Miljöfrågor kräver generellt en tvärvetenskaplig beskrivning med resultat från forskning inom flera vetenskapliga discipliner. Detta gäller i ännu högre grad för beskrivning av de effekter som kan följa av att växthusgaser tillförs atmosfären. De berör förutom atmosfären även biosfären och haven samt växelverkan mellan dessa system. Centrala funktioner i haven är det biologiska livet och vertikal transport av kol bundet i biomassa, havsströmmarna, havets omblandning i vertikalled samt havets växelverkan med atmosfären. I atmosfären är det förutom växthusgasernas absorption av värmestrålning processer relaterade till moln med olika egenskaper och effekter av partiklar. Inom landekosystem gäller det t ex hur torvmarker i Sibirien och torra stäpper svarar på samtidiga förändringar i koldioxidhalt i atmosfären, temperatur och vattentillgång.

En forskare kan i allmänhet endast åberopa expertkunnande som aktiv forskare inom ett eller ett fåtal av de områden som är relevanta. Ingen förmår heller läsa in sig inom alla tillämpliga vetenskaper. Även om så skulle vara möjligt skulle denna individ inte kunna av denna faktamängd dra logiska slutsatser om vilka följderna blir.

Denna situation hanteras så att fakta från olika vetenskapliga discipliner matas in i modeller. Dessa blir så komplicerade att de måste utnyttja dagens kraftfullaste datorer till deras gräns trots betydande förenklingar av indata.

Växthuseffektens hantering som miljöfråga är en tillämpning av försiktighetsprincipen. Det innebär att vid grundad misstanke om allvarliga eller irreversibla effekter skall inte tekniskt, ekonomiskt och socialt rimliga åtgärder anstå tills full vetenskaplig klarhet har vunnits. I detta skede är det inte enbart vetenskap som avgör om och vilka åtgärder som skall vidtas. Samhällets värderingar måste förenas med bästa tillgängliga fakta. Varken strikt traditionell vetenskap eller politik har redskap att ensamma överföra den vetenskapliga informationen från ett flertal discipliner till objektivt optimala beslut om åtgärder.

Inom FN:s klimatorgan, IPCC, hanteras detta dilemma genom att forskare från många discipliner samverkar i ansträngningarna att presentera den kunskap och visdom som kan härledas ur de samlade forskningsresultaten så att detta kan föras vidare mot opinionsbildare, politiker och allmänhet på ett sätt som motsvarar hur dessa skulle ha tagit till sig forskningsresultaten givet att de samtliga läst in sig till experter. Denna problematik är inte unik för växthuseffekten. Växthuseffekten kan dock vara vårt bästa exempel genom att det är en global fråga som berör många vetenskaper, har långa ledtider och griper in i grundläggande samhällsfunktioner, ekonomiskt i rika länder, och potentiellt på grundläggande livsuppehållande funktioner i fattiga länder.

Den oenighet i litteratur och debatt som synes föreligga kan troligen till stor del förklaras med ovana och oklara roller och kriterier i arbetet för dem som arbetar med synteser mellan olika traditionella vetenskaper och framtagande av konkret beslutsunderlag innan det finns exakt vetande.

Växthuseffekten och klimatet

Klimatet är resultatet av ett komplicerat samspel mellan processer i luft, vatten och ekosystem. Klimatet är variabelt. I det korta perspektivet finns en slumpvis variabilitet. Dessutom förekommer förändringar över årtionden, århundraden och årtusenden. Det mest dramatiska är återkommande istider med mellanliggande varma perioder. Efter senaste istiden var det varmare än i dag för 1000 - 15000 år sedan och betydligt kallare under "den lilla istiden" för några århundraden sedan.

Under det senaste århundradet har den globala medeltemperaturen ökat med ca en halv grad. Det mesta av ökningen skedde fram till 1940, varefter temperaturen var oföränd-

rad eller svagt fallande fram till ca 1970. Därefter har temperaturen enligt markbaserade mätningar stigit med ca 0,2 grader fram till i dag. (Ej verifierat av temperaturmätningar från satellit.)

Ingen ifrågasätter att klimatet har en betydande variabilitet av andra orsaker än utsläpp av växthusgaser. När vi talar om växthuseffekten så är frågan huruvida utsläpp av växthusgaser och därav följande förändring av värmestrålningsbalansen kommer att påverka klimatet så att det ändrar sig på ett annat sätt än det eljest skulle ha gjort och om detta får allvarliga konsekvenser.

Dessa frågor söker man besvara genom att i modeller beskriva alla relevanta processer i luft och vatten inklusive de positiva och negativa återkopplingar man känner till. Resultaten tyder på att med nuvarande utsläpp kommer sannolikt jordens medeltemperatur under en hundraårsperiod att öka ett par grader jämfört med vad den skulle ha gjort utan utsläpp. Förändringen kommer att vara olika geografiskt sett: mindre uppvärmning nära ekvatorn och betydligt större över land närmare polerna.

Nederbördens mängd och fördelning kan också väntas förändras.

Havsytan kan som medelvärde stiga ca en halv meter. Detta är den sammanlagrade effekten av värmeutvidgning vid högre temperatur, avsmältning av is och eventuell upplagring av mer vatten i Antarktis (kan bli följden av högre temperatur men fortfarande under fryspunkten).

Förändringarna kan, enligt modellberäkningarna, bli snabbare än de som förekommer av naturliga orsaker. Trots detta kan ekosystem i stort troligen uthärda förändringarna även om vissa arter kan hotas. Det gäller sådana som har svårt att följa med när klimatzoner förflyttas snabbt.

För människan kan effekterna bli mycket allvarliga, främst i fattiga länder som för försörjningen är beroende av jordbruk. I torra områden kan även en måttlig förändring av nederbörd och temperatur helt eliminera möjligheterna att bedriva jordbruk. Fattiga människor i låglänta kustområden hör också till dem som kan drabbas mycket hårt.

Varmare klimat kan medföra att tropiska sjukdomar och skadeinsekter kan utbreda sig till större områden.

För rika industriländer har man gjort försök att beräkna de ekonomiska följderna av en klimatförändring. Dessa beräkningar antyder kostnader motsvarande någon eller ett par procent av BNP. För ett land som USA handlar det om mer luftkonditionering, något mindre värmebehov i de norra delarna samt kanske ett betydande bortfall av skördar, främst i de torkkänsliga delarna av prärien.

Möjliga motåtgärder

Är det möjligt att med olika åtgärder förhindra klimatförändringar orsakade av användning av fossila bränslen? Ett flertal olika åtgärder har studerats.

Avskiljning av koldioxid och deponering

Tekniskt är det möjligt att i samband med energiutvinning separera ett fossilt bränsles innehåll av kol. Man får då enorma mängder koldioxid. Tidigare riktades intresset mest mot deponering i djuphavet. I dag ses detta som mindre realistiskt, bl a på grund av allmänt motstånd mot dumpning i hav, särskilt som de ekologiska effekterna på livet i djuphavet är okända. Deponering i olje- och gaskällor är fullt möjligt. Akvifärer på större djup än 800 meter är också möjliga och har så stor kapacitet att tillgången på sådana inte skulle bli gränssättande under överskådlig tid. Tekniken demonstreras se-

dan en tid i full skala vid Sleipnerfältet i Nordsjön där 1 Mton koldioxid årligen avskiljs från naturgasen och injekteras i en akvifär.

Avskiljning och deponering i samband med förbränning skulle innebära mycket höga kostnader och kraftigt sänka totalverkningsgraden i kraftverken.

Gödsling av världshaven

Det finns områden i världshaven, t ex Sydishavet, ekvatorialdelen av Stilla havet och Alaska gulfen, där tillväxten av plankton är liten trots god näringstillgång. Orsaken är brist på järn. I försök har tillförsel av järn i öppna havet resulterat i planktontillväxt motsvarande bindning av 200 ton koldioxid per ton tillfört järn. I den mån den bildade biomassan förs ner till djupare delar av havet skulle detta innebära bortförsl från atmosfären. Rimligen skulle följden också bli förbrukning av syre på större djup.

En möjlig förklaring till varför koldioxidhalten i atmosfären tillfälligt minskade efter vulkanen Pinatubos utbrott, skulle kunna vara att stoftutsläpp från vulkanen tillfälligt gödslat havet med ökad alg tillväxt som följd.

Skogsodling

Genom skogsplantering m m kan man öka mängden kol bundet i mark och vegetation. Om skogsodling bedrevs så att världens skogar ökade med 10 % skulle kanske 60-90 miljarder ton kol kunna bindas fram till år 2050. Det motsvarar ca 10 års förbrukning av fossila bränslen.

Frågor och påståenden i debatten

Har det blivit varmare?

Temperaturen mäts dels med traditionella meteorologiska observationer vid markytan, dels sedan 1979 även från satelliter. Enligt mätningarna gjorda från marken har medeltemperaturen ökat med 0,2 grader de senaste 20 åren. Detta bekräftas emellertid inte av mätningar från satellit. Dessa visar ursprungligen samma genomsnittstemperatur som markmätningarna men successivt har en differens mellan de två mätmetodernas resultat växt fram så tillvida att satellitmätningarna ej registrerat någon temperaturhöjning. Det råder enighet om att så är förhållandet och att förklaringar saknas.

Har människans utsläpp bidragit till varmare klimat?

Det är mycket svårt att avgöra om en förändring i jordens medeltemperatur är orsakad helt eller delvis av utsläppen av växthusgaser. Ingen har med auktoritet hävdat att det är visat att hittillsvarande utsläpp redan påverkat temperaturen. IPCC har dock i rapporten 1995 angivit "The balance of evidence suggests a discernible human influence on global climate". Bakgrunden till denna skrivning – som kritiserats för att gå väl långt – är att under det senaste årtiondet har temperaturen i medeltal varit högre än någonsin tidigare uppmätt; och detta trots den avkylande effekten av stoftutsläppet från vulkanen Pinatubos utbrott.

Stiger koldioxidhalten i atmosfären?

Koldioxidhalten i atmosfären mäts noggrant och man registrerar på respektive halvklot effekten av upptag i vegetationen under sommaren och en snabbare ökning under vintern kopplat till förmultning av biomassa och större användning av fossila bränslen. Antydningar att mätningarna är osäkra och den ökande trenden en artefakt kan enkelt tillbakavisas.

Det är variationer i solens aktivitet och inte växthusgaserna som styr jordens medeltemperatur!

Det finns en mycket stark korrelation mellan solfläckscykeln längd och uppmätt medeltemperatur vid jordytan. Det råder konsensus om existensen av detta samband men det har knappast ens presenterats en rimlig teori för hur solfläckscykeln längd skulle kunna inverka på jordens temperatur. Uppmätta fluktuationer i energiflödet från solen förefaller inte kunna förklara de variationer i temperatur som förekommit.

Även om detta är ett orsaksamband och solfläckarna är förklaringen till den naturliga variabiliteten i klimatet, så innebär ju inte detta att ökad halt av växthusgaserna inte skulle leda till framtida klimat som skulle variera på annat sätt än den naturliga variationen.

En möjlig förklaring till hur solen skulle kunna påverka temperaturen har presenterats på senare tid. Enligt denna teori avleder solvinden den kosmiska strålningen så att den ej träffar atmosfären. Detta innebär att vid starkare energiflöde från solen träffas atmosfären av mindre mängd kosmisk strålning. Detta får till följd att jonisering och därmed bildning av kondensationskärnor minskar. Resultatet blir mindre moln och därmed mindre reflexion av inkommande solstrålning. Nettoeffekten skulle vara en förstärkande effekt, varigenom ökning i solaktivitet får starkare genomslag på energiflödet till jorden.

Isotopsammansättning visar att fossila bränslen inte har ökat halten av koldioxid i atmosfären!

Koldioxid som kommer från fossila bränslen har en annan isotopsammansättning än koldioxid som finns naturligt i atmosfären. Enligt IPCC har koldioxidhalten ökat från 280 till 365 ppm, huvudsakligen genom utsläpp från fossila bränslen.

Isotopsammansättningen i koldioxiden i atmosfären antyder dock att endast en mindre andel av kolatomerna i atmosfären kommer från fossila bränslen. Det sker dock hela tiden ett utbyte av koldioxid mellan atmosfären och havsvatten respektive biomassa. En stor del av det kol som frigjorts från fossila bränslen kan därför ligga bundet i organisk substans i vegetation och mark respektive i havet.

Vid jämvikt är nästan all koldioxid löst i världshaven och därför kan inte användning av fossila bränslen leda till högre koldioxidhalt i luften!

Alla är överens om att vid jämvikt förhåller det sig så. Det är dock en lång ledtid innan denna jämvikt nås, eftersom omblandning mellan havens ytskikt och djuphavet sker långsamt, 500 - 1000 år. Problemet med växthuseffekten är att med pågående användning av fossila bränslen blir halten i atmosfären förhöjd under några århundraden innan jämvikt inställer sig.

Djuphavets förmåga att gömma koldioxid är grunden till att deponering av koldioxid i havet har diskuterats som ett sätt att motverka växthuseffekten

Det är temperaturen som styr koldioxidhalten i atmosfären!

Det föreligger ett historiskt samband mellan temperatur och koldioxidhalt. Det finns mekanismer varmed ökad temperatur kan leda till att mer koldioxid överförs till atmosfären. Exempel på detta är att vid högre temperatur löser havet mindre koldioxid och högre temperatur kan följas av torrare betingelser med mindre fotosyntes eller oxidation av organiskt material i marken.

Om även det omvända gäller, dvs att ökad koldioxidfrigörelse kan leda till ökad temperatur, så innebär det att mekanismerna kan leda till en förstärkning av konsekvenserna av koldioxidutsläpp från fossila bränslen.

På norra halvklotet stiger halten av koldioxid under vinterhalvåret samtidigt som det är kallt!

Fotosyntesen binder mycket kol under sommaren och under hösten frigörs en hel del genom biologisk förmultning. Samtidigt använder vi mer fossila bränslen för uppvärmning på vintern. Detta leder till att koldioxidhalten varierar med årstiderna kring den långsiktiga ökande trenden. Vinterns kalla väder är orsakat av årstiden, jordaxelns lutning, och detta har inget med den långsiktiga växthuseffekten att göra.

9 (14)

9

6.6 Materiella skador

Svaveldioxid, och därav bildad svavelsyra, orsakar materiella skador, men även kväveoxider och sot har en bidragande verkan.

Gjutjärn, stål, zink, marmor, kalksten och sandsten hör till de material som särskilt starkt angrips av svaveldioxid. I Stockholm har korrosionshastigheten på metallföremål mätts år för år och det kan konstateras att det var som värst år 1963. I dagsläget är dessbättre angreppen så små att mätstationerna för korrosion har måst flytta till andra platser.

I Grekland och Italien har skadorna på antika byggnader varit större under 1900-talet än under hela den samlade tidigare tiden. Även i Sverige och i många länder på kontinenten noteras omfattande skador på kulturbyggnader. Skadorna uppkommer genom att svaveldioxiden omvandlar kalciumkarbonat till gips, som lätt vittrar och tvättas bort av regn. Detta drabbar allt från skulpturer och kyrkoportaler från medeltiden fram till vår tids byggnadsverk.

6.7 Kostnader för luftföroreningar i Sverige

Kostnaderna för den miljöpåverkan som uppstår vid produktion av en vara eller vid framställning av t ex elenergi brukar kallas externa kostnader, på engelska external costs. Sådana kostnader inkluderas normalt inte i en varas pris av de enkla skälen att det är svårt att uppskatta storleken på kostnaden och att det är oklart vem som skall ha den ekonomiska ersättningen för miljöpåverkan.

I detta avsnitt skall redovisas en sammanställning som Naturvårdsverket gjort (Ref. 6.1) av de kostnader som samhället åsamkas genom luftföroreningar av olika slag. Kostnaderna gäller för Sverige i sin helhet och är baserade på den luftföroreningssituation som råder i dag. Sambandet mellan kostnaderna och de emissioner som orsakar nuvarande immissionsbild behandlas ej i Naturvårdsverkets rapport.

En ekonomisk utvärdering av en viss miljöpåverkan från luftföroreningar omfattar i princip tre steg:

- Steg 1. Kartläggning av immissionsbilden, dvs geografisk och tidsmässig koncentration av resp luftförorening.
- Steg 2. Framtagande av dos/respons-funktioner, dvs att omsätta en viss immission till en miljöskada eller hälsoeffekt.
- Steg 3. Att sätta pris på miljöskadan eller hälsoeffekten.

6.5

Inverkan på klimatet

Miljöfrågor kräver ...

... växthuseffekten att göra.

14

(Red:s tillägg: Exempel på en skrift som i relativt populär form ifrågasätter en del av IPCC's slutsatser är ref 6.3. Skriften har sponsrats och getts ut av Elforsk)

Speciellt stegen 2 och 3 omfattar många osäkerhetsmoment. Således diskuteras mycket huruvida det finns tröskelvärden för hälsoeffekter eller om det råder linjära samband ända ner till noll. Av försiktighetsskäl räknar man oftast med linjära samband, dvs varje liten ökning av immissionsnivån ger en viss ökning av t ex cancerfrekvensen i en population.

Steg 3 är om möjligt ännu svårare än steg 2. Vissa miljöskador är sådana att de kan värderas på marknadsmässiga grunder. Således kan minskad skogstillväxt värderas genom att det finns marknadspriser på skogsprodukter som t ex timmer eller massa-ved.

För s k kollektiva varor som luftkvalitet, vattenkvalitet, biologisk mångfald och historiska monument finns inget marknadspris att basera värderingen på utan andra metoder får tillgripas. En sådan metod är att uppskatta människors betalningsvilja för en viss miljötillgång. Ett enkelt exempel är skillnaden i vad man vill betala för ett hus i bullrig miljö jämfört med vad man är villig att betala för ett likvärdigt hus i bullerfri miljö. Skillnaden i pris är ett mått på "bullerkostnaden".

Betalningsviljan kan i andra fall uppskattas genom enkäter till ett slumpmässigt urval av individer, på engelska Contingent Valuation Method (CVM). Man kan då antingen fråga vad folk är villiga att betala för att återställa en viss miljö till ursprungligt skick eller villiga att betala för att undvika en viss miljöskada.

En annan metod för att prissätta miljöskador är att titta på kostnadssidan. Vad är t ex kalkningskostnaden för att återställa en försurad sjö eller ett söndervittrat historiskt monument?

När det gäller människans hälsa kan de ekonomiska konsekvenserna bedömas utifrån sjukfrånvaro, sjukhusbesök, vårdkostnad etc. Värdet av ett "statistiskt liv" brukar uppskattas när värderingen sker utifrån hälsoeffektens påverkan på dödligheten. Humanvärdet, som det också kallas, har räknats fram av Vägverket som en rimlig åtgärds-kostnad för att undvika ett dödsfall i trafiken. I Sverige skattas ett statistiskt liv till ca 14 miljoner kronor.

I tabell 6.3 visas resultat från hittills utförda studier avseende samhällets kostnader för luftföroreningar. De föroreningar som beaktats är svaveldioxid (SO_2), kväveoxider (NO_x), ozon (O_3) och partiklar (PM_{10}). Ämnen som bidrar till växthuseffekten eller bryter ner ozonlagret i stratosfären har ej beaktats och ej heller tungmetaller eller stabila organiska miljögifter. Eftersom trafiken i tätorterna är den huvudsakliga orsaken till hälsoeffekter har endast bidraget från bilavgaser beaktats i sammanställningen.

Som framgår av tabell 6.3 finns det fortfarande stora luckor i kunskapen om luftföroreningarnas ekonomiska konsekvenser. Med utgångspunkt från tabellen kan man emellertid konstatera att kostnaderna uppgår till minst summan av de enskilda angivna värdena, dvs till minst 13 miljarder kronor per år.

Tabell 6.3. Samhällets kostnader orsakade av luftföroreningar i Sverige. Milj. kr/år

Skadeobjekt	Värderingsmetod	SO ₂	NO _x	O ₃	PM ₁₀
Biologisk mångfald		e.k.	e.k.	e.k.	i.e.
Sjöar och vattendrag	Återställandekostnad	130	70	i.e.	i.e.
Skog	Marknadspris timmer	550	250	e.k.	i.e.
Grödor	Marknadspris	e.k.	e.k.	1 100	i.e.
Grödor	Återställandekostnad	3	2	e.k.	i.e.
Yrkesfiske	Skadekostnad/marknadspris	e.k.	358	i.e.	i.e.
Sportfiske	Betalningsvillighet, CVM	e.k.	1970	i.e.	i.e.
Hälsa	Betalningsvillighet, CVM	Bilavgaser (NO _x , VOC, part) 6600			
Byggnader och material	Skadekostnader	1 885	e.k.	e.k.	i.e.

e.k. = ej kvantifierat

i.e. = ingen effekt

Referenser

6.1 Naturvårdsverket
Luftföroreningar - vad kostar de samhället?
SNV-rapport nr 4592, Juni 1996

6.2 Författare till avsnitt 6.5:
Sven-Olov Ericson
Vattenfall Utveckling
November 1997

✓ 6.3. Wibjörn Karlén et al.
Jordens klimat - naturliga variationer
och mänsklig påverkan
Eiforsk 1993



7 REGELVERK

Det finns såväl internationella som nationella regelverk som styr miljörelaterad verksamhet. På det internationella planet finns således överenskommelser som främst rör gränsöverskridande luftföroreningar och inom EU finns direktiv och förordningar gällande bl a maximala utsläpp och hur de bör reduceras framöver.

På det nationella planet finns hela skalan från övergripande uttalanden av riksdagen ner till lokala föreskrifter i den enskilda kommunen.

I detta kapitel redovisas förekomsten av olika internationella och nationella regelverk, medan i kapitlena 8 och 9 redovisas innehållet i reglerna vad avser immissions- och emissionsnivåer.

7.1 Internationella överenskommelser

1979 undertecknades inom ramen för FN:s ekonomiska kommission för Europa, ECE, en **konvention om långväga gränsöverskridande luftföroreningar**. Inom konventionen har träffats ett antal överenskommelser i form av protokoll om att minska bl a de nationella utsläppen av svavel och kväveoxider. Sverige har undertecknat och ratificerat dessa protokoll.

Ett **första svavelprotokoll** beslutades i juli 1985 där deltagande länder åtog sig att sänka de årliga svavelutsläppen med 30 % fram till senast 1993 med utgångspunkt från 1980 års nivå. I maj 1994 var protokollet ratificerat av 21 länder.

Ett **andra svavelprotokoll** undertecknades i juni 1994. Här har för varje land angetts utsläppstak åren 2000, 2005 och 2010. För Sveriges del innebär utsläppstaket år 2000 en reduktion med 80 % jämfört med år 1980.

I oktober 1988 undertecknades ett **kväveprotokoll**. Av 26 deltagande länder hade i maj 1994 24 länder ratificerat protokollet. Protokollet innebär att varje nation senast år 1994 skall ha stabiliserat sina kväveoxidutsläpp på 1987 års nivå. Ett nytt och mer omfattande kväveprotokoll beräknas vara färdigställt under 1997.

Ett **VOC-protokoll** undertecknades hösten 1991. VOC står för flyktiga organiska kolväteföreningar och enligt protokollet skall de nationella VOC-utsläppen till år 1999 ha reducerats med 30 % jämfört med något av åren 1984-1990.

Vid FN:s miljökonferens i Rio de Janeiro 1992 presenterades en **konvention om klimatförändringar**, den s k Riokonventionen. Målet är att industriländernas utsläpp av växthusgaser, såsom koldioxid, vid sekelskiftet ej skall överstiga 1990 års nivå. De stater som ansluter sig till konventionen åtar sig dessutom att bevara och utveckla möjligheterna att binda växthusgaser, t ex i skog. Sverige har undertecknat och ratificerat denna konvention.

Sverige har också undertecknat Montrealprotokollet som sorterar under Wienkonventionen för skydd av ozonskiktet. Där anges en rad förbud och begränsningar mot användandet av freoner.

7.2 EU-direktiv

Inom EU utfärdar ministerrådet direktiv och förordningar, EU-kommissionen tar initiativ till ny lagstiftning och EU-domstolen fungerar som uttolkare vid tvister och bedömer om nationella miljölagstiftningen svarar mot direktiven. Enskilda länder kan ha strängare regler än de EU sätter upp, men de får inte störa den fria handeln.

EU's direktiv om stora förbränningsanläggningar (> 50 MW) berör dels nationella luftföroreningsutsläpp, dels utsläpp från enskilda anläggningar. Begränsningarna i nationella luftföroreningsutsläpp avser totalutsläppen från anläggningar med tillförd effekt större än 50 MW och med drifttillstånd utfärdade före 1 juli 1987.

Begränsningarna i utsläpp från enskilda anläggningar är implementerade i svensk lagstiftning.

Förslag till nytt direktiv skulle vara utarbetat till 1 juli 1995 men har försenats.

7.3 Nordisk handlingsplan

De nordiska länderna utarbetade år 1990 en handlingsplan mot luftföroreningar, Som mål för t ex kväveoxidutsläppen har satts att dessa skall reduceras med 30 % för tidsperioden 1980-1998.

7.4 Sverige. Övergripande

På det nationella planet regleras miljöfrågorna dels genom av riksdagen antagna mål vad gäller utsläpp av olika föroreningar dels genom lagar som i sin tur resulterar i förordningar, föreskrifter, rekommendationer o dyl.

Lagstiftningen kan indelas i fyra områden:

- Plan- och marklagstiftning
- Skyddslagstiftning
- Lagstiftning om utvinning av naturresurser
- Lagstiftning om vissa anläggningar

Miljöfrågor behandlas således i många olika lagar. Avsikten är att samla det stora flertalet miljöfrågor i en gemensam lag och för den skull har ett förslag till Miljöbalk tagits fram. Förslaget har varit ute på remiss och enligt nu gällande planer skall den nya miljöbalken träda i kraft under 1998. En närmare redovisning av dess innehåll kommer att ske i samband med nästa revision av miljöhandboken.

7.4.1 *Svenska miljömål*

Riksdagen har i enlighet med prop 1993/94:111 beslutat följande vad gäller de årliga utsläppen av förorenande ämnen:

- Utsläppen av **svavel** skall minska med 80 % till år 2000 jämfört med utsläppen år 1980. Redan 1994 hade utsläppen reducerats med 80 %.
- Utsläppen av **kväveoxider** skall minska med 30 % till år 1995 jämfört med utsläppen år 1980. Målet har ej uppnåtts främst beroende på att utsläppen från trafiken ej minskat i den takt som var tänkt.
- Utsläppen av **ammoniak** skall minska med 25 % till år 1995 jämfört med utsläppen år 1980. Ambitionen är att halvera utsläppen till år 2000. Målet kommer inte att uppnås beroende på ökat antal djur och övergång från flytande till fast gödsel, som avger mer ammoniak.
- Utsläppen av **koldioxid** skall år 2000 ha stabiliserats på 1990 års nivå för att därefter minska. Målet kommer troligen ej att kunna nås. Efter att utsläppen varit konstanta under några år ökar de nu igen.

- Utsläppen av **flyktiga organiska kolväten (VOC)** skall minska med 50 % till år 2000 jämfört med utsläppen år 1988. Det är osäkert om målet kan nås, bl a beroende på svårigheter att minska utsläppen från småskalig vedeldning.
- Mellan åren 1985 och 1995 skall utsläppen av **kvicksilver kadmium och bly** minska med 70 % och utsläppen av **koppar, zink, nickel, krom och arsenik** minska med 50 %. Målet för kadmium nås troligen först år 2000. Målet för nickel kan ej heller nås 1995 och ingen prognos finns för när målet kan vara uppnått. Målen för övriga metaller kan troligen uppnås 1995.
- All spridning av kvicksilver, kadmium och bly till naturen skall på sikt upphöra helt.

7.4.2 Plan- och marklagstiftning

Denna lagstiftning reglerar användningen av mark- och vattenområden. Även föremål som fysiskt hör samman med marken (byggnader, formlingen etc) omfattas av lagarna.

Inom området finns bl a följande lagar och förordningar.

- *Lagen (1987:12) om hushållning med naturresurser* (Naturresurslagen, NRL). Lagen syftar till att bevara en god natur- och kulturmiljö, att långsiktigt trygga landets försörjning med naturresurser och att främja ett ändamålsenligt samhällsbyggande.
- *Förordningen (1991:738, 1992:445) om miljökonsekvensbeskrivningar* (MKB-förordningen). Syftet med en MKB är att utgöra en del av beslutsunderlaget i ett miljöärende.
- *Plan- och bygglagen (1987:10) (PBL)*. Lagen innehåller bestämmelser om planläggning av mark och vatten samt om byggande (bygglov m m).
- *Naturvårdslagen (1964:822) och Naturvårdsförordningen (1976:484)*. Lagen och förordningen medger skydd och bevarande av vissa typer av områden, naturminnen, växt- och djurarter, friluftslivet och naturmiljön. Områden kan skyddas och vårdas genom inrättande av nationalpark, naturreservat eller naturvårdsområde.

7.4.3 Skyddslagstiftning

Skyddslagstiftningens huvudsakliga uppgift är att skapa skydd mot föroreningar, buller och andra miljöstörningar från industrier, energianläggningar, fordon, jordbruk, skogsbruk m m.

De viktigaste lagarna och förordningarna är följande:

- *Miljöskyddslagen (1969:387) och Miljöskyddsförordningen (1989:364)* som syftar till att förebygga och undanröja störningar i den yttre miljön. De gäller om risk finns för förorening av mark eller vatten samt för luftföroreningar, buller och andra omgivningsstörningar om de ej är av tillfällig art. Här innefattas även tillståndskontroll o dyl.
- *Hälsoskyddslagen (1982:1080) och Hälsoskyddsförordningen (1983:616)* som syftar till att förhindra uppkomsten av sanitära olägenheter som kan vara skadliga för människans hälsa.

- *Lagen (1985:426) om kemiska produkter.* Lagen och ett antal därtill hörande förordningar har tillkommit för att förhindra försämringar i människors hälsa eller på miljön, orsakade av kemiska produkter.
- *Renhållningslagen (1979:596) och Renhållningsförordningen (1990:984)* syftar till att förebygga att olägenheter från hälso- och miljösynpunkt uppstår på grund av avfallshantering. Lagen reglerar den kommunala hanteringen av avfall samt ställer upp krav på källsortering och avfallsplaner. Den behandlar även producentansvaret.
- *Lagen och förordningen om svavelhaltigt bränsle (1976:1055)* reglerar maximal svavelhalt i vissa bränslen samt maximala svavelutsläpp för olika typer av anläggningar.
- *Bilavgasförordningen (1991:1481)* föreskriver minimikrav vad gäller utsläpp från personbilar samt lättare och tyngre lastfordon. Förordningen innehåller även bestämmelser för miljöklassning av fordon.

7.4.4 Lagstiftning om utvinning av naturresurser

Lagstiftningen har som syfte att dels reglera rätten till naturresurser, dels reglera exploateringen av naturresurserna.

Exempel på lagar ges nedan:

- 1983 års vattenlag
- 1974 års lag om vissa torvfyndigheter
- 1966 års lag om kontinentalsockeln
- 1987 års jaktlag

7.4.5 Lagstiftning om vissa anläggningar

Dessa lagar har som syfte att uppnå en för samhället rationell utbyggnad av i första hand distributions- och kommunikationssystem. Här finns även **fastbränslelagen från 1981** som föreskriver att vissa oljeeldade anläggningar måste förberedas för eldning med fasta bränslen. Lagarna innehåller mycket lite om skydd för yttre miljön.

7.4.6 Övriga lagar

Owe: *Jag har hört att den inte gäller längre. Kan du kolla?

Slutligen skall nämnas lagen om skatt på energi (SFS 1994:1776). Lagen trädde i kraft den 1 januari 1995 i samband med Sveriges inträde i EU och ersatte då lagarna om svavel-, koldioxid-, allmän energi- samt bensinskatt. Lagens innehåll behandlas närmare i kapitel 11 Ekonomiska styrmedel.

7.5 Sverige. Regionala och lokala föreskrifter

På regional och i vissa fall även lokal nivå, har miljövårdsprogram utarbetats.

7.5.1 Regionala miljövårdsprogram

Riksdagen har uttryckt önskemål om att länsstyrelserna skall utarbeta regionala miljövårdsprogram baserat på de nationella miljömålen. Mallar för hur detta arbete bör

struktureras har tagits fram av Naturvårdsverket. De flesta länen har i dagsläget tagit fram regionala miljövårdsprogram.

7.5.2 Lokala miljövårdsprogram

På kommunal nivå har i vissa fall lokala miljövårdsprogram utarbetats. Dessa bör vara kopplade till de regionala miljövårdsprogrammen.

I de flesta kommuner pågår även arbete med Agenda-21. Agenda-21 är ett handlingsprogram för en "hållbar utveckling" inmot det 21:a århundradet, och antagits vid FN:s konferens i Rio 1992. Programmet behandlar såväl miljö- och naturresursfrågor som sociala och ekonomiska frågor. För att förverkliga miljömålen i programmet har lokala myndigheter tilldelats en nyckelroll. Ett huvudsyfte med de lokala agendorna är att mobilisera alla kategorier - privatpersoner, företag och organisationer - i en frivillig samverkan för att ta fram ett långsiktigt och långtgående handlingsprogram för miljön, anpassat till de lokala förhållandena. I dag pågår Agenda-21 arbete i de flesta kommuner i Sverige. Vart fjärde år skall en opartisk revision göras för att fastställa i vilken grad målen har uppnåtts. Det finns dock inga sanktioneringsmöjligheter mot dem som ej uppfyller målen.



8 ~~RIKTLINJER~~

8.1 Riktlinjer för utomhusluft

Ett vanligt mått på luftkvaliteten är mängden av en viss förorening per volymenhet luft, t ex $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Detta mått kallas också, som tidigare nämnts, immissionen.

Maximalt tillåtna halter kan anges som riktvärden eller gränsvärden. Ett riktvärde är vägledande men inte bindande. Om det överskrids mer än tillfälligt bör det föranleda åtgärder så att inte överskridandet upprepas.

Med gränsvärde menas ett värde som inte får överskridas. Om det kan antas att gränsvärdena kommer att överskridas i t ex en kommun, så är det kommunens skyldighet att utföra mätningar (§ 14 a i hälsoskyddslagen).

Gräns- och riktvärden anges ofta som percentiler, vilket innebär att de får överskridas under en viss procent av tiden. Med 98-percentil för vinterhalvåret menas således att värdet får överskridas under maximalt 2 % av vinterhalvårets tid. Eftersom ett halvt år är 4.380 timmar så får alltså uppgivet rikt- eller gränsvärde endast överskridas 87 timmar under tiden oktober-mars.

I tabell 8.1 visas nu gällande gränsvärden och riktvärden för utomhusluft i tätorter med avseende på koloxid, kvävedioxid, svaveldioxid, sot och partiklar.

Tabell 8.1. Gräns- och riktvärden för luftkvalitet i tätorter. (Ref 8.1)

Ämne	Gränsvärde	Riktvärde	Medelvärdes-tid	Anmärkning
Koloxid		6 mg/m^3		98-percentil för vinterhalvår Glidande medelvärde
Kvävedioxid	110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		1 timme 1 dygn vinterhalvår	98-percentil för vinterhalvår 98-percentil för vinterhalvår Aritmetiskt medelvärde
Svaveldioxid	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		1 timme 1 dygn vinterhalvår	98-percentil för vinterhalvår 98-percentil för vinterhalvår Aritmetiskt medelvärde
Sot	90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		1 dygn vinterhalvår	98-percentil för vinterhalvår Aritmetiskt medelvärde
Partiklar ¹⁾ (TSP och PM 10)		110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 dygn halvår	98-percentil för vinterhalvår Aritmetiskt medelvärde

TSP = totala mängden svävande partiklar
PM10 = inandningsbara partiklar

1) För partiklar saknas tillräckligt underlag för att fastställa riktvärden. Värdena för partiklar är därför s k bedömningsgrunder. Institutet för miljömedicin har i ett kriteriadokument (Ref 8.2) rekommenderat 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ som högsta vinterhalvårsmedelvärde. EU är i färd med att fastställa ett gränsvärde för PM 10.

Halten av marknära ozon regleras i EU-direktivet 97/72/EEC. Sverige tillämpar detta direktiv och aktuella värden framgår av tabell 8.2

Tabell 8.2. Marknära ozon . (Ref 8.3)

	Ozon-halt $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Medelvärdes- tid
Skydd av vegetation, max	65	24 h
Skydd av hälsa, max	110	8 h
Skyldighet att informera allmänheten	180	1 h
Skydd av vegetation, max	200	1 h
Skyldighet att varna allmänheten	360	1 h

8.2 Riktlinjer för inomhusluft

För luftkvalitet inomhus gäller för arbetslokaler 4 § Arbetsmiljölagen och 18 § arbetsmiljöförordningen (SFS 1977:1166). Luftkvaliteten regleras via Arbetarskyddsstyrelsens anvisningar, AFS 1993:5 – Ventilation och luftkvalitet.

Vad avser lokaler där luftföroreningar i huvudsak uppkommer genom personbelastning, kan koldioxidhalten, enligt AFS 1993:5, användas som en generell indikator på luftkvaliteten. I sådana lokaler eftersträvas en koldioxidhalt < 1.000 ppm.

Vid ventilation av lokaler skall tilluften vara så fri från föroreningar som är praktisk möjligt. Dess halt av luftföroreningar skall vara väsentligt lägre än de hygieniska gränsvärdena (där sådana finns). Vid arbete eller process som ger upphov till luftföroreningar (AFS 1995:5, 9 §) som innehåller ämnen upptagna i grupp A eller B i bilaga 2 till AFS kungörelse med föreskrifter om hygieniska gränsvärden (AFS 1990:13), får dessa inte återföras via återluft, överluft eller cirkulationsluft.

Verksamhet i arbetslokal kräver ibland speciella åtgärder för att hålla luftföroreningarna nere. Dessa kan vara utbyte av använda kemikalier, processtekniska förändringar, maskintekniska åtgärder eller ventilation. Allmänna bestämmelser om bl a processventilation finns i Arbetarskyddsstyrelsens kungörelse om åtgärder mot luftföroreningar till förebyggande av ohälsa (AFS 1980:11).

8.3 Teknik för mätning av luftkvalitet utomhus (Ref 8.4)

Det finns ingen "universell" teknik för mätning av luftkvalitet som kan användas i alla sammanhang. Den teknik som används är beroende dels av vilket förorenande ämne man vill mäta, dels av i vilket syfte man mäter.

Olika ämnen reagerar på olika sätt kemiskt och provtagningen måste anpassas så att det sökta ämnet kan fångas in. Provtagningen måste också ske på ett sådant sätt att det går att bestämma halten i luft, uttryckt i t ex $\mu\text{g}/\text{m}^3$, utifrån den mängd av ämnet som finns i provet. Detta betyder att den luftvolym som provtagits måste vara känd.

Tekniken måste väljas för att passa syftet med mätningen. I de fall mätningen görs med syfte att kontrollera eventuella överskridanden av gränsvärde eller riktvärde skall mätteknik väljas som ger resultat med minst samma tidupplösning som gräns- eller riktvärdet anger. Är målsättningen t ex att kontrollera entimmesvärden måste en mätteknik som medger bestämning av timmedelhalter (eller över kortare tid) användas. Är syftet å andra sidan att bestämma vinterhalvårsmedelvärden kan en teknik där man erhåller t ex månadsvärden användas.

Den provtagningssteknik som ger mätresultat med kortast tidsintervall, i storleksordningen minuter till enstaka timmar omfattar olika typer av kontinuerligt registrerande instrument. Dessa är automatiserade vad gäller provtagning och haltbestämning. Instrumenten kan vara uppkopplade via modem, så att mätresultat och instrumentets funktion kan fjärravläsas. Kalibrering av kontinuerligt registrerande instrument är nödvändigt med vissa tidsintervall, hur långa intervall är beroende av instrumenttyp samt av önskad noggrannhet i mätningen.

Vid mätning av dygnshalter kan andra s k aktiva provtagningsmetoder vara lämpliga. Aktiv metod innebär att luften sugas in till provtagningssubstratet (t ex impregnerat filter, absorptionslösning) med en pump. På detta sätt kan en relativt stor luftmassa passera, vilket gör att det sökta ämnet koncentreras i provet. En uppkoncentrering är nödvändig för att få så stor mängd av ämnet i provet att det går att bestämma vid t ex kemisk analys på laboratorium. Denna typ av provtagning kräver personal som hämtar provet efter exponering och som noterar den provtagna luftvolymen. Proverna transporteras sedan till ett laboratorium där analys sker.

Vid mätningar av föroreningshalter över längre tidsintervall, t ex över vecka eller månad, kan en passiv provtagningsmetod, diffusionsprovtagning, användas. I dessa fall bygger tekniken på att det sökta ämnet diffunderar till och absorberas i eller adsorberas på ett provtagningssubstrat. Diffusionshastigheten måste vara känd och den är bl a beroende på diffusionsprovtagarens utformning och på omgivande temperatur under provtagningen. Denna provtagningsmetod är enkel att använda eftersom den varken kräver elektrisk ström eller inomhusmontage. Diffusionsprovtagarna är små (diameter i storleksordning några cm) och kan placeras ut i de mest skilda miljöer.

En provtagningssteknik där mätresultat genereras ofta kan naturligtvis även användas då långtidsvärden skall bestämmas. Ur de erhållna resultaten kan medelhalter under önskad tidsperiod beräknas.

Nedan ges exempel på mättekniker för några olika ämnen i luft.

Koloxid (CO)

Bestämning av koloxidhalten i luft görs med en instrumentell metod där man utnyttjar koloxidens absorption i det infraröda området (IR). Provluftens sugas in i en gaskyvet och koloxidhalten bestäms genom registrering av provluftens absorption av ljuset från en IR-källa.

Kvävedioxid (NO₂)

Då korttidsvärden önskas mäts halten av kvävedioxid i luft som regel med ett kemiluminiscensinstrument. Metoden bygger på att inkommande kvävedioxidmolekyler exciteras till ett högre energitillstånd genom reaktion med ozon. Kvävedioxidhalten bestäms genom mätning av ljusalstringen när de exciterade molekylerna återgår till grundtillståndet

Kvävedioxidhalten i luft kan också mätas dygnsvis med aktiva metoder, t ex via absorption på ett impregnerat sintrat glasfilter, eller med diffusionsprovtagning över längre tidsintervall, där kvävedioxiden fångas upp på ett impregnerat pappersfilter.

Svaveldioxid (SO₂)

Svaveldioxid mäts instrumentellt med en metod som bygger på UV-fluorescens. En ljuskälla i UV (ultraviolett) området exciterar svaveldioxidmolekyler i provet som sugas in i instrumentet. När molekylerna återgår till grundtillståndet utsänds fluorescerande ljus. Genom att mäta fluorescensen kan halten av svaveldioxid i provet bestämmas.

För mätning av svaveldioxid på dygnsbasis utnyttjas aktiv provtagning där luften med en pump sugas via en absorptionslösning eller ett impregnerat filter. Svaveldioxidmolekylerna absorberas i lösningen eller på filtret och mängden kan sedan bestämmas genom kemisk analys.

Svaveldioxidhalten i luft kan också bestämmas med diffusionsprovtagare där svaveldioxidmolekylerna absorberas på ett impregnerat pappersfilter.

Sot

Sothalten i luft mäts via aktiv provtagning där omgivningsluften sugas genom ett pappersfilter där sotpartiklarna fastnar. Genom att avläsa svärtningsgraden på filtret, och med kännedom om den luftvolym som provtagits, kan sothalten bestämmas.

Partiklar

Mängden partiklar i omgivningsluft kan mätas med olika typer av instrumentella metoder. Ofta kan antingen korttidsvärden eller dygnsvärden bestämmas med ett och samma instrument. Provlufte sugas in i instrumentet via ett speciellt utformat luftintag. Vilken storlek av partiklar som fångas in bestäms av luftintagets utformning. De fraktioner som oftast mäts är TSP (partiklar < 160 μm) och PM_{10} (< 10 μm), men även $\text{PM}_{2,5}$ (< 2,5 μm) förekommer. Provlufte passerar ett utbytbart filter eller en rörlig filterremsa där partiklarna samlas upp. Detektion av mängden partiklar görs antingen i instrument där provets absorption av β -strålning registreras eller i instrument där insamlad massa på filtret vägs. De prover som samlats in på filter i instrumenten kan i många fall sedan användas för karaktärisering av partiklarna i laboratorium, t ex kemisk bestämning av metallhalter på partiklarna.

Halten TSP (Total Suspended Particulates) eller svävande stoft, kan förutom med instrumentella metoder även mätas genom att med hög lufthastighet suga provluft genom ett filter. Den höga lufthastigheten krävs för att partiklar i de större storleksklasserna skall fångas in. Mängden partiklar i provet bestäms genom noggrann vägning av filtret (gravimetrisk bestämning). Före provtagningen har det oexponerade filtrets vikt bestämts och mängden TSP är skillnaden mellan filtrets vikt före och efter exponering.

Ozon (O_3)

Ozon kan mätas med kontinuerligt registrerande instrument som bygger på principen att ozon absorberas i det ultraviolette ljusspektrat. Mätningar av ozon kan också göras med diffusionsprovtagare. Vid diffusionsprovtagning absorberas ozonmolekylerna på ett impregnerat filter.

Lätta kolväten, VOC (Volatile Organic Compounds)

Halten av lätta kolväten, t ex bensen, i luft kan bestämmas med korta tidsintervall (halvtimma till timma) om provtagningssteget är kopplat till en gaskromatograf. Provlufte sugas in till en adsorbent där kolvätena koncentreras. Efter detta koncentreringssteg värms adsorbenten upp och kolvätena desorberas (frigörs) och förs med en gasström in till analys i gaskromatografen.

Lätta kolväten provtas också i rör fyllda med ett kolväteadsorberande material, en adsorbent. Denna provtagning kan vara antingen aktiv, där en pump suger provtagningsluften genom röret och adsorbentmaterialet, eller passiv, då kolvätemolekylerna diffunderar in till adsorbenten. Proverna transporteras till laboratorium för kemisk analys. Analys sker sedan med gaskromatografi där de olika kolvätena separeras och kvantifieras.

Sammanfattning

De beskrivna metoderna återges sammanfattningsvis i tabell 8.3.

Tabell 8.3 Översikt över provtagningsteknik för olika ämnen och ungefärligt provtagningsintervall

Ämne	Korttid (~ timma)	Dygn	Långtid (~ månad)
Koloxid (CO)	<i>Instrument:</i> IR-absorption		
Kvävedioxid (NO ₂)	<i>Instrument:</i> kemiluminiscens	<i>Aktiv provtagning:</i> impregnerade glasfilter	<i>Diffusionsprovtagning:</i> impregnerade filter
Svaveldioxid (SO ₂)	<i>Instrument:</i> UV-fluorescens	<i>Aktiv provtagning:</i> impregnerade filter eller absorptionslösning	<i>Diffusionsprovtagning:</i> impregnerade filter
Sot		<i>Aktiv provtagning:</i> pappersfilter	
Partiklar (TSP och PM₁₀)			
- TSP	<i>Instrument:</i> Absorption av β-strålning eller vägning	<i>Instrument:</i> Absorption av β-strålning eller vägning <i>Aktiv provtagning:</i> förvägt filter	
- PM ₁₀	<i>Instrument:</i> Absorption av β-strålning eller vägning	<i>Instrument:</i> Absorption av β-strålning eller vägning	
Ozon (O ₃)	<i>Instrument:</i> UV-absorption		<i>Diffusionsprovtagning:</i> impregnerade filter
Lätta kolväten (VOC)	<i>Instrument:</i> integrerad gaskromatograf	<i>Aktiv provtagning:</i> adsorbenttrör	<i>Diffusionsprovtagning:</i> adsorbenttrör

Referenser

- 8.1 Naturvårdsverket. SNFS 1993:12-15
- 8.2 Naturvårdsverket. Rapport 4016, 1992
- 8.3 EU-direktiv 97/72/EEC
- 8.4 Författare till avsnitt 8.3:
Karin Kindbom, IVL, Göteborg. Sept 1997



9 EMISSIONSGRÄNSER

Emissions- eller utsläppsgränser kan anges på olika sätt. Ett sätt är att ange den maximala mängd av en viss förorening som får släppas ut från en anläggning, t ex ett kraftvärmeverk. Ett annat sätt är att ange den maximala halt av ett förorenande ämne som ett bränsle får innehålla om avgasrening ej förekommer.

Maximalt tillåten utsläppsmängd kan också anges för en tätort, en region eller en nation. Principen med begränsning av utsläppen för en tätort eller en region brukar kallas bubbelprincipen och är vanlig i USA. Industrier inom en bubbla kan då köpa och sälja utsläppsrätter till varandra och om allt fungerar så sker de största utsläppsreduktionerna hos de industrier där det är billigast att begränsa utsläppen. Man får då även en samhällsekonomiskt optimal fördelning av utsläppen på de olika industrierna.

Begränsning av utsläppen för hela nationer regleras bl a genom de internationella överenskommelser för vilka tidigare redogjorts.

I de följande avsnitten behandlas utsläppskrav för Sverige i sin helhet och maximalt tillåtna utsläpp från olika typer av anläggningar inkl fordon. I ett avslutande avsnitt nämns de bestämmelser som gäller för mindre anläggningar med effekter upp till ca 10 MW.

9.1 Maximalt tillåtna utsläpp från Sverige

De totala svenska utsläppen av svaveldioxid och kväveoxider skall enligt internationella överenskommelser och EU-direktiv reduceras enligt tabell 9.1

Tabell 9.1. Utsläppstak Sverige för SO₂ och NO_x (Ref 9.1)

	Verkligt utsläpp 1980 kton	Utsläppstak år		
		1998 kton	2000 kton	2003 kton
SO ₂ alla utsläpp	507		100	
SO ₂ bef. anläggning 1987 > 50 MW	112	45		34
NO ₂ bef. anläggning 1987 > 50 MW	31	19		

9.2 Emissionsgränser för svavel

Svenska krav och riktlinjer för svavelutsläpp visas i tabell 9.2 Med anläggning avses i tabellen samtliga förbränningsenheter inom ett fjärrvärmenät, ett kraftvärmeverk eller en industri (dvs en form av tidigare nämnd bubbelprincip). Med mg S/MJ bränsle menas mg utsläppt svavel räknat per MJ tillfört bränsle.

För tunn eldningsolja finns, förutom utsläppskravet, en bestämmelse att sådan olja "får saluföras, överlåtas eller användas endast om svavelhalten i oljan inte överstiger 0,2 viktprocent".

Tabell 9.2. Svenska krav och riktlinjer för svavelutsläpp . (Ref 9.1)

	Utsläpp mg S/MJ bränsle	Anmärkning
Generell övre gräns för alla svavelhaltiga bränslen utom tunn eldningsolja	190	Maxvärde . Krav
Tunn eldningsolja	50	Maxvärde motsvarande 0,2 vikt-%. Krav.
Anläggningar med årligt svavelutsläpp < 400 ton	100	Årsmedelvärde. Krav
Anläggningar med årligt svavelutsläpp > 400 ton	50	Årsmedelvärde. Krav
Nya koleldade anläggningar	50	Årsmedelvärde. Krav
Nya anläggningar > 500 MW	30	Årsmedelvärde. Riktlinje

9.3 Emissionsgränser för kväveoxider

Kraven på begränsningar av kväveoxidutsläpp fastställs för varje enskild anläggning vid tillståndsprövningen och utfallet kan bli strängare än gällande allmänna krav och riktlinjer.

Svenska riktlinjer för kväveoxidutsläpp framgår av tabell 9.3. Samtliga värden avser årsmedelvärden och de avser summan av kväveoxid (NO) och kvävedioxid (NO₂) räknat som NO₂. Med anläggning menas vid ny anläggning den aktuella byggnationen och vid befintlig anläggning samtliga enheter inom anläggningen (se även avsnitt 11.2). Med ny anläggning avses anläggning som tillståndsprövas efter det att respektive bestämmelse trätt i kraft.

Utöver värdena i tabell 9.3 finns EU-gränsvärden för nya anläggningar större än 50 MW tillförd effekt, se tabell 9.4. Dessa värden gäller även i Sverige men är ej så stränga som de svenska. Det skall observeras att EU-värdena är månadsmedelvärden till skillnad från värdena i tabell 9.3 som är årsmedelvärden.

Tabell 9.3. Svenska riktlinjer för kväveoxidutsläpp . (Ref 9.1)

Anläggningstyp	NO _x räknat som mg NO ₂ /MJ bränsle Årsmedelvärde
Nya anläggningar	
Anläggningar med årligt utsläpp < 300 ton NO ₂	100 - 200
Anläggningar med årligt utsläpp > 300 ton NO ₂	50 - 100
Koleldade anläggningar < 500 MW	50
Anläggningar > 500 MW	300
Befintliga anläggningar	
Anläggningar med årligt utsläpp < 600 ton NO ₂ ¹⁾	100 - 200
Anläggningar med årligt utsläpp > 600 ton NO ₂ ¹⁾	50 - 100

¹⁾ Gäller ej för vissa län i norra Sverige

Tabell 9.4. EU:s gränsvärden för kväveoxidutsläpp från nya anläggningar > 50 MW (Ref 9.2)

Bränsle	Utsläpp, månadsmedelvärde	
	mg NO ₂ /Nm ³ ¹⁾	mg NO ₂ /MJ
Fasta	650	220 - 250
Flytande	450	125 - 130
Gasformiga	350	95

¹⁾ Som bas för utsläppen gäller torra rökgaser 0°C, 101,3 kPa vid 3 % O₂ för flytande och gasformiga bränslen och 6 % O₂ för fasta bränslen

9.4 Emissionsgränser för stoft

Renodlade riktvärden för stoftutsläpp finns ej, däremot har följande svenska praxis utvecklats:

Fastbränsleanläggning > 10 MW 35 mg/nm³ torr gas, 13 % CO₂
 Anläggning eldad med tjock eldningsolja 0,5 - 1 g/kg olja

Liksom för kväveoxidutsläppen fastställs kraven individuellt i samband med tillståndsprövningen.

11 d) //EU har fastställt krav på maximala månadsmedelvärden för stoftutsläpp från nya anläggningar ≥ 50 MW. Dessa, som även gäller i Sverige, framgår av tabell 9.5. ✓

Tabell 9.5. EU:s maximala månadsmedelvärden för stoftutsläpp från nya anläggningar ≥ 50 MW (Ref 9.2)

Bränsle	Tillförd effekt MW	Utsläpp mg/Nm ³ 1)	Utsläpp mg/MJ
Fasta	≥ 500	50	20
	50 - 500	100	40
Flytande	≥ 50	50	15
Gasformiga	≥ 500	5	1

1) Torr gas, 0°C, 101,3 kPa. 3 % O₂ vid flytande och gasformiga bränslen, 6 % O₂ vid fasta bränslen

9.5 Maximala utsläpp från mindre anläggningar

För anläggningar < 10 MW tillförd effekt, finns följande riktlinjer och bestämmelser:

- Fastbränsleanläggningar 0,5 - 10 MW, Allmänna råd 87:2, Naturvårdsverket
- Skorstenshöjd- beräkningsmetod, Allmänna råd 90:3, Naturvårdsverket
- Boverkets byggregler, BFS 1993:57

9.5.1 *Fastbränsleanläggningar 0,5 - 10 MW, Allmänna råd 87:2*

Status Syftar till att underlätta bedömningen om vilka miljökrav som i normalfallet bör ställas på fastbränsleeldade anläggningar i storleken 500 kW - 10 MW.

Målgrupper är länsstyrelser, tillverkare av pannor och reningsutrustning, konsulter och andra intressenter inom området.

Giltighet Fastbränsleanläggningar 0,5 - 10 MW.

Innehåll Skriften innefattar råd rörande stoftutsläpp, beräkning av erforderlig skorstenshöjd och hantering av restprodukter. Avsnitten för beräkning av skorstenshöjd, har kompletterats med en ny skrift *Skorstenshöjd- beräkningsmetoder*, Allmänna råd 90:3, se nedan.

Rekommendationer

Stoft Utsläpp av stoft från anläggningar med effekt 0,5 - 10 MW bör vid besiktning inte överstiga följande värden:

Bränsle	Stoft (mg/m ³ ntg 13 % CO ₂)
Kol	35
Torv, träd- och andra bibränslen	
• tätort	100
• utom tätort	350

Skorstenshöjd Bestäms av summan av en referenshöjd och skorstenstillägg. Referenshöjden är 10, 15 och 20 m för anläggningar med effekt 0,5 - 2,5, 2,5 - 5 respektive 5 - 10 MW. Skorstenstillägg görs för höga byggnader, terrängförhållanden och nedsug enligt anvisningarna i råden.

Beräkningsmetoden som redovisas är en starkt förenklad modell, som normalt bör kunna accepteras för anläggningar i denna storlek. Den mer omfattande beräkningsgången som redovisas i rapport 90:3, se nedan, bör användas när utsläppen avviker från de förutsättningar som anges för den förenklade schabloniserade beräkningsmetoden.

För gaseldade pannor, särskilt mindre pannstorlekar, kan såväl den förenklade som den fullständiga beräkningsgången ge större skorstenshöjd än nödvändigt. SMHI har tagit fram ett PC-baserat beräkningsprogram som tar hänsyn till att gaseldning ofta ger lägre utsläpp av föroreningar än olje- och fastbränsleeldade anläggningar av samma effektstorlek. Programmet kan användas för gaseldade anläggningar upp till en bygghöjd av 20 m. Programmet beskrivs kortfattat i avsnitt 20.2.

Restprodukter Separat deponering av restprodukter skall i princip göras så att infiltration och därmed lakvattenbildningen minimeras. I råden beskrivs hur askupplag bör förses med tätskikt, dräneringsskikt och moränlager. Begränsad samdeponering med organiskt avfall kan i vissa fall godtas, men detta bör bedömas från fall till fall.

Aska bör inte spridas på jordbruksmark för livsmedelsproduktion. Vissa möjligheter för användning av askor finns dock, men några generella regler för detta anges inte.

Sedan detta skrevs, har Naturvårdsverket och Skogsstyrelsen utarbetat en gemensam policy för återföring av bibränsleaska till skogsmark (Naturvårdsverket 1994). Enligt denna bör skogsbränsleaska återföras till skogen för att återföra näringsämnen i kretsloppet och motverka utarmning. Aska kan enligt policyn återföras på mark där biomassa har tagits ut, i en mängd som motsvarar skördeuttaget (mot försurning används kalk). Askan får inte leda till att markens tungmetallhalt ökar på lång sikt, eller att markbiologiska processer störs (på kort sikt). Vidare skall askan uppfylla kvalitetskrav för näringsinnehåll och tungmetaller, och vara stabiliserad samt ha sådan kornstorlek att den löses upp långsamt.

Skogsvårdslagen, Naturvårdslagen och Lagen om kemiska produkter innefattar även paragrafer som berör askåterföring/skogsvitalisering. Även Miljöskyddslagen är tillämplig.

9.5.2 Skorstenshöjd - beräkningsmetoder, Allmänna råd 90:3

Status	Syftar till att komplettera den förenklade beräkningsmetod som beskrivs i 87:2 för mindre pannor. Jämfört med tidigare riktlinjer 1987:2 har följande förändringar skett: <ul style="list-style-type: none"> • bestämning av skorstenshöjd även med hänsyn till utsläpp av kväveoxider • ändrad beräkningsgång för pannor med variabel last under året • ändrade regler för beräkning av skorstenstillägg • bättre anpassning av beräkningsmodellen då rökgaserna är kalla Målgrupper än länsstyrelser, tillverkare av pannor och reningsutrustning, konsulter och andra intressenter inom området.
Giltighet	Bör användas i de fall som avviker från de förutsättningar som gäller för de schablonmässiga beräkningarna enligt 87:2.
Innehåll	Beräkningsmetoder för skorstenshöjd, dvs skorstenens referenshöjd, tillägg och bygghöjd. Metoderna gäller också för större anläggningar.
Rekommendationer	Se 87:2

9.5.3 Boverkets byggregler, BFS 1993:57 med ändringar 1995:17

Status	Innehåller föreskrifter och allmänna råd till bl a plan- och bygglagen (1987:10), PBL, plan-, och byggförordningen (1987:383), lagen om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m m (1994:847) och förordningen (1994:1215) om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk m m. Boverkets byggregler fungerar som normer för byggande.
Giltighet	Föreskrifterna gäller när en byggnad uppförs, tillbyggda delar, mark- och rivningsarbeten samt för tomter som tas i anspråk för bebyggelse.
Innehåll	Innehåller normer avseende utförande och driftinstruktioner, utformning, bär-förmåga, stadga och beständighet, brandskydd, hygien, hälsa och miljö, bullerskydd, säkerhet vid användning, energihushållning och värmeisolering samt bifogar en beteckning över standarder m m som normerna baserar sig på.
Normer	Vad avser hygien, hälsa och miljö (kap 6), buller (kap 7) samt energi- och värmehushållning (kap 9) från förgasnings- och förbränningsanläggningar finns följande normer:

6. Hygien, hälsa och miljö

6.7 *Utsläpp till omgivningen*

6:71 *Allmänt*

Byggnader skall utformas så att föroreningar som verksamheter i byggnaden ger upphov till kan föras bort, utan att negativa effekter med avseende på hälsa och hygien uppstår för personer som befinner

sig i byggnaden eller i byggnadens omgivning. Utsläpp får inte menligt påverka mark, växter eller djur i byggnadens omgivning.

6:73 *Förbränningsgaser*

Olägenheter till följd av stofthinnehåll i rökgaser och avgaser, som släpps ut från byggnader, skall begränsas.

Råd Oljeeldning: Vid märkeffekt upp till 60 kW skall sotal Bacharachskalan vara högst 1 och upp till 10 MW högst 3 (se även 9:213). 14231

Fastbränsleanläggningar: Vid automatisk bränsletillförsel bör, vid 13 % CO₂, stoftutsläppet vara högst 350 mg/m³ och medelvärdet av CO vara högst 500 mg/m³. Vid manuell bränsletillförsel bör halten tjära högst uppgå till 30 mg/MJ tillfört bränsle. För kaminer, kakelugnar och spisinsatser i byggnader som huvudsakligen uppvärms med annan anordning, bör utsläppet av tjära vara högst 40 mg/MJ tillfört bränsle. För öppna spisar, som endast är avsedda för trivseldning, kan högre utsläpp av tjära godtas.

Vid eldning med märkeffekt upp till 60 kW bör skorstenen mynna minst en meter över yttertaks högsta punkt, om inte särskilda förhållanden föreligger. Vid större märkeffekt skall särskild utredning visa att föreskrifternas krav uppfylls. Vid gaseldning med fläktförstärkt avgaskanal bör denna utformas med minst det mått från byggnad som anges i Svenska Gasföreningens Naturgasdistributionsnormer, NGDN 90.

7. Buller

7:1 *Allmänt*

Byggnader skall dimensioneras och utformas med hänsyn till förekommande bullerkällor och så att uppkomst och störande ljud begränsas.

7:12 *Ljudnivån*

Kraven i avsnitt 7:2 och 7:3 på högsta tillåtna ljudnivå från installationer som alstrar ljud med lång varaktighet skall avse ljudnivån då samtliga sådana installationer är i drift. Om rena toner regelmässigt förekommer, skall särskilda åtgärder vidtas för att begränsa störningarna från dessa.

7:12 *Efterklangstid*

För byggnader som inrymmer bostäder får efterklangstiden i trapphus och korridorer ej överstiga 1,5 s respektive 0,1 s i oktavbanden 500, 1.000 och 2.000 Hz.

7:13 *Kontrollmätning*

Kontrollmätning av ljudisolering (SS 02 52 54), ljudnivå (Avvägd tryckljudsnivå i rum (SS 02 52 63) och efterklangstid (SS 02 52 64) skall utföras med tillförlitlig metod.

7:2- *Bostäder*

7:3 *Lokaler*

Innefattar tillåtna värden för luftljudisolering, stegljudsnivå, ljudnivå för bostäder och lokaler.

9. Energi- och 9:231 Pannors verkningsgrad
värmehus-
hållning

Pannor som eldas med flytande eller gasformiga bränslen skall utformas så att god förbränningsverkningsgrad erhålls.

Råd Pannor, med effekt < 400 kW som eldas med flytande bränsle uppfyller föreskriftens krav om förbränningsverkningsgraden är > 90 % och sottalet < 1 enligt Bacharach-metoden.

9.6 Maximala utsläpp från fordon

Maximala utsläpp från fordon regleras dels genom miljöklassning av fordonen dels genom miljöklassning av drivmedlena.

Vad gäller miljöklassning av drivmedel regleras detta för dieseloljor genom Lagen om skatt på energi (1994:1976) och för bensen genom Lagen om kemiska produkter (1985:426).

För dieselolja finns tre miljöklasser (MK) där MK1 innehåller de hårdaste kraven. För MK1 och MK2 definieras bl a maximala halter av svavel och kolväten, se tabell 9.6. Till MK3 räknas dieseloljor som ej kan uppfylla kraven för MK1 eller MK2. Det skall tilläggas att svavelhalten i dieselolja aldrig får överstiga 0,05 viktprocent enligt bestämmelser i Förordningen om svavelhaltigt bränsle.

Tabell 9.6. Miljökrav på dieselolja

	Miljöklass 1	Miljöklass 2
Svavel, max vikt-%	0,001	0,005
Aromatiska kolväten, max volym-%	5	20
Polycykliska aromatiska kolväten, max volym-%	Ej mätbart	0,1

Motsvarande klassning för bensen visas i tabell 9.7. Det skall påpekas att värdena för miljöklass 1 ännu så länge är ett förslag som Naturvårdsverket presenterade för regeringen i juni 1996.

Tabell 9.7. Miljökrav på bensen

	Miljöklass 1 (Förslag)	Miljöklass 2	Miljöklass 3
Svavel, max vikt-%		0,01	–
Svavel, max vikt-ppm	75		
Bensen, max volym-%	2	3	5
Bly, max mg/liter	5	5	13
Olefiner, max volym-%	13	–	–

Även för fordonen finns det tre miljöklasser och liksom för drivmedlena är miljöklass 1 klassen med de hårdaste kraven.

Fordonsklasserna skiljer sig åt genom olika emissionskrav. Till emissionerna räknas då i vissa fall även buller. Kraven är olika för personbilar, lättare lastfordon ($\leq 3,5$ t totalvikt) och tyngre lastfordon ($> 3,5$ totalvikt). Eftersom gasdrift av fordon i Sverige i första hand gäller tyngre fordon (bussar och lastbilar) så återges endast kraven för denna kategori här. För sådana fordon finns numera endast miljöklasserna 1 och 2 där

miljöklass 2 således är ett minimikrav. Miljöklass 2 är identisk med de EU-krav som betecknas EURO 2 och som trädde i kraft 1996.

Maximala utsläpp för tyngre fordon visas i tabell 9.8.

Tabell 9.8. Maximalt tillåtna emissioner från tyngre fordon

		Miljöklass 1	Miljöklass 2 EURO 2
NO _x som NO ₂	g/kWh	7,0	7,0
CO	g/kWh	4,0	4,0
HC	g/kWh	1,1	1,1
Partiklar	g/kWh	0,15	0,15
Tryckluftbuller	dB	72	—
Färdbuller			
Buss med autom.växel	dB	77	—
Övriga fordon < 75 kW	dB	77	—
75 - 150 kW	dB	78	—
> 150 kW	dB	80	—

Som framgår av tabellen är skillnaden mellan MK1 och MK2 att MK1 även ställer krav på bullernivåer.

En skillnad mellan Sveriges och EU's regler, och som ej framgår av tabell 9.8, är att de svenska reglerna innehåller "hållbarhetskrav" för tyngre fordon. Detta innebär att då fordonet är 5 år gammalt (alternativt gått 8.000 mil) skall en kontroll ske av att emissionskraven fortfarande uppfylls. Om fordonet inte klarar kontrollen är tillverkaren skyldig tillse att fordonet åter uppfyller kraven.

Referenser

- 9.1 Ann Bohlin m fl
Energi och Miljö. Miljökonsekvenser vid användning av naturgas, biobränslen, olja och kol
ÅF-Energikonstult, 4 dec 1995
- 9.2 Naturvårdsverket. SNFS 1994:8
- Allmänna referenser till avsnitt 9.5:
- **Boverket (1995).** *Boverkets konstruktionsregler 1994*, BKR 94:2, BFS 1993:58 med ändringar 1995:18, Boverket, Stockholm, ISBN 91-7147-175-8 (jun 1995)
 - **Boverket (1996).** *Boverkets byggregler*, BBR 94:3, BFS 1993:57 med ändringar 1995:17, Boverket Stockholm. ISBN 91-7147-176-6 (feb 1996)
 - **Lindström L (1995).** *Önskad kvalitet för försök med vitaliseringsgödsling våren 1995*. PM 1995-04-05. Skogsstyrelsen, Jönköping (apr 1995)
 - **Naturvårdsverket (1987).** *Fastbränsleeldade anläggningar 500 kW - 10 MW*, Allmänna råd 87:2, Naturvårdsverket, Stockholm, ISBN 91-620-0019-5 (feb 1987)
 - **Naturvårdsverket (1990).** *Skorstenshöjd - beräkningsmetod*, Allmänna råd 90:3, Naturvårdsverket, Stockholm, ISBN 91-620-0041-1 (jan 1990)
 - **Naturvårdsverket (1994).** *Biobränsleaska i kretsloppet*. Naturvårdsverket informerar, Solna (Jun 1994)



10 TILLSTÅNDSFRÅGOR

Flera av de lagar som reglerar "miljöfarlig verksamhet" kräver att tillstånd söks och erhålls för uppförande och drift av förbränningsanläggningar över en viss storlek. Tillstånd beviljas vanligen av en eller flera av följande myndigheter:

- Regeringen
- Koncessionsnämnden för miljöskydd
- Vattendomstol
- Länsstyrelse
- Kommunal nämnd för miljö- och hälsoskyddsfrågor

För vissa typer och storlekar av anläggningar erfordras endast anmälan till berörd myndighet.

Beroende på storlek miljöprövas förbränningsanläggningar enligt följande:

- *Anläggning med tillförd effekt större än 200 MW:*
Lokaliseringen prövas av regeringen (bostadsdepartementet) enligt naturresurslagen.
Tillstånd för uppförande och drift prövas av koncessionsnämnden för miljöskydd enligt miljöskyddslagen.
- *Gasturbiner 0 - 200 MW och övriga anläggningar 10 - 200 MW:*
Tillstånd söks hos och meddelas av länsstyrelsen.
- *Fastbränsleeldade anläggningar och stationära förbränningsmotorer 0,5 - 10 MW:*
Anmälan sker till nämnden för miljö- och hälsoskyddsfrågor i berörd kommun.
- *Övriga mindre anläggningar:*
Enbart byggnadslov erfordras.

10.1 Innehåll i ansökan om tillstånd

En ansökan om tillstånd enligt miljöskyddslagen bör innehålla följande:

- Uppgifter om sökanden
- Anläggningens belägenhet
- Ev. tidigare tillstånd eller beslut
- Teknisk beskrivning
- Miljökonsekvensbeskrivning
- Förslag till skyddsåtgärder och kontroll av verksamheten
- Redogörelse för samråd

För miljökonsekvensbeskrivningen (MKB) har Naturvårdsverket gett ut allmänna råd beträffande innehållet (MKB 95:3). Det skall påpekas att en MKB även skall redovisa miljökonsekvenserna om det sökta projektet ej genomförs.

10.2 Handläggning av ansökan om tillstånd

Gången vid ansökan till koncessionsnämnden (KN) eller till länsstyrelse (Lst) är i stort sett följande:

1. Sökanden diskuterar med Lst hur samråd med myndigheter, organisationer, enskilda m m skall tillgå.
2. Samråd sker, vanligen vid informationsmöte.
3. Ansökan inges till koncessionsnämnden (KN) eller till länsstyrelse (Lst). Mottagarmyndigheten sänder kopia till SNV, (Lst) och till miljö- och hälsoskyddsnämnden (MHN) i berörd kommun.
4. Ofta begär sedan SNV, Lst och/eller MHN kompletterande information från den sökande.
5. Ansökan kungörs i ortspressen, vilket kan föranleda yttranden av sakägare.
6. Yttranden begärs in från statliga och kommunala myndigheter. Sökanden bemöter genom "påminnelser" yttrandena.
7. Ev. offentligt sammanträde.
- 8 KSN/Lst fattar beslut.

Handläggningstiden för ett tillståndsärende varierar beroende på ärendets karaktär och komplexitet. Ärenden som behandlas av länsstyrelsen tar vanligen ca 1 år, medan ärenden som behandlas av koncessionsnämnden vanligen tar mellan 1 och 2 år. Skulle myndighetens beslut överklagas förlängs behandlingstiden.

10.3 Tillsyn och överklagande

Länsstyrelserna utövar tillsyn enligt miljöskyddslagen av alla tillståndspliktiga anläggningar, medan kommunerna är tillsynsmyndighet för anmälningspliktiga och övriga anläggningar. Kommunerna kan dock ta över tillsynen över tillståndspliktiga anläggningar. Naturvårdsverket är central tillsynsmyndighet.

Koncessionsnämndens beslut i ett tillståndsärende kan överklagas till regeringen (miljö- och naturresursdepartementet). Länsstyrelsens beslut, liksom alla beslut rörande tillsyn, överklagas hos koncessionsnämnden. Koncessionsnämndens beslut i sådana ärenden kan ej överklagas.



11 EKONOMISKA STYRMEDEL

Ett flertal bränslen för energiproduktion och motordrift är belagda med skatter. Dessa skatter är, förutom en intäkt till staten, också ett viktigt styrmedel för att effektivisera energianvändningen och minska utsläppen av försurande och klimatpåverkande ämnen. Skatt tas också ut på elenergi. Skatteuttaget regleras genom lagen om skatt på energi från 1994.

Industrin och växthusnäringen betalar mindre skatt än övriga skattskyldiga. För hushåll och övrig sektor tillkommer moms på 25 % som räknas på energipriset inklusive skatterna. För företag och industrier är momsen avdragsgill i vanlig ordning.

De skatter som i dag utgår på bränslen och drivmedel är svavelskatt, koldioxidskatt och energiskatt. Koldioxid- och energiskatt tas ut på eldningsolja (inkl dieselolja), bensin, gasol, metan, naturgas, kol och petroleumkoks. Svavelskatt tas ut i proportion till svavelinnehållet för de bränslen som omfattas av koldioxid- och energiskatt samt torv.

Utöver skatterna ovan uttas en kväveoxidavgift som gäller alla bränslen i anläggningar som producerar mer än 25 GWh/år.

Nedan redovisas storleken på de olika skatterna och avgifterna.

11.1 Svavelskatt

Utgångspunkten för svavelskatten är att bränslets hela svavelinnehåll frigörs till omgivningen i samband med förbränningen.

Svavelskatten tas ut enligt tabell 11.1 och är samma för industri och övriga användare. Till fasta bränslen räknas bl a kol, torv och petroleumkoks. Till flytande räknas bl a eldningsolja och dieselolja.

Tabell 11.1. Svavelskatt på bränslen

Bränsle	Skatt
Fasta och gasformiga	30 kr per kg svavel i bränslet
Flytande > 0,1 % S	27 kr per m ³ för varje tiondels viktprocent svavel i bränslet
Flytande, ≤ 0,1 % S	Ingen svavelskatt

I tabell 11.2 har skatten räknats om att gälla per volyms- eller viktsenhet samt per energienhet av bränslet.

Om svavelutsläppen begränsas genom reningsåtgärd eller genom bindning i aska, sker återbetalning av svavelskatten med 30 kronor per kilogram avskilt svavel.

11.2 Kväveoxidavgift

Avgiften för kväveoxidutsläpp är 40 kr/kg NO₂ och gäller för alla bränslen. Avgiften betalas för utsläpp från pannor, gasturbiner och stationära förbränningsmotorer med en nyttiggjord energi om 25 GWh/år eller högre. Tidigare fanns även en effektgräns på 10 MW, men den är numera borttagen.

Tabell 11.2. Svavelskatt per vikts-, volyms och energienhet av bränslet

Bränsle	Svavelskatt		
	kr/m ³	kr/ton	öre/kWh
Eldningsolja			
WRD ¹ 0,1 % S	0		
Eol 0,1 % S	0		
Eo5 0,5 % S	135		1,2
Eo5 0,8 % S	216		2,0
Torv 0,2 % S 45 % fukt		40	1,5
Kol 0,5 % S		150	2,0
Gasol		0	
Naturgas	0		

1) WRD = Wide Range Destillate

Mängden utsläppta kväveoxider mäts i allmänhet för större anläggningar. För mindre anläggningar, där mätning skulle ställa sig alltför dyrbar, kan man betala efter en schablon på 250 mg NO₂ per MJ tillfört bränsle.

Kväveavgifterna ingår i ett sk nollsystem, dvs avgifterna minus en administrationskostnad återbetalas till de avgiftspliktiga i proportion till deras andel av den sammanlagda nyttiggjorda energin. En som producerat energi med utsläpp under "medelutsläppet" får således mer pengar tillbaka än vad han betalt in och vice versa.

11.3 Koldioxidskatt

Koldioxidskatten från och med 1 juli 1997 framgår av tabell 11.3. Skattesatserna för 1998 kommer att bli samma som för 1997, medan de däremot kan komma att indexeras upp för 1999. Observera att koldioxidskatt ej utgår på biobränslen.

Tabell 11.3. Koldioxidskatt 1.7.1997

Bränsle	Enhet	Industrin och växthus	Övriga användare
Eldningsolja			
WRD	kr/m ³	529	1 058
Eol	kr/m ³	529	1 058
Eo5	kr/m ³	529	1 058
Kol	kr/ton	460	920
Gasol för motorfordon	kr/liter	–	0,56
Gasol övrig användning	kr/ton	556	1112
Naturgas för motorfordon	kr/1000 m ³	–	792
Naturgas övrig användning	kr/1000 m ³	396	792

11.4 Allmän energiskatt

Tillverkande industri och växthusnäringen betalar ingen energiskatt för det bränsle som används i tillverkningsprocessen. Ingen energiskatt utgår för bränsle som används för elproduktion, eftersom den producerade elenergin beskattas i annan ordning. Är elen producerad i ett kraftvärmeverk, betalas halv energiskatt på den del av bränslet som används för värmeproduktionen.

Den allmänna energiskatten framgår av tabell 11.4. Liksom koldioxidskatten kan energiskatten komma att indexeras upp framöver.

Tabell 11.4. Allmän Energiskatt 1.7.1997

Bränsle	Enhet	Industrin	Övriga användare
Eldningsolja (färgad)			
WRD	kr/m ³	0	743
Eo1	kr/m ³	0	743
Eo5	kr/m ³	0	743
Diesololja (ofärgad)			
Miljöklass 1	kr/m ³	0	1 614
Kol	kr/ton	0	316
Gasol för motorfordon	kr/liter	–	1,01
Gasol övrig användning	kr/ton	0	145
Naturgas för motorfordon	kr/1000 m ³	–	1 678 ¹⁾
Naturgas övrig användning	kr/1000 m ³	0	241

1) Dispens från den högre avgiften har erhållits för s k pilotprojekt. Skatten för dessa är för 1997 190 kr/1000 m³

11.5 Elskatt

Elskatten är utformad så att den som producerar och/eller distribuerar elkraft är skattskyldig. Elskatten utgår med olika belopp beroende på i vilken del av landet samt till vad elenergin används. Uttag av skatt på el behöver ej EU-anpassas.

Elskattens storlek framgår av tabell 11.5.

Tabell 11.5. Elskatten i Sverige 1.7.1997

Elanvändning	Skatt (öre/kWh)
Inom industrin	0
Inom fjärrvärmesektorn	11,5
Inom stödområden	8,2
Övriga	13,8



12 TEKNIK FÖR BEGRÄNSNING AV FÖRORENINGSUTSLÄPP

Med föroreningsutsläpp menas här utsläpp till omgivningen av oönskade ämnen vid förbränning av olika slags bränslen. I huvudsak behandlas endast utsläpp till atmosfären, dvs ej vattenburna utsläpp eller omhändertagande av fast avfall.

Det finns idag teknik för reduktion av så gott som alla oönskade ämnen och i princip finns det också möjlighet att reducera utsläppsmängderna till noll eller nära noll. Att man ändå inte har nollutsläpp från alla förbränningsanläggningar sammanhänger med kostnader, praktisk hantering och energiåtgång. Att t ex ta hand om den koldioxid som bildas vid förbränning är i princip möjligt men för närvarande praktiskt ogenomförbart. En annan aspekt som måste beaktas är att de föroreningar som avskiljs från rökgaserna måste tas om hand och deponeras på något sätt, vilket kan skapa nya miljöproblem. En slutsats som kan dras av detta resonemang är att det innebär stora fördelar att använda ett bränsle som i sig självt är så rent som möjligt. Man slipper då kostnader och problem med rökgasrening och omhändertagande av restprodukter. Rena energigas, typ naturgas och gasol är bra exempel på sådana bränslen.

I detta kapitel beskrivs kortfattat dagens teknik för utsläppsreduktion av olika föroreningar från stationära anläggningar. Utsläppsbegränsningar för fordonsmotorer behandlas i samband med beskrivning av motorerna, se avsnitt 13.7. I ett avslutande avsnitt i föreliggande kapitel beskrivs några olika metoder för mätning av emissioner till luft.

12.1 Stoft

Stoft i rökgaserna härrör dels från askan i bränslet dels från oförbrända komponenter i bränslet. Stofthalten är bl a beroende av bränslets askinnehåll och typ av panna i vilken förbränningen sker. Panntypen påverkar t ex förhållandet mellan bottenaska och flygaska samt utbränningsgraden.

Stoftavskiljning kan ske i

- cyklon
- elektrofilter
- slangfilter, textilt spärrfilter eller i
- skrubber

Cykloner används vanligen för mindre pannor där kravet på avskiljningsgrad inte är så stort. Effektiva cykloner kommer vanligen inte upp i högre verkningsgrad än 90 % och för partiklar < 5 µm är verkningsgraden avsevärt mindre.

Krävs höggradig stoftavskiljning används ofta **elektrofilter** eller **slangfilter**. Båda metoderna klarar avskiljningsgrader > 99,99 %. Ett textilt spärrfilter är ej reglerbart utan arbetar alltid med högsta verkningsgrad. Ett elektrofilter (elfilter) kan däremot styras för att ge olika reningsgrader och därmed olika utsläppsnivåer. Båda renings-teknikerna ger utan svårighet stoftemissioner under 35 mg/m³.

Skrubberteknik för stoftavskiljning är ofta kombinerad med rening av gasformiga komponenter i rökgaserna. Stoftet fångas in i vatten, som måste avskiljas och renas.

12.2 Svavel

Huvuddelen av det svavel som finns i rökgaserna utgörs av svaveldioxid, SO₂. De vanligaste processerna för rökgasavsvavling är:

- torra processer
- våt-torra processer och

– våta processer

Rökgasavsvavling kan även kombineras med andra reningsprocesser t ex kombinerad SO_2/NO_x -rening.

Torra metoder innebär reaktioner mellan en gas (SO_2) och ett fast ämne. Det fasta ämnet, sorbenten, är kalk- eller natriumbaserat och det injiceras i eldstaden, i rökgas-kanalen eller i båda. Processen producerar en torr produkt bestående av natrium - eller kalciumsulfid/sulfat blandat med flygaska. Processen karaktäriseras av låga investeringskostnader jämfört med andra processer. Avsvavlingsgraden är dock låg och det krävs ett högt sorbent/svavelförhållande för att nå avsvavlingsgrader högre än 50 %.

Genom att låta rökgasen passera en cirkulerande svävbädd eller rörlig bädd, där kalk eller släckt kalk används som bäddmaterial och sorbent kan avskiljningsgraden höjas till 70 à 90 %.

I fastbränsleeldade svävbäddar (av CFB eller BFB-typ) kan avsvavling relativt enkelt ske genom tillsats av kalksten i bädden. Avskiljningsgraden kan uppgå till 95 % och slutprodukten är gips.

Utrustning för torr rökgasavsvavling finns på flera anläggningar i Sverige. Det rör sig huvudsakligen om svävbäddar och rosterpannor med kol eller torv som bränsle.

Våt-torra processer har utvecklats som alternativ till våta processer, speciellt för medelstora anläggningar med relativt låg svavelhalt i bränslet. En lösning med sorbenten (slurry) sprayas som fina droppar in i en reaktor där den reagerar med SO_2 i rök-gaserna. Resultatet blir en torr reaktionsprodukt som tillsammans med flygaskan avskiljs i en efterföljande stoftavskiljare. Som sorbent används vanligen kalk och detta ger som reaktionsprodukt en blandning av kalciumsulfid och -sulfat.

Våt-torra processen har vanligen en avskiljningsgrad mellan 70 och 90 %. Övre upp-nåbar gräns torde ligga omkring 98 %.

Våt-torra processer finns installerade på flera svenska anläggningar där kol används eller har använts. Exempel är Igelstaverket i Södertälje, Västhamnsverket i Helsingborg, Sävenäs i Göteborg, Linköpings kraftvärmeverk och Västerås kraftvärmeverk. Flera tidigare kolanläggningar har dock konverterats till biobränslen, varvid behovet av avsvavling försvunnit. Så har skett med Igelstaverket men eftersom man där planerar att blanda in gummidäck (med ca 2 % svavelinnehåll) i biobränslet så återkommer behovet av avsvavling. Kraftvärmeverket i Västerås eldas fortfarande med kol och den våt-torra avsvavlingen där ger ett svavelutsläpp lägre än 10 mg/MJ motsvarande en avskiljningsgrad på över 96 %.

Globalt sett är **våta reningsprocesser** de vanligaste. Metoden bygger på reaktioner mellan rökgas och en vätska och den resulterar i en våt reaktionsprodukt. Som sorbent används vanligen bränd kalk eller kalksten men även natriumbaserade sorbenter förekommer. Sorbenten löses i en vätska och tillsätts rökgaserna i ett skrubbertorn. Reaktionsprodukten blir en slurry bestående av kalciumsulfid och -sulfat.

Genom inkorporering av ett oxidationssteg i processen erhålls gips (kalciumsulfat) som kan torkas till ett torrt pulver.

I den första generationen av våta processer användes kalk som sorbent men numera är kalksten vanligast. Likaså förekommer numera nästan enbart processer som producerar gips, USA dock undantaget. Våta processer används både vid koleldade och oljeeldade anläggningar med storlekar upp till de största kraftverkspannorna. En normal avsvavlingsgrad är 90 % men värden över 99 % har rapporterats.

Ett aktuellt exempel är Karlshamnsverket där våt rökgasavsvavling skall installeras på block 3 med 340 MW eleffekt. Avsvavlingsutrustningen dimensioneras för rökgaser från eldning med tjock eldningsolja innehållande upp till 3,5 % svavel. Utsläppen skall inte överstiga 25 mg S/MJ tillfört bränsle som årsmedelvärde.

12.3 Kväveoxider

Reducering av kväveoxidutsläpp kan ske såväl genom förbränningstekniska åtgärder som genom rökgasrening.

Bland förbränningstekniska åtgärder är följande mest aktuella:

- driftoptimering såsom sänkning av luftöverskott och förbättring av processtyrning
- stegvis lufttillförsel
- rökgasåterföring
- låg-NO_x-brännare
- stegvis bränsletillförsel (reburning)
- vatteninsprutning

En speciell typ av låg-NO_x-brännare speciellt utvecklad för gasformiga bränslen är katalytiska brännare. Genom inverkan av en katalysator sker förbränningen vid en lägre temperatur än vid normal förbränning, vilket avsevärt reducerar de reaktioner som bildar kväveoxider. Andra låg-NO_x-varianter för gasförbränning är keramiska och metalliska fiberbrännare samt infrarödstrålare (IR-strålare). Även här bidrar en lägre förbränningstemperatur till mindre NO_x-bildning.

De vanligaste rökgasreningsprinciperna är

- selektiv katalytisk reduktion (SCR) och
- selektiv icke katalytisk reduktion (SNCR)

Vid selektiv katalytisk reduktion (SCR) tillsätts rökgaserna ammoniak i närvaro av en katalysator, vanligen baserad på titaniumoxid. Reaktionerna, som sker vid temperaturer mellan 300 och 400°C, resulterar i en omvandling av kväveoxiderna till kvävgas och vatten. Stoft i rökgaserna kan orsaka erosion och igensättning av katalysatorn. Likaså kan andra ämnen i rökgaserna förgifta katalysatorn. Ju renare rökgaser desto enklare och billigare blir katalysatorinstallationen.

Flertalet SCR-anläggningar är dimensionerade för 70-80 % NO_x-reduktion, men det finns anläggningar med över 90 % reduktionsgrad.

Selektiv icke katalytisk reduktion (SNCR) kräver, som namnet anger, ingen katalysator. Kväveoxiderna reduceras termiskt genom tillsats av lämpliga kemikalier. Reaktionerna sker vid väsentligt högre temperatur än vid SCR, intervallet 850-1100°C är normalt förekommande. Som kemikalier används ammoniak eller urea. Med tillsats av ytterligare ämnen kan reaktionerna ske vid något lägre temperatur.

SNCR-metoden är enklare och installationsmässigt billigare än SCR men har i gengäld lägre verkningsgrad och högre kemikalieåtgång. Verkningsgraden ligger runt 50 %. Dock kan vid gynnsamma förhållanden 70-80 % uppnås. Risk finns för att en viss mängd ammoniak inte deltar i reaktionerna utan följer med rökgaserna ut till omgivningen (ammoniak-slip). Används urea finns risk för bildning av lustgas (N₂O).

Man kan även kombinera SCR och SNCR. Det innebär att kemikalier tillsätts i överskott med SNCR-teknik och att en mindre katalysator ("slipfångare") installeras i rökgasstråket där temperaturen är ca 300°C. Öreagerad ammoniak från SNCR reducerar

då ytterligare NO_x i katalysatorn. Det sker alltså ingen extra ammoniak tillsats strax före katalysatorn

Ökande miljökrav och införande av NO_x -avgifter har medfört att man vid ett stort antal anläggningar vidtagit eller skall vidta åtgärder för att minska utsläppen. Förbränningstekniska åtgärder i kombination med SNCR är vanligast i Sverige. Utomlands är förbränningstekniska åtgärder övervägande och bland reningsmetoderna dominerar SCR över SNCR. Kombinationen SCR/SNCR kommer att installeras på flera anläggningar i Sverige, t ex de fliseldade kraftvärmeverken i Brista och Skellefteå, vilka båda går i drift 1996. SCR finns installerad vid det oljeeldade kraftverket i Karlshamn.

12.4 Kolmonoxid och kolväten

När förbränningstekniska åtgärder vidtas i syfte att minska kväveoxidutsläppen finns risk att utsläppen av kolmonoxid (CO) ökar. Höga CO-halter anses ofta vara en indikation på dålig förbränning och därmed bildning av skadliga utsläpp, bl a kolväteföreningar. Sambanden mellan CO- och kolväteutsläpp är dåligt kända men undersökningar pågår för att klarlägga sambanden.

Begränsning av CO- och kolväteutsläpp sker genom optimering av de förbränningstekniska parametrarna. Det är speciellt viktigt att även beakta koloxidbildningen i samband med förbränningstekniska åtgärder för att minska NO_x -emissionerna.

12.5 Koldioxid

Begränsning av koldioxidutsläpp innefattar två huvudkomponenter: avskiljning av koldioxiden (CO_2) från rökgaserna och deponering av den avskilda koldioxiden.

Den stora mängden koldioxid som emitteras vid förbränning gör att problemet med utsläppsbegränsning ännu ej är praktiskt löst. Ett 700 MWe gaskraftverk släpper ut 2,2 miljoner ton CO_2 årligen och koncentrationen i rökgaserna ligger mellan 3 och 4 %.

För avskiljning av CO_2 från rökgaserna kan man tänka sig absorptionsprocesser med aminer, adsorptionsprocesser, rensning med hjälp av havsvatten och användning av kemikalier.

Absorptionsprocesser med aminer används redan i dag för att avskilja CO_2 från naturgas, så tekniken är väl känd. Studier som utförts för tillämpning av denna teknik för avskiljning av CO_2 från rökgaser från ett gaskraftverk tyder på att anläggningskostnaden blir samma som för kraftverket och att effektbehovet blir 15-35 % av kraftverkets uteffekt. Arealbehovet blir 2-3 gånger kraftverkets arealbehov.

Adsorption är en separationsprocess där gas eller vätska kommer i kontakt med ett fast poröst ämne som tar upp eller lagrar komponenter från gasen eller vätskan. Adsorption för avlägsnande av CO_2 ur rökgaser skulle bli orimligt dyrt på grund av de stora rökgasmängderna.

Användning av havsvatten för att avlägsna CO_2 är tekniskt möjligt men kräver enormt stora vattenmängder. Vid 90 % rening skulle havsvattenbehovet vara 75 gånger kylvattenbehovet för ett kondenskraftverk.

Det finns ett antal kemikalier som har förmåga att binda CO_2 mer eller mindre permanent, men produktion av dessa kräver mer energi än vad kraftverket i fråga producerar.

För deponering av den avskilda koldioxiden finns i princip flera möjligheter t ex deponering i havet, deponering i akvifärer och deponering i tomma olje- och gasreservoarer.

Vid deponering i havet måste man ner på så stort djup att inte koldioxiden frigörs på kort tid. Minimidjupet torde vara 700 meter. Vid deponering på 3.000 meters djup är den mättade CO₂/vattenlösningen tyngre än havsvattnet, varför den sjunker till ännu större djup.

En akvifär är ett poröst sandstenslager fyllt med vatten. Ovanför liggande bergarter måste vara täta för att CO₂-lagring skall vara möjlig. Akvifären bör ligga på minst 1.000 m djup.

Deponering i tomma olje- och gasreservoarer kan vara aktuellt för våra grannländer Danmark och Norge.

Vid deponering enligt någon av ovanstående principer tillkommer rörledningar från aktuell energianläggning till deponeringsplatsen.

Uppgifterna ovan har hämtats från en studie utförd av Nordisk Gasteknisk Center (Ref 12.1). Man har där även gjort en överslagsmässig beräkning av kostnaden för avskiljning, komprimering och transport av den avskiljda koldioxiden. För ett 700 MWe gaskraftverk skulle kostnaden ligga inom intervallet 12-16 öre/kWh.

12.6 Ammoniak

Då reningsteknik i form av SNCR och SCR tillämpas lämnar en viss mängd oreagerad ammoniak (eller urea) anläggningen. Detta kallas ammoniakslip från engelskans "ammonia slip".

En viss del av oreagerad ammoniak binds i askan och vid rökgaskondensering tvättas en del ut i kondensatet.

På vissa anläggningar har s k slipkatalysatorer installerats. Därigenom reduceras såväl ammoniak- som NO_x-utsläppen. Ammoniaken fungerar som reduktionsmedel, varvid NO_x och ammoniak omvandlas till kvävgas och vatten. En anläggning som installerat slipkatalysator är Hendelö som tillhör Norrköping Energi.

En annan metod som är under utveckling bygger på att den ammoniak som löst sig i rökgaskondensatet drivs av och återanvänds i processen. Metoden är patenterad (Ref 12.2).

12.7 Klor- och fluorföreningar

Klorider och fluorider kan avskiljas från rökgaserna med samma metoder som för svavelrening. Vid rökgaskondensering tvättas en del av kloriderna och fluoriderna ut i kondensatet.

Vid förbränning av bränslen med hög klorhalt finns risk för dioxinbildning. Man tillgripes då i första hand förbränningstekniska åtgärder för att minska dioxinutsläppen. Om inte detta är tillräckligt, som t ex i äldre, avfallseldade anläggningar, kan man komplettera med rökgasrening. Torra eller våt/torra metoder avskiljer även dioxiner. Vid andra reningsmetoder kan speciella katalysatorer eller aktivt kol/koksfilter behöva användas.

12.8 Tungmetaller

Flertalet metaller i bränslet förångas vid förbränningen för att sedan kondensera ut som metallföreningar vid kylningen i pannan. Metallerne binds vid kondenseringen på flygaskans partikelytor till nära hundra procent. Härigenom blir avskiljningsgraden en direkt funktion av stoftavskiljningen.

Ett viktigt undantag utgör kvicksilver som ej kondenserar utan bibehåller sin gasfas. Torra, våt-torra och våta reningsmetoder samt rök-gaskondensering har dock visat sig effektiva vad gäller kvicksilveravskiljning. Den avskiljda delen utgörs troligen till stor del av kvicksilverklorid.

Genom tillsats av aktivt kol före slangfilterna i torra eller våt-torra metoder fås större adsorption av kvicksilvret vid passagen genom slangfiltret. Avskiljningen kan även ökas genom tillsats av natriumsulfid. I bl a tyska avfallsförbränningsanläggningar förekommer separat kol/koksfilter för avskiljning av kvicksilver och även dioxiner.

För svenskt vidkommande är det enbart vid avfallsförbränning som det förekommer speciell rening med avseende på kvicksilver.

12.9 Emissionsmätningar (Ref 12.3)

12.9.1 *Inledning*

System för emissionsmätningar installeras dels för förbränningskontroll dels för utsläppskontroll. Mätningarna sker normalt i anläggningens utgående rökgaser.

Genom **förbränningskontrollen** har man möjlighet att bl a optimera förbränningen med avseende på luftöverskottet (luftfaktorn). För lågt luftöverskott sänker en pannas verkningsgrad beroende på ofullständig förbränning. För högt luftöverskott sänker också pannans verkningsgrad beroende på ökad rökgasförlust.

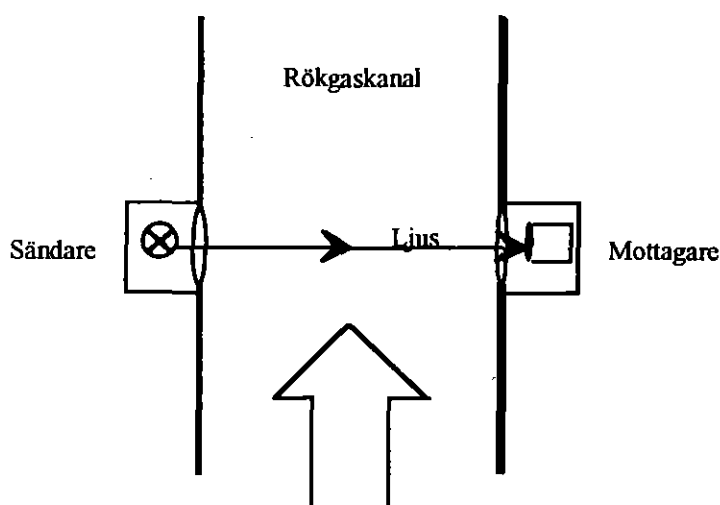
För förbränningskontroll mäts i första hand halterna syrgas (O_2) och kolmonoxid (CO) i rökgaserna. Man kan istället för O_2 även mäta koldioxidhalten (CO_2) för att bestämma luftöverskottet men eftersom detta kräver kännedom om bränslets elementarsammansättning är metoden mindre lämplig där bränslesammansättningen varierar.

Utsläppskontrollen har som syfte att ge information om utsläpp av förorenande ämnen till omgivningen. I vissa fall kan emissionsmätningar vara påfordrade av myndigheterna, i andra fall kan det ligga andra skäl bakom. Om exempelvis en anläggningssinnehavare vill sänka sin svavelskatt genom rök-gasrening så måste han verifiera de faktiska svavelutsläppen genom mätning av SO_2 -halten i rökgaserna. Vad gäller NO_x -utsläpp föreligger mätskyldighet om tillförd effekt är minst 50 MW och tillförd årlig energi minst 50 GWh.

12.9.2 *Mätning direkt i rök-gaskanalen*

Mätning direkt i rök-gaskanalen (avgaskanalen) kallas in-situ mätning. Vanligen utnyttjas optiska metoder, vilket innebär att man skickar ljus genom rökgasen och analyserar hur mycket ljus som absorberas vid olika våglängder. Eftersom olika gaser har olika absorptionsområden ger det utgående spektrat information om vilka komponenter som rökgaserna innehåller och halterna av dem. Tekniken kan utnyttjas för ett stort antal komponenter såsom NO , NO_2 , SO_2 , CO, CO_2 , H_2O och HCl. Genom komplettering med en zirkoniumoxidcell (se nedan) kan även O_2 mätas in-situ.

Man skiljer på genomsiktsmätningar och punktmätningar. Vid genomsiktsmätning genomlysas rök-gaskanalens hela bredd, se figur 12.1. Våglängdområdet sträcker sig från IR (infrarött ljus) till UV (ultraviolett ljus).



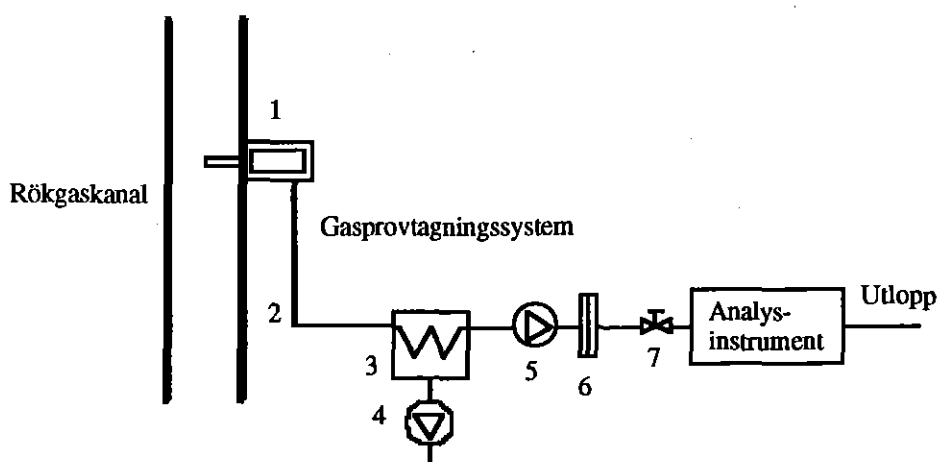
Figur 12.1 Genomsiktsmätning

Punktmätning innebär att mätsträckan finns inuti en mätsond som placeras i rökgaskanalen. Detta ger enklare montage men mindre optisk upplösning på grund av den kortare mätsträckan. Punktmätning arbetar inom områdena IR och UV.

12.9.3 Mätning utanför rökgaskanalen

Mätsystem för mätning utanför rökgaskanalen kallas extraktiva system. Ett delgasflöde tas ut från rökgaskanalen, behandlas på ett eller annat sätt och leds därefter till ett analysinstrument. Fördelen gentemot in-situ system är att analysen kan ske under kontrollerade förhållanden vad gäller bl a stoft, tryck och temperatur.

Vid **extraktivt kondenserande system** torkas rökgasen innan den analyseras, se figur 12.2. Delgasflödet sugas ut via en uppvärmd provtagningssond innehållande ett keramiskt filter (1). Gasen leds genom en uppvärmd ledning (2) till en kylare (3) där fukt utkondenserar. Kondensatet bortförs med en pump (4). Gasen strömmar vidare till en pump (5) och därifrån via ett finfilter (6) och en nålventil (7) till analysinstrumentet. För att analysen skall kunna ske vid stabila förhållanden är analysinstrumentet temperaturrelerat.



Figur 12.2 Extraktivt kondenserande mätsystem

Extraktivt kondenserande system är de vanligast förekommande då det gäller fast installerade gasanalyssystem. Det är framför allt frånvaron av fukt i sådana system som ger stora mätfördelar. Fukt interfererar nämligen med flera andra komponenters väg-

längder, vilket innebär att man vid t ex mätning av NO även kan få ett visst mätbidrag från fukten. Nackdelen är att man inte kan mäta de gaskomponenter som fälls ut och löses i kondensatet i mätgaskylaren såsom H_2O , NH_3 och HCl .

Vid **extraktiva icke kondenserande system** görs analyserna på fuktig gas. Detta medger mätning av de ovan nämnda komponenterna H_2O , NH_3 och HCl . I princip har man samma urval av gaskomponenter som vid in-situ mätning.

Icke kondenserande system har samma uppbyggnad som de kondenserande med undantag av mätgaskylaren, som saknas, och att gasen värms till $200^\circ C$ genom hela systemet.

Slutligen skall nämnas **utspädningssystem**, där man späder ut rökgasen med torr instrumentluft för att sänka daggpunkten och förhindra kondensation. Någon uppvärmning av delgasflödet behövs således inte men å andra sidan medför utspädningen att låga föroreningshalter blir svårare att mäta.

12.9.4 Analyismetoder

Analysinstrumenten, som används vid de extraktiva metoderna, kan vara av olika slag. Några av de vanligaste beskrivs nedan.

IR/UV

Mätning av ljusabsorption inom IR- och UV-områdena hör till de vanligaste sätten för bestämning av halten av olika gaskomponenter vid emissionsmätningar. Metoden har nämnts ovan i samband med in-situ mätningar men den används även i analysinstrument kopplade till extraktiva system.

Haltbestämningen sker genom observation av hur mycket ljus som absorberas inom ett bestämt våglängdsområde när provgasen genomlyses. Varje gaskomponent har karakteristiska våglängder inom vilka de absorberar ljus. Våglängden för den aktuella komponenten skiljs ut med fasta optiska filter. Instrumenten mäter vanligen endast en komponent, men det finns mätare som kan mäta flera komponenter genom växling mellan olika optiska filter. Tekniken är användbar på ett flertal gaskomponenter, dock ej O_2 .

DOAS

DOAS (Differential Optical Absorption Spectroscopy) arbetar också inom IR/UV-området. Skillnaden gentemot den ovan nämnda principen är att hela området från IR till UV-ljus avsöks och därmed kan man mäta koncentrationen av flera gaskomponenter. Även här gäller att metoden ej fungerar för O_2 .

FTIR

FTIR (Fourier Transform Infrared) arbetar endast inom IR-området. Det erhållna spektret jämförs med ett referensspektrum för bestämning av absorptionen för flera komponenter. Tekniken är användbar på en mängd gaskomponenter, dock ej O_2 .

Kemiluminiscens

Denna teknik används primärt för bestämning av NO-halten. Med hjälp av ozon oxideras NO till NO_2 och resultatet blir exciterade NO_2 -molekyler vars extra-energi avges i form av ljus när de återgår till normaltillståndet för NO_2 . Den uppmätta ljusintensiteten står i relation till den ursprungliga NO-halten.

Vissa andra komponenter såsom NO_2 och NH_3 kan bestämmas genom att de omvandlas till NO före analysatorn.

Elektrokemiska celler

Metoden bygger på att molekyler får passera ett membran som endast är genomsläppligt för den gas som skall detekteras. Efter passagen oxideras eller reduceras gasen i en elektrolyt och den strömförändring som sker i elektrolyten är proportionell mot halten av den aktuella gaskomponenten. Metoden är applicerbar på de vanligaste gaskomponenterna och används oftast i handinstrument.

Zirkoniumoxid

O₂-halten i en gas kan bestämmas med utnyttjande av zirkoniumoxid. En spänning alstras av syrejonvandringen i en uppvärmd zirkoniumoxidcell när det råder en differens i O₂-koncentrationen mellan cellens in- och utsida. Cellens insida tillförs luft och utgör därmed referens, medan utsidan exponeras för provgasen. Metoden är vanligast in-situ men används även i extraktiva system.

Paramagnetism

Analysmetoden använder sig av vissa molekylers paramagnetiska egenskaper. Med magnetiska fält avleds O₂-molekyler från provgasen. Genom mätning av flödesskillnaden mellan en opåverkad gasström och en gasström där O₂-molekylerna avletts erhålls en signal som står i relation till O₂-halten. Metoden används normalt i extraktivt kondenserande system. Tekniken kan även utnyttjas för andra gaskomponenter, t ex H₂.

Referenser

- 12.1 Margarete Matre m fl
CO₂-Teknologi. Litteraturstudie om utskilling og deponering av CO₂ fra røkgasser
NGC-rapport, mars 1993
- 12.2 Froste H, Naturvårdsverket. Personlig kommunikation (1996)
- 12.3 Underlag från Håkan Henriksson,
Sydkraft Konsult. Sept 1997



13 ANLÄGGNINGSTYPER

Med tanke på att olika förbränningsteknik kan ge olika emissioner även för ett och samma bränsle kan det vara praktiskt att redovisa emissionerna efter anläggningstyp. I detta kapitel ges korta beskrivningar av några av de vanligaste anläggningstyperna.

13.1 Apparater

Med apparater menas här utrustning av typ spisar, tvättmaskiner, luftkonditionering, varmvattenberedare och radiatorer. Vanligen förknippas sådan utrustning med "bränslet" el, men de kan även driva med gasformiga bränslen såsom naturgas, gasol och stadsgas. Med radiatorer avses här radiatorer direktvärmda med el eller gas. Andra bränslen än gas är knappast aktuella.

13.2 Villapannor

Villapannor ligger normalt inom effektområdet 10-30 kW. De kan i princip eldas med alla slags bränslen och ofta är de utförda för mer än ett bränsle, s k kombipannor.

Gaseldade pannor förses med atmosfärsbrännare eller fläktbrännare. Fördelen med fläktbrännare är att de tillåter större strömningsmotstånd genom pannan, vilket ger möjlighet att effektivisera värmeöverföringen till pannvattnet.

Rökgaserna innehåller vattenånga vars energiinnehåll kan tas tillvara genom kondensering. Fuktiga bränslen och väterika bränslen ger rökgaser med stor fukthalt. Exempel på de förra är fuktiga bibränslen och på de senare naturgas. Stora energivinster kan således göras genom kondensering av rökgaserna från sådana bränslen. Naturgasernas låga svavelinnehåll gör att man i allmänhet inte får några korrosionsproblem i samband med kondenseringen.

Villapannor förses av ekonomiska skäl ej med utrustning för rökgasrening. Reducering av utsläppen sker i stället genom förbränningstekniska åtgärder. Används rökgaskondensering för värmeåtervinning minskar även emissionerna, dels genom att bränsleförbrukningen minskar för en given uteffekt, dels genom att vissa föroreningar avskiljs i kondensatet. Under avsnittet större pannor redovisas möjliga utsläppsreduktioner genom rökgaskondensering.

Årsmedelverkningsgraden för befintliga och nya pannor visas i tabell 13.1. Årsbehovet av energi för uppvärmning och varmvattenberedning uppgår för nya enfamiljshus till ca 15.000 kWh. En del av detta tillgodoses genom belysningen och "spillvärme" från elapparater, typ kyl- och frysskåp.

Tabell 13.1. Årsmedelverkningsgrad för villapannor

		Gas	Olja	Ved
Befintliga	%	76	68	55
Nya	%	80	77	70

13.3 Större "konventionella" pannor

Med större pannor menas här "konventionella" pannor för hetvatten- eller ångproduktion i större fastigheter, fjärrvärmeverk, kraftvärmeverk och kraftverk samt inom

industrin. De kan normalt indelas i följande storleksgrupper, där effekten avser termisk effekt:

- Fastighetspannor < 0,3 MW
- Blockcentraler 0,3 - 5 MW
- Värmeverk/små kraftvärmeverk 25 - 100 MW
- Stora värmeverk/kraftvärmeverk/kraftverk > 100 MW

Även större konventionella pannor kan eldas med alla slags bränslen. Fasta bränslen, såsom biobränslen, torv och kol, kan eldas i rosterpannor, pulverpannor eller svävbäddar. (Beträffande de senare, se avsnitt 13.4). Rostertekniken används för små pannor och större pannor upp till ca 150 MW. Pulverpannor är vanligen relativt stora, över 50 MW, och kräver att bränslet är i pulverform. Biobränslen är ofta fuktiga och måste torkas innan de kan malas till pulver och användas i pulverbrännare.

Rökgaskondensering är lämpligt att använda då pannorna eldas med bränslen med hög vattenhalt eller hög vätehalt, t ex trädbränslen, torv, hushållsavfall, gasol och naturgas. I en fjärrvärmepanna kan returvattnet från fjärrvärmesystemet förvärmas i en rökgaskondensator för att sedan slutvärmas i själva pannan.

Rökgaskondensering bidrar även, som tidigare nämnts, till att minska utsläppen av luftburna föroreningar, eftersom en del av dessa löses i kondensatet. I tabell 13.2 ges ungefärliga siffror på storleken av reduktionen.

Tabell 13.2. Utsläppsreduktion genom rökgaskondensering

Förorening	Reduktion i %
Stoft (efter stoftavskiljare)	40 - 80
Svaveldioxid	10 - 30
Saltsyra	80
Vätefluorid	80
Kvicksilver	40 - 80
Organiska föreningar	40 - 80

Större fastbränsleeldade pannor är alltid försedda med stoftavskiljare och numera är de ofta, framför allt kolpannor, även försedda med utrustning för avsvavling och NO_x-reduktion.

13.4 Svävbäddspannor

En svävbäddspanna består i princip av en behållare innehållande en blandning av "ballastmaterial" och ett fast bränsle samt eventuellt kalk, kalksten eller dolomit för avsvavling. Luft blåses in underifrån så att bäddmaterialet "svävar" och den utvecklade värmen extraheras från pannan genom olika kombinationer av vattenkylda slingor i bädden, vattenkylda panelväggar i pannan och värmeupptagande ytor i rökgasströmmen efter bädden.

Man skiljer på atmosfäriska bäddar och trycksatta bäddar. Av de atmosfäriska finns två typer: Bubblande bädd (BFB) och cirkulerande bädd (CFB). I en CFB cirkuleras en del av bäddmaterialet i en yttre krets. Den cirkulerande bädden har normalt något bättre miljöprestanda än den bubblande, bl a ger lägre förbränningstemperatur lägre NO_x-bildning. Atmosfäriska bäddar finns för flera olika fasta bränslen.

Med en trycksatt svävbädd (PFBC) kan man få ut högre effekt för en given volym. Den enda svenska trycksatta bädden finns hos Stockholms Energi i deras Värtaverk. Tekniken är för närvarande endast utvecklad för kolbränslen.

Avsvavling sker relativt enkelt genom tillsats av ett kalkhaltigt material i bädden. Rening av rökgaserna med avseende på stoft, kväveoxider m m sker på samma sätt som vid konventionella pannor.

13.5 Gasturbiner, kombianläggningar

Gasturbiner använder som bränsle energigaser eller lättare oljeprodukter. Renodlade gasturbiner används av kraftföretagen i Sverige endast för topplast och som reservkraftverk. Anledningen härtil är den låga termiska verkningsgraden, 30 - 35 %, räknat som utmatad elenergi i förhållande till tillförd bränsleenergi.

På senare tid har man emellertid börjat använda gasturbiner i kombination med pannor som "eldas" med avgaserna från gasturbinen. Pannan kan antingen producera enbart hetvatten för uppvärmningsändamål eller ånga för ytterligare elproduktion. I det senare fallet kan även spillvärmeförbrukningen från ångcykeln tillvaratas för uppvärmningsändamål. Sådana anläggningar kallas kombianläggningar.

Kombianläggningar finns i storlekar mellan 5 och 250 MWe. Vid enbart elproduktion ligger verkningsgraden för en större naturgaskombi på 58 % och för en större oljeeldad dito på 56 %. Miljömässigt sett ger naturgaskombin något lägre NO_x-utsläpp än en oljeeldad kombianläggning.

13.6 Stationära förbränningsmotorer

Dieselmotorer och gasmotorer kan användas för småskalig kraftvärmeproduktion med effekter per enhet upp till ca 20 MWe. Användningen i Sverige är mycket begränsad, medan motsatsen gäller i bl a Danmark.

Problemet med förbränningsmotorer har tidigare varit kväveoxidutsläppen som legat i storleksordningen 1.000 - 1.500 mg/MJ. Med modern lean burn teknik har man nu kommit ner i nivåer som ligger vid 10 - 20 % av de ursprungliga värdena. Med naturgas erhålls något lägre NO_x-utsläpp än med dieselolja .

13.7 Fordonsmotorer

Huvuddelen av befintliga landsvägsfordon drivs med kolvmotorer och använder bensin eller dieselolja som drivmedel. Av olika skäl - försörjningsmässiga, ekonomiska, miljömässiga etc - arbetas det emellertid världen över på alternativa drivmedel. För svenskt vidkommande förekommer det redan i dag fordonsdrift med naturgas, biogas, etanol, metanol och rapsolja. En statlig utredning om alternativa drivmedel presenterades i december 1996. (Ref. 13.1).

Kolvmotorn förekommer huvudsakligen i två varianter: ottomotorn (gnisttändningsmotor) och dieselmotorn (kompressionständningsmotor)

I ottomotorn insugs en blandning av luft och bränsle i cylindrarna. Blandningen komprimeras och antänds av gnistan från ett tändstift. För undvikande av för tidig tändning (knackning) måste kompressionsförhållandet begränsas till ca 1:9 i en bensinmotor och till 1:12 i en naturgasmotor.

I dieselmotorn insugs luft som komprimeras så mycket att bränslet antänds när det sprutas in i cylindern. Luftmängden är konstant och motoreffekten regleras med mängden insprutat bränsle. För att säkerställa tändning används ett typiskt kompressionsförhållande på 1:18, vilket också bidrar till hög verkningsgrad.

Dieselprincipen kan ej tillämpas på motorer som drivs med metanbaserade gaser (naturgas och biogas), eftersom metan är ett svårantändligt bränsle. Sådana motorer måste arbeta enligt ottoprincipen, dvs vara försedda med tändstift. En möjlighet finns dock att köra en dieselmotor på metan om man samtidigt med gasinjektionen sprutar in en liten mängd dieselolja - s k pilot injection. Kompressionsvärmens antänder då dieseloljan som i sin tur antänder gas-luftblandningen.

För att minska föroreningshalten i avgaserna kan flera metoder tillämpas. En tidigt använd metod för ottomotorer är EGR (Exhaust Gas Recirculation, dvs återcirkulation av avgaser till motorn). CO₂ och vattenånga i avgaserna ökar värmekapaciteten i förbränningsluften och därmed faller förbränningstemperaturen, vilket ger en god NO_x-reduktion. NO_x-halten minskar även av det skälet att förbränningsluftens syrenehåll minskar vid inblandning av avgaser.

Det finns gränser för vad man kan åstadkomma med EGR. Skulle mängden återcirkulerade avgaser bli för stor så blir förbränningen i motorn ofullständig, vilket medför ökande utsläpp av CO och oförbrända kolväten.

En annan metod för begränsning av föroreningsutsläpp är katalytisk rening av avgaserna. Två typer av katalysatorer är därvid aktuella:

- 3-vägs katalysatorer och
- oxiderande katalysatorer

Den första typen reducerar NO_x till kväve och syre samt oxiderar koloxid och oförbrända kolväten. Tre avgaskomponenter reduceras således, därav namnet på metoden. Denna katalysator typ kräver att bränsle/luft-förhållandet (även kallat lambdavärdet) ligger på det stökiometriska värdet, dvs luftmängden måste vara exakt så stor som behövs för fullständig förbränning. Därför kan 3-vägs katalysatorer ej användas på dieselmotorer där ju bränsle/luft-förhållandet varierar med belastningen. De kan endast användas på ottomotorer med elektroniskt reglerad bränsleinsprutning styrd av en s k lambdasond som mäter syrenehållet i avgaserna.

En oxiderande katalysator avlägsnar endast sådana beståndsdelar som kan oxideras, dvs koloxid och oförbrända beståndsdelar. I gengäld kan de användas på såväl ottomotorer som dieselmotorer.

Alla typer av fordon kan i princip anpassas till alternativa drivmedel, dvs andra drivmedel än bensen och dieselolja.

Ett vanligt alternativt drivmedel i dag är naturgas. Naturgasens energiinnehåll, räknat per volymenhet, är avsevärt mindre än energiinnehållet i flytande drivmedel. Naturgasen måste därför komprimeras kraftigt för att tankvolymen i fordonet ej skall bli för stor. Ett vanligt tryck är 200 bar men trots detta blir tankvolymen större än vid bensen eller dieseldrift.

Fordon som skall köras på naturgas kan antingen byggas om (konverteras) från bensen- eller dieseldrift eller byggas för gasdrift från början. I Sverige ligger Volvo främst när det gäller naturgasdrift. Volvo har således en variant av sin stationsvagn modell V70 utförd så att den kan köras på både naturgas och bensen, s k dual-fuel drift.

Vad gäller tyngre fordon har Volvo utvecklat speciella gasmotorer avsedda för lastbilar och bussar.

Biogas kan användas som fordonsbränsle på samma sätt som naturgas. Den råa biogasen måste dock "uppgraderas" till högre kvalitet, bl a högre metaninnehåll, för att gasmotorn skall fungera tillfredsställande.

Andra alternativa drivmedel är som tidigare nämnts metanol, etanol, rapsmetylester (RME), gasol och dimetyleter (DME). Några av dessa beskrivs i kapitel 4 (Bränslen). För den som är intresserad av hur dessa bränslen påverkar utformningen av fordonsmotorerna hänvisas till referens 13.1.

13.8 Specialtillämpningar

För naturgas, gasol och andra rena energigaserna finns speciella tillämpningar som ej är möjliga eller praktiskt svåra att åstadkomma med andra bränslen. Exempel härpå är IR-strålare, fiberbrännare och vätskevärmare. Beskrivning av sådana tillämpningar och därmed förknippade emissioner avses bli behandlade i en senare utgåva av miljöhandboken.

Referenser

- 13.1 Bättre klimat, miljö och hälsa med alternativa drivmedel
Betänkande av Alternativbränsleutredningen SOU 1996:184



14 TYPISKA EMISSIONSVÄRDEN

I detta kapitel redovisas typiska utsläppsvärden för olika typer av förbränningsanläggningar eldade med olika slags bränslen samt för fordon. Det skall betonas att det rör sig om typiska värden eller medelvärden, eftersom utsläppen i de enskilda fallen beror på bränslesort, bränslekvalitet, förbränningsteknik och reningsteknik. I vissa fall anges vilka förutsättningar som gäller för de olika utsläppsvärdena. Det skall också påpekas att utsläppsvärden i detta kapitel gäller enbart utsläpp från slutanvändningen och är beräknade i förhållande till tillförd bränsleenergi. Utsläpp från hela bränslecykeln behandlas i kapitel 15 och utsläpp från några typanläggningar räknat på nyttiggjord energi redovisas i kapitel 16.

14.1 Förhållanden som påverkar emissionernas storlek

Utsläppen från en förbränningsanläggning är som nämnts ovan i huvudsak beroende av

- a) använt bränsle
- b) förbränningsteknik och
- c) eventuell reningsteknik

Vad gäller bränslet är det inte enbart bränslesorten som sådan (kol, olja, flis, naturgas etc) utan även bränslets kvalitet, dvs innehåll av svavel, tungmetaller, aska m m som bestämmer utsläppsnivåerna. Till bränsleavhängiga emissioner hör bl a CO_2 -, SO_2 - och tungmetallemissionerna. NO_x -emissionerna hör delvis hit eftersom bränslets kväveinnehåll påverkar NO_x -bildningen.

Förbränningstekniken påverkar också utsläppen. Det är således stor skillnad på utsläppen från en oljeeldad panna och en dieselmotor. Ett annat exempel är utvecklingen av låg- NO_x -tekniken som innebär att man med förbränningstekniska åtgärder kraftigt kan reducera NO_x -bildningen. Typiska exempel på utsläpp som hör till denna kategori är NO_x -, N_2O (lustgas)-, CH_4 (metan)- och CO (koloxid)-utsläpp.

Om rökgasrening används har detta naturligtvis också en påverkan på utsläppens storlek. Olika reningstekniker har behandlats i kapitel 12.

Det skall påpekas att det inte alltid varit möjligt att finna utsläppsdata för alla kombinationer av bränsle och anläggningstyp. Likaså finns inte alltid uppgifter om utsläpp av alla typer av föroreningar. Ambitionen har emellertid varit att åtminstone för naturgasens del finna och här återge så mycket relevant material som möjligt.

14.2 Apparater

Som tidigare nämnts är det med få undantag endast gas som är aktuellt som bränsle för det som här rubriceras som "apparater" dvs spisar, separata varmvattenberedare och radiatorer.

Uppgifterna nedan gäller för Danmark (Ref. 14.1) där ca 3/4 av gasdrivna apparater utgörs av spisar och resten av varmvattenberedare och radiatorer. Merparten drivs med stadsgas som huvudsakligen framställs ur naturgas. Eftersom el i Danmark produceras i fossileldade kraftverk har som jämförelse i tabell 14.1 emissionerna för att producera el till elspisar m m även inkluderats. "Elvärdena" är således ej representativa för Sverige. kWh avser i elfallet kWh el.

3.5 Ammoniak

Bildning/förekomst

7

Ammoniak kan också bildas från bränslets kväveinnehåll vid förbränningsprocessen och speciellt vid förbränning av biobränslen. Bildningen beror på dålig förbränning och sker samtidigt med bildning av andra oförbrända ämnen.

3.9 Dioxiner och furaner

8

Övrigt

Förutom halter av de enskilda isomererna brukar man även ange totalhalten av dioxiner omräknat till TCDD-ekvivalenter. I ekvivalentberäkningen tar man hänsyn till de olika isomerernas toxicitet gentemot den mest giftiga, som är 2,3,7,8 – Tetra CDD. Då ett mätresultat avser TCDD-ekvivalenter brukar det anges som (t ex) ng TE/(Nm³)

14 TYPISKA EMISSIONSVÄRDEN

I detta kapitel ...

... i kapitel 16.

15

I juni 1998 publicerade SGC rapporten "Utsläpp av oreglerade ämnen vid förbränning av olika bränslen" (Ref 14.6). I rapporten redovisas typiska utsläppsvärden för bl a metaller, klorväten, dioxiner och polyaromatiska kolväten, d v s ämnen som ej är med i miljöhandbokens ursprungliga avsnitt 14.1 – 14.5. I stället för att baka in nytillkomna värden i avsnitten 14.1 – 14.5 har här valts att redovisa dem separat i ett nytt avsnitt 14.9. Angivna utsläppsvärden i det avsnittet gäller för olika slags pannor d v s inga uppgifter redovisas för gasturbiner, stationära motorer eller fordon.

Det skall också nämnas att i referens 14.6 finns mer omfattande utsläppsdata för stoft, kolmonoxid, dikväveoxid och ammoniak än vad som redovisas i avsnitten 14.1 – 14.5 här i miljöhandboken.

14.1 Förhållanden som påverkar emissionernas storlek

Utsläppen från ...

... och CO (koloxid)-utsläpp.

16

Det har på många håll diskuterats om det kan finnas ett samband mellan CO-utsläpp och utsläpp av klorväten, typ PAH, eftersom närvaron av PAH också kan bero på ofullständig förbränning. Man har emellertid inte funnit något entydigt samband, men erfarenheterna visar i vart fall att en låg CO-koncentration är en nödvändig förutsättning för en låg PAH-koncentration

14.9

Utsläpp av metaller, klorväten, dioxiner och PAH

Metaller

Exempel på metallemissioner vid förbränning av olika bränslen visas i tabell 14.10. Värdena är hämtade från flera referenser vilket innebär att en del variationsområden är relativt stora. Det skall observeras att värdena för kol, torv och biobränslen gäller efter stoftavskiljning med de i tabellhuvudet angivna verkningsgraderna.

Tabell 14.10 Metallemissioner vid förbränning av olika bränslen

(Identisk med tabell 4.4 i SGC 090. Obs att referenserna i tabellrubriken ej skall med)

En entydig slutsats från tabellen är att även om fastbränsleeldade anläggningar förses med stoftavskiljare är deras metallutsläpp avsevärt högre än för anläggningar eldade med naturgas.

Klorväten

Mängden utsläppta klorväten sammanhänger med bränslets klorinnehåll samt med förekomsten av utrustning för rökgasrening, framför allt rökgasavsvavling. Rökgasavsvavling kan reducera klorväteutsläppet med en faktor 10.

Klorinnehållet i kol varierar mellan 0,003 % och 0,4 %, d v s mer än en faktor 100, beroende på varifrån kolet kommer. 99 % av klorväten förflyktigas vid förbränningen och om rökgasavsvavling förekommer så absorberas ca 90 % i reningsutrustningen.

Normal klorhalt i olja ligger vid 4 ppm (4 mg/kg) för lättolja och 90 ppm (90 mg/kg) för tjockolja. Om rökgaskondensering förekommer antas allt klorväte fällas ut i kondensatet, d v s ingen del kommer ut till omgivningen via rökgaserna.

forts.

Tabell 14.1. Emissioner förknippade med hushållsapparater

	Emission g/kWh		Emission mg/MJ	
	El	Gas	El	Gas
CO ₂	655	205	182 000	57 000
SO ₂	2,3	0	640	0
NO _x	2,0	0,2	550	55

För speciellt gasspisar anger den danska referensen värden enligt tabell 14.2.

Tabell 14.2. Emissioner från gasspisar (2-3 kW)

Specifika utsläpp		Utsläpp från en spis	
NO _x mg NO _x /MJ	CO mg CO/MJ	NO _x kg NO _x /år	CO ₂ kg CO ₂ /år
25 - 50	≈ 40	0,2	151

Gasspisar tillhör det man kallar direktanvändning av gas, dvs avgaserna går direkt ut i utrymmen där människor vistas eller kan vistas. För några år sedan uppstod i Danmark en diskussion om huruvida direkt naturgasanvändning kunde bidra till ökad sjuklighet hos bl a astmatiker. Orsaken skulle då vara den NO_x-koncentration som t ex en gasspis ger upphov till i ett kök.

Också barn utpekades som en speciell riskgrupp och ett antal undersökningar igångsattes för att kartlägga NO_x-koncentrationer i bl a kök samt att fastlägga effekten av NO_x-exponering på människor.

I undersökningarna ingick exponering av försökspersoner med NO₂ i speciella klimatkamrar. Efter en omfattande statistisk analys och bearbetning av försöksresultaten kom man sammanfattningsvis fram till följande:

- Korttidsexponering (2 timmar) av såväl friska personer som astmatiker med NO₂-nivåer upp till 0,8 ppm gav inga påvisbara effekter.
- Korttidsexponering av astmatiker med 1 ppm NO₂ och av friska personer med 2 ppm NO₂ ger ingen försämring av lungfunktionen.

Mätningar i ett antal kök med gasspisar gav som högsta resultat 1,9 ppm NO och 0,7 ppm NO₂. Detta uppnåddes i ett kök med dålig ventilation och med gasspis och gasugn igång samtidigt. Genomsnittsvärdena för samtliga kök låg betydligt lägre.

Konklusionen är således att direkt gasanvändning, typ gasspisar, inte medför någon hälsorisk förutsatt att normal ventilation förekommer.

14.3 Villapannor

På naturgassidan pågår utveckling av brännare för villapannor med mycket låga utsläpp. Det kan t ex nämnas att i Tyskland har en ny katalytisk strålningsbrännare tagits fram som ger ett utsläpp på mindre än 3 mg/MJ av NO_x och minde än 5 mg av CO.

För vedeldade pannor syftar den tekniska utvecklingen främst till en sänkning av utsläppen av VOC och tjära. Detta har dock medfört en ökning av NO_x-utsläppen; från ett medelvärde på ca 80 mg NO₂/MJ för existerande pannor till 100-140 mg NO₂/MJ för nya pannor.

I tabell 14.3 redovisas typiska emissionsdata för villapannor eldade med naturgas, olja respektive ved. För vedpannor tillkommer dessutom restprodukter i form av aska till en mängd av ca 2000 mg/MJ.

Tabell 14.3. Emissioner från villapannor (Ref 14.1 och 14.2)

Pannotyp	NO _x mg NO ₂ /MJ	CO mg/MJ	SO ₂ mg/MJ	CH mg/MJ	VOC mg/MJ	PAH µg/MJ	Stoft mg/MJ	Tjära mg/MJ
<i>Gaspannor</i>	20 - 40	5 - 20	< 0,2	–	–	0,05	0	0
<i>Oljepannor</i>								
Äldre (15 år)	110 - 40	–	20	–	–	–	–	0
Bef. medel	100	–	20	–	–	–	–	0
Ny	33 - 70	15	20	4	–	–	–	0
<i>Vedpannor</i>								
Bef. medel	80	–	20	–	1 800	–	–	600
Ny	100 - 140	1 250	20	–	450	–	20 - 25	5 - 30

– Innebär att uppgift saknas
Bef. medel = befintliga pannor, medelvärde

Utsläpp som ej återfinns i tabellen är metan och kondensat vid kondenserande pannor.

Man kan räkna med en viss emission av metan om det förekommer många start och stopp av en naturgaspanna. Vid varje start/stoppsekvens passerar nämligen en mindre del oförbränd gas genom pannan. Några uppgifter om utsläppens storlek har ej stått att finna.

Kondensatet innehåller en del av de föroreningar som annars skulle medföljt rökgaserna ut till atmosfären. Med de föroreningskoncentrationer som tidigare angetts för kondenserande villagaspannor (kapitel 3) erhålls utsläpp enligt tabell 14.4 under förutsättning att all vattenånga kondenseras (1,7 liter vatten per m³ naturgas, eller 43 g vatten per MJ bränsleenergi).

Tabell 14.4. Utsläpp av föroreningar via kondensatet från 100 % kondenserande villagaspanna (Ref 14.1)

Förening	Klorid	Fluorid	Sulfat	Nitrat	Nitrit	Ammonium
Utsläpp, mg/MJ	0,36	0,01	0,25	0,82	0,04	0,11

14.4 Större pannor

Större pannor skiljer sig från de mindre bl a genom att flera alternativ vad gäller bränslets form kan erbjudas (t ex kolpulver), bättre reglermöjligheter (kontinuerlig reglering i stället för on-off reglering) och större möjligheter till utsläpps begränsningar (t ex genom rökgasrening)

Typiska utsläppsvärden för nya, större pannor redovisas i tabell 14.5. Vissa av de förutsättningar som gäller för utsläppsvärdena anges i fotnoter. Data för bibränslepannor baseras på skogsbränsle med värmevärdet 8,2 MJ/kg bränsle, fukthalten 50 % och askhalten 2 % räknat på torrsubstansen.

Tabell 14.5 Emissioner från större pannor (Ref 14.1 och 14.2)

Pannotyp	NO _x mg NO ₂ /MJ	CO mg/MJ	S mgS/MJ	NH ₃ mg/MJ	N ₂ O mg/MJ	PAH µg/MJ	Stoft mg/MJ
Gaspannor							
100-200 kW	30-60	13	< 0,2	0	1	0,2	0
2- 80 MW	40-80	20	< 0,2	0	1	0,2	0
Oljepannor							
Utan SCR eller SNCR	100 - 150	15	100 ¹⁾	–	2		15
Med SCR eller SNCR	< 50	15	100 ¹⁾	2	> 2		15
Kolpulverpannor							
Utan rening	75-150	10-100	150-400 ²⁾	2	< 5		–
Med rening	< 50	10-100	< 50	2	< 5		< 15
Biobränslepannor							
Rost	40-100 ³⁾	< 30	10	2 ⁴⁾	< 5		< 15
Pulver	75-100 ³⁾	< 15	10	2 ⁴⁾	< 5		< 15

- 1) Max tillåtet för tjockolja
- 2) Svavelhalt i kolet 0,4 - 1 %
- 3) Med SNCR sänks nivån till < 50 mg/MJ
- 4) Gäller med SNCR

14.5 Svävbäddspannor

Eftersom svävbäddspannor endast förekommer för fasta bränslen är redovisningen i tabell 14.6 begränsad till kol och biobränslen.

Liksom för "större pannor" är utgångsvärdena för biobränslen:

- skogsbränsle med värmevärdet 8,2 MJ/kg bränsle
- fukthalt 50 %
- askhalt 2 % räknat på torrsubstansen

Angivet svavelutsläpp för biobränslen gäller utan åtgärder för svavelreduktion. Med kalkdosering i bädden kan en svavelreduktion upp mot 90 % erhållas i en CFB och 70-80 % i en BFB. I en trycksatt svävbädd, PFBC, kan 95 % svavelreduktion erhållas.

Tabell 14.6 Emissioner från svävbäddar (Ref 14.2)

Panntyp	NO _x mg/NO ₂ /MJ	CO mg/MJ	S mgS/MJ	NH ₃ mg/MJ	N ₂ O mg/MJ	Stoft mg/MJ	
Kol							
BFB	50-75	-	150-400 ¹⁾	2	1-20-40-1	< 15	30-80
BFB med SNCR	< 50	-	150-400 ¹⁾	> 2	1-20-40-1	< 15	30-80
CFB	< 50	-	150-400 ¹⁾	2	1-20-50-1	< 15	25-6
CFB med SNCR	< 30	-	150-400 ¹⁾	> 2	1-20-50-1	< 15	25-6
Biobränslen							
BFB	80-100	<90	10	-	10-15	< 15	
BFB med SNCR	< 50	< 90	10	2	10-15	< 15	
CFB	50-70	< 90	10	-	< 15	< 15	
CFB med SNCR	< 50	< 90	10	2	< 15	< 15	

1) Motsvarar 0,4 - 1 % svavel i kolet. Med kalkdosering eller annan svavelreduktion blir emissionsvärdet vanligen mindre än 50 mgS/MJ.

14.6 Gasturbiner

Här behandlas endast utsläppen från renodlade gasturbiner. I de fall en gasturbin ingår i en kombianläggning utan andra "värmekällor" än gasturbinen gäller dock utsläppsvärdena även för kombianläggningen i sin helhet, eftersom värdena räknas per MJ tillförd bränsleenergi. Tabell 14.7 visar typiska utsläppsvärden för gasturbiner drivna med naturgas respektive lätt eldningsolja.

Tabell 14.7 Emissioner från gasturbiner (Ref 14.2)

Utsläpp	Gasturbin med	
	naturgas mg/MJ	olja mg/MJ
NO _x , utan rening	35	300 ¹⁾
NO _x , med SCR	< 35	< 50
SO ₂	< 0,2	190 ²⁾
CO	< 30	-
NH ₃ , med SCR	-	1
N ₂ O	< 5	< 5
Stoft	0	15

¹⁾ Vid vatten- eller ånginsprutning kan nivån sänkas till 75 à 80 mg/MJ.

²⁾ Max tillåtet enligt svavellagen

14.7 Stationära förbränningsmotorer

Liksom för gasturbiner gäller värdena i tabell 14.8 primärt för motorn i sig men kan även gälla motor med avgaspanna om någon tillsatseldning ej sker. Emissionerna räknas, liksom tidigare, på tillförd bränsleenergi, vanligtvis uttryckt som mg/MJ. Värdena för gasmotor gäller lean-burn motor i storleksintervallet 500 - 2 MW.

Tabell 14.8 Emissioner från naturgasmotorer och dieselmotorer (Ref 14.2)

Utsläpp	Naturgasmotor mg/MJ	Dieselmotor mg/MJ
NO _x , utan rening	50-100	1000-1500
NO _x , med SCR	< 50	< 50
SO ₂	< 0,2	190 ¹⁾
CO	< 30	-
NH ₃ , med SCR	2	1
N ₂ O	< 5	< 5
Stoft	0	15

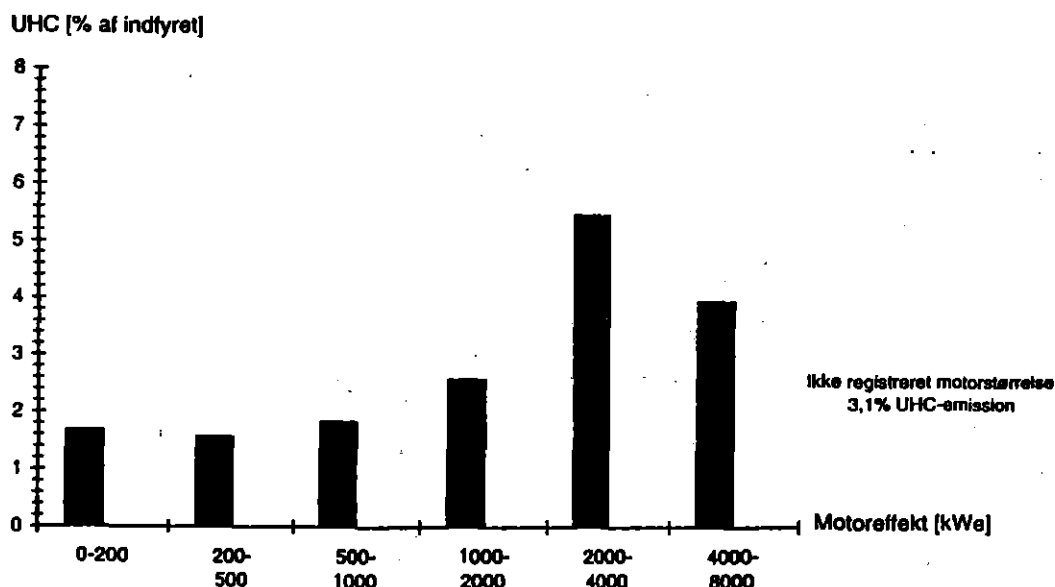
¹⁾ Max tillåtet enligt svavellagen

Owe!
Lars Jvarsson,
SK, har reagerat
mot att gas-
motorns värde

En del av den till en gasmotor tillförda gasen passerar oförbränd genom motorn. Mot-
svarande emission benämns UHC-emission, där UHC står för Unbrunt Hydro Car-
bon. I fallet med dansk naturgas utgörs UHC av metan till 90 %.

I Danmark har gjorts en undersökning av UHC-utsläppens storlek samt hur de förde-
lar sig på motorstorlekar, motorfabrikat osv. (Ref. 14.3).

Fördelningen på motorstorlekar framgår av figur 14.1 som är en sammanställning ba-
serad på mätningar på 50 gasmotoranläggningar. Utsläppen anges i procent av tillförd
gasmängd.



Figur 14.1 Medelvärde på UHC-utsläpp från gasmotor (Ref 14.3)

Räknat på alla 50 gasmotorerna uppgår UHC-utsläppet till i medeltal 4,1 % av den till-
förda gasmängden. 4,1 % motsvarar 2440 mg/Nm³ (5 % O₂) eller ca 550 mg/MJ.

Antalet stationära gasmotorer i Sverige är än så länge mycket begränsat, varför me-
tanutsläppet räknat i absoluta tal (m³/år) är mycket litet i relation till andra metanut-
släpp. Problemet är emellertid under uppsikt och såväl i Danmark som i Sverige pågår
forsknings- och utvecklingsinsatser för att kraftigt sänka utsläppsnivåerna.

I Danmark har även gjorts en jämförelse mellan utsläppen från biogasdrivna och naturgasdrivna motorer. (Ref 14.4). I tabell 14.9 visas resultatet för dels stökiometriska dels lean-burn motorer.

Tabell 14.9. Exempel på utsläpp från biogas- och naturgasdrivna motorer (Ref 14.4)

Komponent	Stökiometrisk motor		Lean-burn motor	
	Biogas	Naturgas	Biogas	Naturgas
O ₂ %	1,0	0,8	8,1	8,1
CO ppm	2 000	2 000	430	450
mg/Nm ^{3*}	2 000	2 000	667	700
NO _x ppm	1 400	780	280	284
mg/ Nm ^{3*}	2 320	1 280	719	710
UHC ppm	1 600	2 840	1 410	1 390

*) vid 5 % O₂

Slutsatsen av tabell 14.9 är att det inte är stor skillnad i utsläppen från biogas resp naturgasdrivna lean-burn motorer. För de stökiometriska motorerna är skillnaderna större. Detta kan bero på skillnader i motorinställning, t ex gas/luftblandningen, tändrörstillstånd och tändningstidpunkt samt att anläggningarna inte är helt identiska.

14.8 Fordon

Emissioner från fordon beror på ett stort antal faktorer däribland fordonstyp, motortyp, drivmedel, körmönster samt nytt eller gammalt fordon. Mätningar har i många fall enbart gjorts på enstaka fordon, varför sådana mätningar inte med säkerhet kan anses representativa för ett större antal identiska fordon.

Mot bakgrund av ett antal utförda emissionsmätningar har AB Svensk Bilprovnings Motortestcenter tagit fram typvärden som kan anses representativa för dagens teknik. Värdena, som enbart avser reglerade emissioner, redovisas i tabellerna 14.10 - 14.11 och är hämtade från Alternativbränsleutredningen (Ref 14.5). I varje tabell har för jämförelsens skull även angetts kraven enligt Miljöklass 2 (EURO 2).

I tabell 14.11 har även lagts in värden från mätningar på tre lastbilar ingående i det s k LB 50-projektet. LB 50 innebär introduktion av 50 st gasdrivna tyngre distributionslastbilar i Sverige, varav 30 naturgasdrivna och 20 biogasdrivna.

(17) → 14.9 Utsläpp av ...

Utsläppen från ...

... och CO (koloxid)-utsläpp.

16

Det har på många håll diskuterats om det kan finnas ett samband mellan CO-utsläpp och utsläpp av kolväten, typ PAH, eftersom närvaron av PAH också kan bero på ofullständig förbränning. Man har emellertid inte funnit något entydigt samband, men erfarenheterna visar i vart fall att en låg CO-koncentration är en nödvändig förutsättning för en låg PAH-koncentration

14.9

Utsläpp av metaller, klorväten, dioxiner och PAH

Metaller

¹²
Exempel på metallemissioner vid förbränning av olika bränslen visas i tabell 14.10. Värdena är hämtade från flera referenser vilket innebär att en del variationsområden är relativt stora. Det skall observeras att värdena för kol, torv och biobränslen gäller efter stoftavskiljning med de i tabellhuvudet angivna verkningsgraderna.

¹²

Tabell 14.10 Metallemissioner vid förbränning av olika bränslen

(Identisk med tabell 4.4 i SGC 090. Obs att referenserna i tabellrubriken ej skall med)

En entydig slutsats från tabellen är att även om fastbränsleeldade anläggningar förses med stoftavskiljare är deras metallutsläpp avsevärt högre än för anläggningar eldade med naturgas.

Klorväten

Mängden utsläppta klorväten sammanhänger med bränslets klorinnehåll samt med förekomsten av utrustning för rökgasrening, framför allt rökgasavsvavling. Rökgasavsvavling kan reducera klorväteutsläppet med en faktor 10.

Klorinnehållet i kol varierar mellan 0,003 % och 0,4 %, d v s mer än en faktor 100, beroende på varifrån kolet kommer. 99 % av kloret förflyktigas vid förbränningen och om rökgasavsvavling förekommer så absorberas ca 90 % i reningsutrustningen.

Normal klorhalt i olja ligger vid 4 ppm (4 mg/kg) för lättolja och 90 ppm (90 mg/kg) för tjockolja. Om rökgaskondensering förekommer antas allt klorväte fällas ut i kondensatet, d v s ingen del kommer ut till omgivningen via rökgaserna.

↓
forts.

(forts fr.
föregående sida)

Klorinnehållet i bibränslen varierar kraftigt men typiska värden kan vara 0,25 – 1 % i rivningsvirke och halm samt 0 – 0,1 % i skogsbränslen. I vissa fall, speciellt utomlands, förekommer rening av HCl för att utsläppen ej skall bli otillåtet höga.

Naturgas har en försumbar halt av klor.

Typiska utsläpp av klorväte vid eldning med kol, olja, bibränslen och naturgas visas i tabell 4.11.

Tabell 4.11 Utsläpp av klorväten (HCl)

(Tabellen identisk med tabell 4.9 i SGC 090. Obs att referenserna i tabellrubriken strykes)

Dioxiner

17

Även bildning och utsläpp av dioxiner förutsätter att klor finns närvarande i bränslet.

Naturgas innehåller som tidigare nämnts försumbara mängder klor, i praktiken nollnivå. Vid naturgaseldade villapannor har man dock i vissa fall uppmätt dioxinutsläpp som varit större än vad som motsvarats av gasens klorinnehåll. Det har då visat sig att förbränningsluften tagits från exempelvis en tvättstuga där tvättmedel orsakat ökad kloridhalt i luften.

Exempel på utsläppsvärden visas i tabell 4.12. Även om redovisade utsläppsmängder förefaller små (redovisas i ng där 1 ng = 0,001 µg) ska man veta att tillåtet dioxinutsläpp från avfallsförbränning i Sverige ligger vid 0,1 ng TE/(Nm³) eller ca 0,05 ng TE/MJ.

Tabell 4.12 Utsläpp av dioxiner från olika bränslen

(Tabellen identisk med tabell 4.12 i SGC 090. Obs att sista kolumnen med referenser skall strykas)

Polyaromatiska kolväten (PAH)

Den litteraturgenomgång som gjorts i ref 14.6 kan sammanfattas i tabell 4.13 för PAH och i tabell 4.14 för PAH-komponenten Bens-a-pyren (BaP).

Tabell 4.13 Variationsområden för PAH-utsläpp

(Tabellen identisk med tabell 4.21 i SGC 090)

forts.

(forts. fr.
föregående sida)

Tabell 4.14 Variationsområden för BaP-utsläpp

(Tabellen identisk med tabell 4.22 i SGC 090)

En entydig slutsats torde vara att bibränslen och torv i genomsnitt ger väsentligt högre PAH-utsläpp än de fossila bränslena. En rangordning mellan de senare förefaller vara naturgas – olja – kol med naturgas som "bästa" bränsle.

17

Vad gäller BaP är bilden otydligare men en medelvärdesbildning tyder på att bibränslen i genomsnitt har de största utsläppen. Även små koleldade pannor uppvisar emellertid relativt höga värden. För torv finns alltför få mätvärden för att man skall kunna uttala sig. När det gäller medelstora och stora pannor är det svårt att rangordna naturgas, olja och kol. Om man antar att det finns en koppling mellan PAH totalt och BaP-komponenten så skulle rangordningen bli samma som för PAH, d v s naturgas "bäst" följt av olja och kol i nu nämnd ordning.

17

MILJÖFÖRBÄTTRINGAR VID INTRODUKTION AV NATURGAS I EN REGION

Vid ersättning av framför allt olja och kol med naturgas i en region, erhålls betydande miljöförbättringar. Förbättringarna beror på en eller flera av följande faktorer vid övergång till naturgas:

- lägre emissionsfaktorer
- högre termisk verkningsgrad
- högre produktivitet

22

I de bedömningar som redovisas nedan har lägre emissionsfaktorer och bättre energieffektivitet beaktats men däremot inte högre produktivitet.

Två studier redovisas. Den ena är en marknadsstudie som ÅF-Energikonsult utfört (Ref 17.1) och som omfattar Östergötlands län. Detta län kan tänkas få naturgas om t ex den befintliga stamledningen från Skåne till Göteborg dras vidare till Mellansverige. Den andra studien har tagits fram av Nordiska

forts.

Tabell 14.10. Emissionsnivåer för lätta fordon med dagens teknik

Gräns resp bränsle	Emission (g/km)					
	NO _x	VOC	CO	Part	Rening	Anm
Miljöklass 2, krav	0,25	0,25/0,16	2,1	0,05		VOC = HC/NMHC
Motorer av ottotyp						
Bensin MK 3	0,10	0,08	0,5	0,01	BAT	
Metanol 85 %, bensin 15	0,10	0,10	1,5	0,005	TWC	
Etanol 85 %, bensin 15 %	0,05	0,06	0,9	0,005	TWC	
Biogas	0,08	0,05	0,1	0,005	TWC	
Naturgas	0,08	0,05	0,1	0,005	TWC	
Gasol	0,08	0,05	0,1	0,005	TWC	
Motorer av dieseltyp						
Diesel MK 3	0,62	0,05	< 0,4	0,06	Ox.kat	
RME	0,70	0,05	< 0,4	0,05	Ox.kat	

BAT = Best Available Technology, bästa tillgängliga teknik. Detta innebär TWC plus ytterligare åtgärder som behövs för att klara kraven för MK 1.

TWC = Three Way Catalyst, trevägskatalysator

Ox.kat = Oxidationskatalysator.

g/kWh

Tabell 14.11. Emissionsnivåer för tunga fordon med dagens teknik

Gräns resp bränsle	Emission (g/kWh)					
	NO _x	VOC	CO	Part	Rening	Anm
Miljöklass 2, (EURO 2) krav	7,0	1,1	4,0	0,15		ECE R49
Motorer av dieseltyp						
Diesel MK1/MK2	6,5	0,1	0,1	0,10	Ox.kat	
Diesel MK1/MK2	6,5	0,1	0,1	0,02	Kat+filt	
Metanol	3,0	0,2	0,1	0,02	Ox.kat	
Etanol	4,0	0,2	0,1	0,02	Ox.kat	
RME	7,5	< 0,1	0,1	< 0,10	Ox.kat	
RME	7,5	< 0,1	0,1	< 0,02	Kat+filt	
DME	2-3	0,1	0,1	0,02	Ox.kat	UFL
Motorer av ottotyp						
Biogas	< 2	0,5	0,02	0,02	Ox.kat	Lean burn
Naturgas	< 2	0,5	0,02	0,02	Ox.kat	Lean burn
Gasol	< 2	0,5	0,02	0,02	Ox.kat	Lean burn
Mätningar på lastbilar inom LB 50-projektet, medelvärden						
Naturgas	1,66	0,99	0,06	0,007		

ECE R49 = Speciell körcykel för att efterlikna verkliga körförhållanden

UFL = Uppgift från litteraturen

Ox.kat = Oxidationskatalysator

Kat+filt = Katalysator och partikelfilter

Referenser

- 14.1 Jan Jensen
Energi og Miljø i Norden
NGC-rapport, maj 1991
- 14.2 Ann Bohlin m fl
Energi och Miljö. Miljökonsekvenser vid användning av naturgas, bibränslen,
olja och kol
- 14.3 Malene Nielsen
UHC/metan-emission fra gasmotorbaserade kraftvarmeinstallationer
DGC Klienterapport, februari 1996
- 14.4 Jan de Wit m fl
Effektivitet, miljøforhold og omkostninger ved biogasdrift af elproducerende
gasmotoranlæg
Dansk Gasteknisk Center, Projektrapport, Dec 1995
- 14.5 Bättre klimat, miljö och hälsa med alternativa drivmedel
Betänkande av Alternativbränsleutredningen
SOU 1996:184
- 14.6 Jörgen Thunell
Utsläpp av oreglerade ämnen vid förbränning
av olika bränslen
Svenskt Gastekniskt Center, rapport SGC 090
Juni 1998



9-15 ~~MILJÖPÅVERKAN FRÅN BRÄNSLECYKELN EXKL FÖRBRÄNNINGSSTEGET~~

Vid utnyttjande av ett visst bränsle uppstår miljöpåverkningar inte enbart från förbränningen av bränslet utan även från utvinning, transport och annan hantering före slutanvändningen. Om två bränslen miljömässigt skall jämföras med varandra bör således hela bränslekedjan inkluderas för att resultatet skall bli så rättvisande som möjligt.

2 (18) Som framgått av tidigare avsnitt är ett bränsles miljöpåverkningar av många olika slag och sträcker sig från lokala hälsoeffekter till eventuella globala klimatförändringar. Dessa olika miljöpåverkningar är svåra att väga mot varandra. Om t ex bränsle A emitterar mer NO_x än bränsle B, men bränsle B emitterar mer CO₂ än bränsle A, vilket bränsle är då bäst ur miljösynvinkel?

En möjlighet är naturligtvis att försöka räkna om miljöpåverkan från alla leden i bränslecykeln till konsekvenser uttryckta i ekonomiska termer. Sjukdom, till följd av luftförorening, skulle t ex kunna räknas om till en samhällsekonomisk kostnad och en havsvattennivåförändring, till följd av klimatförändring, skulle kunna räknas om till en kostnad för förlorad åkermark och för att flytta eller bygga nya bostäder. Osäkerheten i sådana beräkningar blir mycket stor men kan icke desto mindre ha ett visst värde. Vid Risø i Danmark har gjorts vissa ekonomiska konsekvensberäkningar (Ref. 15.1), vilka kortfattat återges i slutet på nästa kapitel, dvs Kapitel 16.

Detta kapitel innehåller analyser av den totala bränslekedjan för naturgas och biobränslen exkl förbränningssteget. I en kommande utgåva avses även olja och kol inkluderas. För en grov inbördes, miljömässig jämförelse mellan de fossila bränslena naturgas, olja och kol behövs emellertid ingen speciell analys, eftersom vi vet att rangordningen är den nämnda med naturgas som minst miljöpåverkande.

Kapitlet omfattar stegen i bränslecykeln fram till slutanvändningen. En summering av emissionerna från alla stegen i bränslecykeln, dvs inklusive slutanvändningen görs i nästa kapitel i anslutning till typfall med kraftvärmeverk och kraftverk.

vv 15.1² Miljöpåverkan från naturgaskedjan (Dansk naturgas levererad i Sverige)

Y ~~Här har förutsatts gasutvinning till havs och data härom har i huvudsak hämtats från en utredning "Life Cycle Data for Norwegian Oil and Gas, 1994", (ref 15.2). De steg som behandlas och som åstadkommer miljöstörningar är~~

- Y-1 (19)
- Utvinning
 - Förbehandling
 - Transmission till havs
 - Transmission på land och
 - ~~- Distribution på land~~

• **Utvinning, förbehandling och transmission till havs**

Gasen och oljan finns i porösa sandstensformationer. Genom ett antal produktionshål tas gasen upp till plattformarna för behandling. Därvid avskiljs först olja och vatten som följer med vid utvinningen i ett separationssteg. Gasen behandlas därefter så att vattenånga, kondenserat av tyngre kolväten samt eventuella partiklar avskiljs. Slutligen komprimeras gasen och transporteras i ställedningar till land.

Vattnet från separationssteget renas höggradigt och pumpas tillbaka ut i havet. Oljeinnehållet är mindre än 40 mg/l vatten. Vattnet innehåller också små mängder kemikalier som härrör från borrvätskan. Man eftersträvar numera vattenbaserade borrvätskor och kemikalier som redan finns i havet, t ex lera och skal.

15

MILJÖPÅVERKAN FRÅN BRÄNSLECYKELN I SIN HELHET

15.1.

Livscykelanalyser (LCA)

Genom livscykelanalyser skaffar man sig information om hur en produkt totalt förbrukar resurser och påverkar miljön. Man följer, enkelt uttryckt, produkten från vaggan till graven och kartlägger därvid produktens behov av material och energi under tillverkning, transport och användning samt vilka miljöeffekter som utsläpp och avfall ger upphov till under dessa skeden.

Likaväl som LCA kan göras för en "hårdvaruprodukt", typ en bil, kan LCA göras för "mjukvaruprodukten" energi. Energi har vanligen sitt ursprung i ett bränsle, t ex kol, och vid en LCA följer man kolet på dess väg från brytning via transporter och förbränning fram till och med omhändertagandet av askan. Dessutom beaktas byggande, drift och rivning av de anläggningar som bränslet passerar på sin väg, t ex behandlingsanläggningar, transportmedel och kraftverk.

Vilken nytta har man då av livscykelanalyser? För ett företag som tillverkar en viss produkt är exempel på användningsområden följande:

- Jämförelser av olika råvarualternativ, tillverkningsalternativ, energiförsörjningssystem, transportsystem m m för produkten i syfte att minska miljöpåverkan
- Identifiering av de steg i hela kedjan som svarar för huvudsaklig miljöbelastning för att kunna välja förbättringsåtgärder som ger resultat miljömässigt
- Som underlag för val av underleverantörer
- Analys av det egna produktionssystemet för att få och kunna sprida kunskaper om dess miljöegenskaper och inte minst för att identifiera kunskapsluckor
- Produktinformation om miljöprestanda
- Stöd till produktutvecklare vid detaljval av material m m
- Kvantifiering av miljömässig förbättring av nya produktmodeller
- Underlag för långsiktig strategisk planering avseende framtida produktutformning eller återvinningssystem

Inom energiområdet är motiven för LCA i tillämpliga delar samma som vid "hårdvaruprodukter". Vid exempelvis ett kraftföretag kan man för produkten elenergi ange följande skäl till genomförandet av en LCA:

- El används vid tillverkning av nästan alla "hårdvaruprodukter". För tillverkarens egna livscykelanalyser är det därför viktigt att känna till elenergens resursförbrukning och miljöpåverkan

(forts.)

(fr. fr.
föreg. sida)

- Underlag från livscykelanalyser underlättar val mellan tekniker för framtida elproduktion
 - Underlag från livscykelanalyser pekar på möjligheter att minska resursförbrukning och miljöpåverkan i befintligt elproduktionssystem
 - ↑
 - LCA-studier bidrar till att förstärka miljöarbetet inom företaget och ger fördjupade kunskaper om verksamhetens resursförbrukning och utsläpp till omgivningen
- ✓ Vad gäller energiprodukten naturgas kan syftena med en livscykelanalys vara
- att ge indikationer på var i bränslekedjan som miljöförbättrande åtgärder i första hand bör sättas in
 - att utgöra underlag för en kund som använder naturgas i sina tillverkningsprocesser och som vill göra egna LCA för sina produkter
 - att utgöra en del av "beslutsunderlaget" för kunder som har möjlighet att välja mellan olika bränslen
 - att ge gasbranschen information om naturgasens totala miljöpåverkan i relation till andra energislag
 - att ingå som en del i en större LCA avseende t ex ett elproduktionssystem där vissa kraftverk eller kraftvärmeverk eldas med naturgas
 - att ge underlag för diskussioner om miljöskatter och miljöavgifter för olika energislag

18

Det finns numera nationella och internationella riktlinjer för hur livscykelanalyser skall utföras. För svenskt och nordiskt vidkommande tillämpas metoder redovisade i "Nordic Guidelines on Life Cycle Assessment", vilka togs fram 1995 på initiativ av Nordiska Ministerrådet (Ref 15.1).

En fullständig LCA skall innehålla följande faser:

- Målbeskrivning och omfattning
- Inventerings- eller materialflödesanalys
- Bedömning av miljöpåverkan med underuppdelning i
 - Klassificering
 - Karakterisering
 - Värdering
- Resultattolkning

Av målbeskrivningen skall framgå syftet med analysen och hur resultaten skall användas. Här skall också den "funktionella enheten" definieras, dvs den enhet som alla resultat skall hänföras till. I energisammanhang kan det vara 1 kWh el från ett kraftsystem eller 1 MJ värme från en naturgaseldad panna. Vid jämförande studier kan det vara en fördel att inte relatera till en viss energimängd utan i stället till den funktion eller nytta man vill åstadkomma med energin. Vid jämförelser mellan olika uppvärmningsmetoder för en lokal skall kanske därför den funktionella enheten inte vara 1 MJ värme utan i stället 20 graders lokaltemperatur.

Inventeringsdelen består i princip av

- Uppställande av processträd
- Datainsamling och

(fr. fr.)

(forts. fr.
föreg. sida)

- Beräkningar

Ett processträd för ett bränsle kan i princip illustreras som i figur 15.1.

(Fig 15.1 = figur 1 i SGC 084) *Obs att det ska vara figurtext (kursiverad) under figuren. Det glömde jag skriva in här!*

De grova vertikala pilarna markerar bränslets väg från utvinning till omhändertagande som aska e dyl. De horisontella pilarna illustrerar faserna bygge, drift och rivning av de olika anordningar eller systemdelar som bränslet passerar på sin väg från "vaggan till graven".

Processträdet ser givetvis olika ut för olika bränslen. Som exempel kan vi ta en livscykelanalys av ett naturgaseldat kraftvärmeverk i Sverige som förses med gas från de danska nordsjöfälten. En sådan LCA bör i sin fullständiga form omfatta faserna bygge, drift och rivning för följande systemdelar:

- Berörda olje/gas-plattformar i Nordsjön
- Sjöledning plattformar – Nybro, Danmark
- Gasbehandlingsanläggningen i Nybro
- Landleddning Nybro – Dragör
- Mätstationen i Dragör
- Sjöledning Dragör – Klagshamn
- Mottagningsstationen i Klagshamn
- Stamledning Klagshamn – M/R-station
- M/R-station
- Högtrycksledning M/R-station – kraftvärmeverket
- Reglerstation vid kraftvärmeverket
- Kraftvärmeverket

18

Datinsamlingen går ut på att ta fram uppgifter på materialflöden, energiflöden och emissioner i och från var och en av det studerade systemets bygg-, drift- och rivningsfaser.

Inventeringsdelens beräkningar innefattar bl a omräkningar av alla utsläpp till att gälla per funktionell enhet. Antag att den funktionella enheten är 1 MJ naturgas, dvs alla utsläpp relateras till förbrukningen av 1 MJ naturgas. För exempelvis byggfasen för en M/R-station skall då utsläppen vid bygget av stationen fördelas på det totalantal MJ naturgas som förväntas passera genom stationen under dess livstid.

Om man inte fullföljer en LCA utan avslutar efter inventeringsfasen (vilket är mycket vanligt) bör den rubriceras LCI, vilket står för Life Cycle Inventory.

I det efterföljande delsteget "Klassificering" grupperas emissionerna i olika påverkanskategorier. Så grupperas t ex svaveloxider och kväveoxider under kategorin förurning och koldioxid och metan under kategorin växthuseffekt.

I delsteget "Karakterisering" kvantifieras bidragen till en viss miljöeffekt från olika emissioner. Detta sker med hjälp av ekvivalensfaktorer, dvs faktorer som på något sätt anger olika ämnens relativa bidrag till en miljöeffekt. För t ex

(forts)

(forts. fr.
föreg. sida)

klimatpåverkan används begreppet Global Warming Potential, GWP, som anger ett ämnes växthuseffekt i relation till koldioxidens växthuseffekt.

Under "Värdering" och "Resultattolkning" försöker man göra en totalbedömning av summan av alla de olika miljöeffekter som påvisats tidigare i analysarbetet. Detta är ingen lätt uppgift. Antag att ett visst energisystem orsakar större försurning men mindre klimatpåverkan än ett annat energisystem. Vilket av dessa två energisystem är då miljömässigt bäst?

18 En möjlighet är att försöka räkna om miljöeffekterna till konsekvenser uttryckta i ekonomiska termer. Ett antal sjukdomsfall till följd av luftföroreningar skulle kunna räknas om till en samhällsekonomisk kostnad och en ökning i havsvattennivån orsakad av klimatförändring skulle kunna räknas om till en kostnad för förlorad åkermark och för att flytta eller bygga nya bostäder. Osäkerheten i sådana beräkningar blir mycket stor men kan trots allt ha ett visst värde. I kapitel 16 redovisas resultaten från två sådana ekonomiska konsekvensberäkningar.

Detta kapitel innehåller analyser av den totala bränslekedjan för naturgas och biobränsle exklusive det avslutande förbränningssteget. För naturgas redovisas dels resultat som kommit fram i en ÅF-studie (ref 15.5) och som avser dansk naturgas levererad i Sverige, dels preliminära resultat från en Eurogasstudie avseende hela det europeiska naturgasnätet (ref 15.6). Analysen av biobränslekedjan är också hämtad från ÅF-studien, ref 15.5.

Några bränslecykler innefattande även slutanvändningssteget redovisas i efterföljande kapitel i anslutning till typfall med värmeverk, kraftvärmeverk och kraftverk.

15.2

Miljöpåverkan från naturgaskedjan (Dansk naturgas levererad i Sverige)

Den studie som här återges från ref 15.5 är något förenklad i förhållande till vad en komplett LCA skall innehålla. Den beaktar således endast driftförhållanden och inte faserna bygge och rivning av de anläggningar som gasen passerar.

De steg i bränslekedjan som behandlas och som åstadkommer miljöstörningar är

- 19
- Utvinning
 - Förbehandling
 - Transmission till havs
 - Transmission på land och
 - Distribution på land

Gasutvinningen förutsätts ske i den danska delen av Nordsjön. Tyvärr finns inga danska miljödata för havsbaserad utvinning varför i stället data hämtats från en norsk studie (ref 15.2). Räknat per MJ gasenergi torde emellertid miljöpåverkan från dansk och norsk gasutvinning vara ungefär densamma.

Utsläppen av kemikalier till vatten har beräknats till 6 à 7 mg/MJ utvunnen gas.

I samband med utvinning m m på plattformarna förekommer även luftburna utsläpp. Utsläppen kommer från gasturbindrift av kompressorerna samt från el- och värmeförsörjningen av plattformarna. Existerande gasturbiner är vanligen av äldre datum, har relativt låg verkningsgrad och ger därför relativt stora utsläpp av bl a CO₂. Efter hand som de äldre gasturbinerna ersätts med nya, minskar de specifika CO₂-utsläppen.

Metanutsläppen i samband med utvinningen är relativt små (88 ton per en miljon ton oljeekvivalenter utvunnen naturgas) och består enbart av oavsiktliga utsläpp. Skulle ett produktionsöverskott av naturgas uppstå förbränns gasen vid plattformen (fackling).

I tabell 15.1 sammanfattas de luftburna utsläppen till havs, allt räknat per MJ energi-innehåll i den ilandförda gasen.

Tabell 15.1. Luftburna utsläpp från utvinning, behandling och transmission av naturgas till havs

Utsläpp mg/MJ	CH ₄	VOC	CO	N ₂ O	NO _x	SO ₂	Halon	CO ₂
	2,1	1,7	3,4	0,05	14,7	0,2	0,004	3120

• Transmission och distribution på land

För Sveriges vidkommande tas naturgasen i land strax söder om Malmö och transmittas därefter i en högtrycksledning av stål som för närvarande sträcker sig upp till Göteborg. Via grenledningar förs gasen till distributionsområden där den leds ut i regionala och lokala distributionsnät. Trycket i transmissionsledningen är max 80 bar, ett tryck som normalt tas ner till 4 bar i distributionsnäten och som för vissa kunder ytterligare sänks till ca 100 mbar.

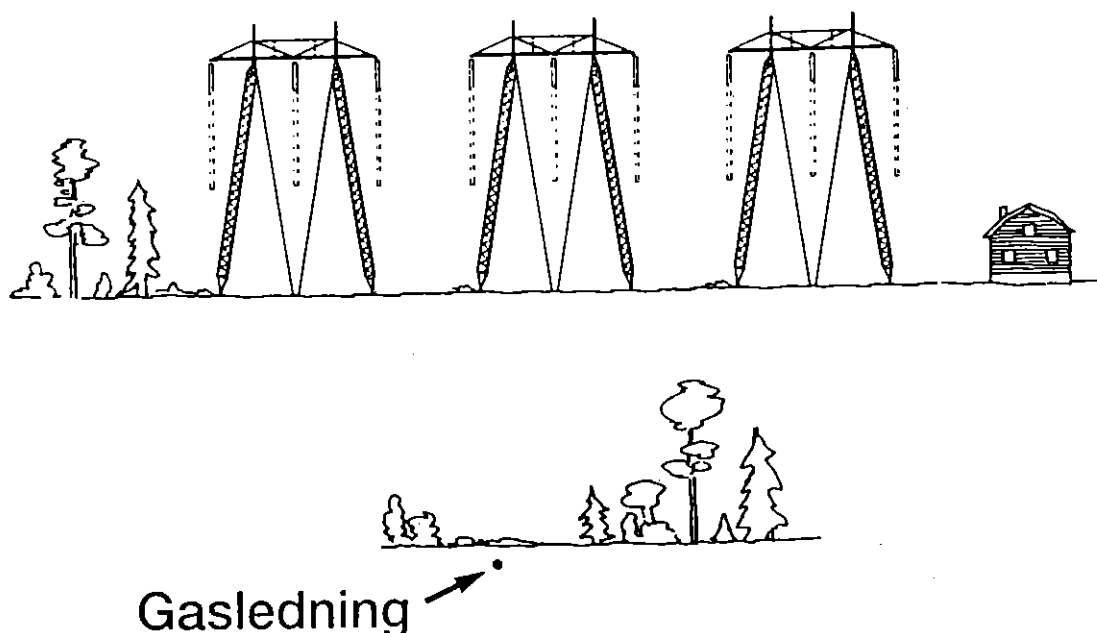
Miljöpåverkan från transmission och distribution i Sverige utgörs av naturintrång och metanutsläpp. Kompressorstationer behövs ej, eftersom trycket i importpunkten är tillräckligt för vidaretransporten i landet.

Naturintrånget är dels av tillfällig, dels av permanent art. Det tillfälliga naturintrånget uppstår vid läggning av gasledningarna. Intrånget sträcker sig från en ca 20 m bred arbetsgata vid läggning av stamledningens stålrör med diametern 600 mm till en några decimeter bred ränna i en gräsmatta vid läggning av en servisledning i plast fram till en villa. Efter nedläggning återställs markytan i ursprungligt skick. För en stamledning kan intrånget på en viss sträckning tidsmässigt röra sig om några månader, medan intrånget för servisledningar kan röra sig om någon dag.

Det permanenta intrånget består av skyddszoner längs ledningarna samt markutrymme för ovanjordsanläggningar, typ mät- och reglerstationer. Skyddszon innebär att t ex byggnader ej får finnas inom ett visst avstånd från ledning eller station. En enstaka byggnad måste således befinna sig minst 25 m från en stamledning eller från en station. Vid ledning som läggs i exempelvis åkermark utan bebyggelse är naturintrånget noll, eftersom marken ovanför ledningen kan utnyttjas på samma sätt som före ledningens tillkomst.

I skogsterräng skall ovanför en gasledning finnas en 7 m bred öppen gata. Jämfört med kraftledningar för överföring av samma mängd energi som en stamledning för gas är emellertid intrånget obetydligt, se figur 15.7. Kraftledningens bredd rör sig om 100 - 130 m.

Kraftledningar 400 kV



/2 *Figur 15.1. El- och gasledningar för samma energimängd*

Markutrymmet för en mät- och reglerstation rör sig om ca 1.000 m², dvs som en större villatomt. I Sverige finns för närvarande ett trettiotal byggnader av typ mät- och reglerstationer.

Övrig miljöpåverkan från transmissions- och distributionsnätet härrör, som nämnts tidigare, från metanutsläpp. Metanutsläpp förekommer i princip dels som läckage i ledningsnäten (t ex otäta rörskarvar), dels som utsläpp vid reparations- och underhållsarbeten. Även vid skador kan metanutsläpp bli följden.

Det svenska naturgassystemet, som är av ungt datum, är ett "helsvetsat" system och därför "tätare" än många äldre, utländska system. Vidare tillämpas modernaste reparations- och underhållsteknik, vilken bl a syftar till att begränsa metanutsläppen. Man får inte glömma att utsläpp av metan till atmosfären även innebär ekonomiska förluster för "ägaren" av den utsläppta gasen.

Inom Nordisk Gasteknisk Center (NGC) gjordes 1993 en omfattande studie avseende metanutsläpp från de nordiska naturgasnäten (Ref. 15.3). De i studien redovisade värdena har, speciellt för svenskt vidkommande, under senare tid ifrågasatts. Metodiken för framräkningen är amerikansk och man misstänker att alltför höga "läckagefaktorer" använts, speciellt för distributionsnäten.

En ny, preliminär uppskattning har därför gjorts av metanutsläppen från det svenska naturgassystemet exkl slutanvändning (Ref. 15.4).

Utsläppen från transmissionen, dvs högtrycksöverföringen uppskattas till 16.000 Nm³/år, vilket motsvarar den tidigare bedömningen på 0,002 % av genomströmningen (800 miljoner Nm³/år).

Läckage från M/R-stationer vid filterbyten och övriga underhållsarbeten uppskattas till 600 Nm³/år. Läckage från distributionsledningarna som sådana inkl skarvar antas försumbart.

Övrigt metanläckage härstammar i huvudsak från stadsgasnäten i Malmö och Göteborg. I dessa äldre nät distribueras i dag en blandning av naturgas och luft. Stadsgasnätet i Malmö utgörs av gjutjärnsrör med blyskarvar. Här räknar man med ett läckage av drygt 3 % av genomströmmande mängd gas. I Göteborg består huvuddelen av stadsgasnätet av stålrör och här uppskattas läckaget till 1 à 2 %.

En sammanställning av värdena ovan visas i tabell 15.2

Tabell 15.2. Utsläpp av metan från det svenska naturgasnätet

Metanutsläpp från	Metanutsläpp i	
	Nm ³ /år	mg/MJ
Transmission	16 000	0,4
M/R-stationer	600	0
Distributionsledningar	≈ 0	0
Stadsgasnät	230 000	5
Summa, ca	250 000	5,4

• **Sammanlagda utsläpp från naturgaskedjan**

De totala utsläppen från utvinning i Nordsjön fram till slutanvändning fås helt enkelt genom summering av tabellerna 15.1 och 15.2. Resultatet ser vi i tabell 15.3.

Tabell 15.3. Totalt luftburna utsläpp från naturgaskedjan exklusive slutanvändning

	Utsläpp i mg/MJ							
	CH ₄	VOC	CO	N ₂ O	NO _x	SO ₂	Halon	CO ₂
Till havs	2,1	1,7	3,4	0,05	14,7	0,2	0,004	3 120
På land	5,4	–	–	–	–	–	–	–
Totalt	7,5	1,7	3,4	0,05	14,7	0,2	0,004	3 120

20

→ 15.3

Livscykelinventering...

/4 15.7

Miljöpåverkan från bibränslekedjan

Som framgått av kapitel 4 finns det många typer av bibränslen och påverkan på miljön från odling, avverkning, hantering, förädling osv beror bl a på vilket bibränsle man utgår ifrån.

Här skall först ges några allmänna aspekter och exempel på siffervärden på miljöpåverkan från de olika leden i bibränslekedjan. Därefter ges totalsummor för flis från energiskog från odling fram till den anläggning där flisen skall eldas.

Övergripande kan sägas att bibränslen tillhör gruppen förnybara bränslen och är därmed en del av naturens kretslopp. Förbränning av bibränslen ger koldioxidutsläpp men vid återväxt av samma mängd biomassa som eldats upp, så binds koldioxiden på nytt i den växande biomassan. De emissioner från bibränslekedjan som långsiktigt kan påverka växthuseffekten kommer från fossila bränslen som utnyttjas för hantering, transport osv av bibränslena samt emissioner från förbränningen av typ N₂O, koloxid, kväveoxider m m, vilka har en indirekt påverkan på växthuseffekten.

(15.3 är OK enligt Bjarne Bølsen, DONG)

15.3

Livscykelinventering (LCI) av det europeiska naturgasnätet

Inom det europeiska samarbetsorganet Eurogas genomfördes under 1997 och 1998 en studie för att klarlägga utsläppen till atmosfären från det europeiska naturgassystemet. Studien omfattar utsläpp av ett antal ämnen från hela bränslekedjan exkl slutanvändningen dvs från utvinning fram till och med kundens gasmätare.

Eurogasstudien är ett första försök att kartlägga miljöpåverkan från naturgasanvändningen i Europa och studien baseras till största delen på uppgifter från gasföretagen i respektive medlemsland. Vid databearbetningen visade det sig dock att många gasföretag ej kunnat (eller velat) redovisa alla aktuella utsläpp varför ett antal schablonmässiga bedömningar måst göras inom studiens centrala sekretariat. Det påpekas därför i resultatrapporten, som fått beteckningen "Interim Report" att resultaten är så pass osäkra att de skall betraktas som indikativa snarare än representativa. De får därför tills vidare inte användas som referensdata utan endast som en illustration av möjligheten att utföra livscykelstudier på större gasnät omfattande flera nationer.

Avsikten med studien var att den skulle

- utgöra en bas för vidare åtgärder för miljömässiga förbättringar
- utgöra en bas för deltagande i EU-arbeten kring energi- och miljöpolicies
- demonstrera det faktum att gasindustrin tar miljöfrågorna på allvar
- utgöra ett underlag för jämförelser med andra LCA-studier inom naturgasområdet samt för jämförelser med andra bränslen
- resultera i ett högkvalitativt informationsmaterial

Förutom utsläpp av miljöpåverkande ämnen redovisas även naturgassystemets energieffektivitet d v s man har gjort en bedömning av energiförlusterna på vägen i relation till energiinnehållet i den totalt levererade gasmängden. Som energiförluster räknas dels energiåtgången i form av gas, olja och el för att driva systemet (kompressorer, uppvärmningsanordningar etc), dels energiinnehållet i den naturgas som läcker ut från systemet.

Vad gäller miljöpåverkan har utsläpp av följande ämnen beaktats: Koldioxid (CO₂), metan (CH₄), kväveoxider (Nox), svaveldioxid (SO₂) och flyktiga organiska föreningar (VOC). Utsläppen sker främst i samband med energianvändningen i naturgassystemet inkluderande utsläpp i samband med produktion av den el som åtgår. Metanutsläpp förekommer främst som läckage av naturgas.

Steget Produktion omfattar utvinning och behandling av gasen (processing)

Steget Transmission omfattar transmissionsledningar, kompressorstationer, LNG-terminaler och LNG-transport samt lagring.

(forts)

(forts. fr.
föregående sida)

Steget Distribution omfattar distribution av gasen fram till och med kundens gasmätare.

En förhandsbedömning visade att utsläpp under faserna tillverkning, bygge och rivning av i systemet ingående utrustning och anläggningar gav försumbara utsläpp jämfört med driftutsläppen. Sådana utsläpp kartlades därför ej i studien.

Driftutsläppen omfattar utsläpp från energianvändning i systemen (t ex från gasturbiner i kompressorstationer), utsläpp vid avfackling av gas, metanläckage under normal drift samt metanutsläpp vid underhållsarbeten och vid olyckor. Förhållandena avser år 1995 och utsläppsmängderna redovisas per standardkubikmeter naturgas (scm). 1 scm = 1,055 Nm³.

Resultatet visas i tabell 15.4.

Tabell 15.4 Emissionsfaktorer och energieffektivitet för det europeiska naturgasnätet

20

(Tabellen identisk med tabell 2 i den svenska Eurogasrapporten)

I tabellen visas också systemens energieffektivitet. Med t ex energieffektiviteten 99,2 % i transmissionsnätet menas att 0,8 % av den transmitterade gasens energiinnehåll förbrukas i eller försvinner ur systemet (som t ex metanläckage).

Sista kolumnen i tabellen avser utsläpp vid produktion och transmission av gas som levereras till Europa från länder utanför Europa. Som framgår av tabellen är dessa utsläpp väsentligt högre än de som kan relateras till de europeiska naturgasnäten. Även energieffektiviteten är lägre än för de europeiska systemen.

Baserat på värdena i tabell 15.4 kan en genomsnittlig "miljödeklaration" upprättas för gas som levereras till en europeisk kund. Eftersom utsläppsdata och energieffektivitet skiljer sig markant åt för europeiska och utomeuropeiska nät blir miljödeklarationen beroende på om gasen producerats inom medlemsländerna eller utanför. Resultatet visas i tabell 15.5 för båda alternativen. Med "Totalt" menas summa utsläpp från alla leden i bränslecykeln (utom slutanvändningen)

(forts)

(från fr.
föregående sida)

Tabell 15.5 Miljödeklaration för naturgas levererad till kund i Europa

(Tabellen identisk med tabell 5 i den svenska Eurogasrapporten)

20

En av slutsatserna som kan dras från Eurogasstudien är att metanutsläppen är små och uppgår inom medlemsländerna till endast 0,6 % av metanmängden i den totalt levererade gasen.

Det skall återigen påpekas att sammanställningen baseras på nationella data och att kvaliteten på dessa varierar från nation till nation. Vidare skall påpekas att data gäller för år 1995 och därför sannolikt inte representativa för dagens situation. Som tidigare sagts skall därför resultaten tolkas med stor försiktighet och tills vidare inte användas som referensmaterial vid exempelvis jämförelser med andra typer av energisystem.

En positiv effekt av inventeringen är att den har ökat miljömedvetenheten hos såväl enskilda gasföretag som hos den europeiska gasbranschen i sin helhet. Eurogas rekommenderar därför att man genomför en ny LCI år 2000 med förhoppningen att varje nation under mellantiden arbetat med att få fram nya LCI- och LCA-data som resulterar i en säkrare underbyggd studie.

16

TYPFALL

16.4

Elproduktionssystem

För svenskt vidkommande har Vattenfall och Sydkraft utfört livscykelanalyser av sina respektive elproduktionssystem. Båda företagen poängterar att analyserna långtifrån är kompletta och därför närmast att betrakta som livscykelinventeringar (LCI). Man har framför allt studerat utsläpp till atmosfären från bränsleproduktionen, från bygge, drift och rivning av kraftverken och från restprodukthanteringen, markåtgång för anläggningarna samt resursåtgång vad gäller t ex betong, järnmalm och kopparmalm. I det

21

(från fr.)

De led som kan ingå i en biobränslekedja är

- Odling
- Avverkning
- Utvinning
- Lagring, torkning
- Transporter
- Förädling
- Hantering
- Förbränning

• Odling

Vi begränsar oss här till odling av energiskog. Odling av energigrödor är principiellt möjligt men ekonomin är tills vidare ett hinder i denna utveckling.

Energiskog odlas med fördel på outnyttjad åkermark. Framst utnyttjas snabbväxande pilsorter tillhörande släktet Salix. Första skörden kan tas 4-5 år efter plantering. Skörd kan sedan ske med 3-5 års intervall under 25-30 år. En bra tillväxttakt är 9-12 t/ha,år TS (TS = torrsubstans), vilket motsvarar 18-24 t/ha,år vedmassa.

Kvävegödning sker med 75 kg/ha,år och fosfor- och kaliumgödning med 30 kg/ha resp 80 kg/ha vart fjärde år.

Energiskogsodling leder till markförsurning jämförbar med den vid traditionell jordbruksproduktion. Kalkning kommer att vara en nödvändig och återkommande åtgärd.

Salix har förmåga att binda kadmium mer än andra träd och växter. Om askan från förbränningen inte återförs till marken kan man alltså rena jorden från kadmium med hjälp av Salix.

I samband med plantering av sticklingar krävs regelmässig ogräsbekämpning under något eller några år. På sikt torde dock behovet vara mindre än vid odling av traditionella jordbruksgrödor.

Vid en tillväxttakt för energiskog av 24 g/ha,år (12 t/ha,år TS) och skörd vart fjärde år blir energiinnehållet i en skörd 760 GJ/ha. De traktorer som utnyttjas för plöjning, harvning, ogräsbekämpning, besprutning, plantering, gödsling och radhackning/stubbearbetning förbrukar enligt uppgifter från SLU 73 liter/ha dieselolja per skörd, vilket motsvarar 2,6 GJ. Energiåtgången i samband med odling utgör således 0,3 % av skördens energiinnehåll.

I tabell 15.4⁶ visas emissionsfaktorer för traktorer samt emissionerna omräknade till milligram per MJ energiinnehåll i biobränslet. Emissionsvärdena gäller för 30-50 % fukthalt i biobränslet. ✓

⁶
Tabell 15.4. Emissioner i samband med odling av energiskog (Ref. 15.2) ✓

15.5

Emissioner	CH ₄	VOC	CO	N ₂ O	NO _x	NH ₃	Part	SO ₂	CO ₂
Från traktorer, g/kWh motorarbete	0,05	2	4	0,35	16	0,002	1	0,25	770
Från odling, mg/MJ biobränsle	0,016	0,65	1,2	0,11	5,0	0,006	0,35	0,08	245

- Avverkning, utvinning

Energiskog kan antingen flisas direkt i samband med avverkningen eller skördas som hela skott som läggs i buntar utanför fältet och flisas senare. Vid direktflisning åtgår 160 l/ha dieselolja fördelat på 90 liter för skördaren, 40 liter för traktorn och 30 liter för flisbilen. Vid helskottsskörd och senare flisning åtgår mer energi, 470 liter/ha dieselolja med 32 liter för skördaren, 120 liter för skotningen och 320 liter för flisningen. Detta motsvarar 0,76 resp 2 % av bibränslets energiinnehåll.

Tabell 15.7 sammanfattar emissionerna i samband med avverkningen, där samma förutsättningar för skördens storlek etc gäller som för tabell 15.4.6

7
Tabell 15.7. Emissioner i samband med avverkning av energiskog (Ref. 15.2)

Emissioner	CH ₄	VOC	CO	N ₂ O	NO _x	NH ₃	Part	SO ₂	CO ₂
Från direktflisning, mg/MJ	0,04	1,3	2,9	0,26	11	0,0015	0,76	0,18	560
Från helskottsskörd, mg/MJ	0,1	3,5	7,6	0,67	29	0,004	1,9	0,48	1 500

Flis kan även produceras från avverkningsrester i samband med avverkning av "riktig" skog. Avverkningsresterna utgörs i första hand av grenar och toppar.

Energiåtgång och emissioner vid hopsamling och flisning av avverkningsrester är ungefär samma som i alternativet "helskottsskörd" ovan.

- Lagring, torkning

Biobränslen har hög fukthalt vid uttag. Detta försämrar värmevärdet och ökar halten av föroreningar i förbränningsgaserna jämfört med torrare bränsle. Bränslet torkas därför ofta på avverkningsplatsen och efter ett par månaders lagring kan fukthalten vara nere i 30 - 40 %.

Samtidigt med att bränslet torkar, och därmed får ett högre värmevärde räknat på torrsubstansen, så medför lagringen att materialet bryts ner genom mikrobiella, kemiska och fysikaliska processer. Denna nedbrytning verkar energimässigt i motsatt riktning mot torkningen, dvs energiinnehållet minskar. Netto energiförändring sammanhänger med när, var och hur lagring och torkning sker.

8
Tabell 15.8 visar fyra exempel på lagring och torkning där i ena ytterlighetsfallet energivärdet ökar med 12 %, medan i det andra ytterlighetsfallet energivärdet minskar med 23 %.

8
Tabell 15.8. Energiförändring i bränsle vid lagring (Ref. 15.2)

	Kvarvarande fukthalt	Substansförlust	Energiförändring
Vinteravverkade hyggesrester som lagras på hygget till augusti	25 %	10 %	0 %
Vinteravverkade hyggesrester som lagras i högar på hygget till oktober	45 %	25 %	-23 %
Flisade färska hyggesrester som lagras i 60 m ³ stor stack i det fria från maj till januari	55 %	23 %	-23 %
Sönderdelade hyggesrester som torkats med kallluftsfläkt under juni till 15 % fukthalt och därefter lagras i 60 m ³ stor stack under tak till januari	15 %	2 %	+12 %

Under lagring och torkning kan emissioner av olika slag uppkomma. Exempel är terpen, isopren, hartssyror, fenoler, fettsyror och aldehyder.

Terpenter och formaldehyd luktar starkt och kan innebära påverkan på närmiljön. Oxidation av terpenerna konsumerar troligen ozon i lagringsanläggningens närhet. Längre nedvinds har terpenerna hunnit brytas ner och bildar andra typer av kolväten, vilket stimulerar bildning av marknära ozon.

Kunskapen vad gäller emissioner vid lagring och torkning av biobränslen och deras miljöeffekter är ännu bristfällig och mycket återstår att göra.

• Förädling

Förädling av biobränsle till briketter, pelletter och träpulver har beskrivits i kapitel 4.

I tabell 15.7⁹ har sammanställts de emissioner som är förknippade med transport av såg- och kutterspån till pellet/brikettfabrik (antag 4 mil) samt med förädlingen till pelletter eller briketter. Emissionerna från förädlingen härstammar från energiåtgången för torkning (sker vanligen med barkeldning), pressning och formning samt tillsats av bindemedel.

Tabell 15.7⁹. Emissioner från transport av såg- och kutterspån samt tillverkning av pelletter och briketter (Ref. 15.2)

Emissioner i mg/MJ från	CH ₄	VOC	CO	N ₂ O	NO _x	NH ₃	Part	SO ₂	CO ₂
Transport	0,4	0,24	0,7	–	4,4	–	–	0,1	230
Pelletstillverkning	0,1	0,02	2,2	–	7,8	–	1	2,3	140
Brikettillverkning	0,1	0,001	2,1	–	7,6	–	1	2,1	58

• Transporter

Transport kan i huvudsak ske som vägtransport, sjötransport eller järnvägstransport. Eftersom järnvägsnätet i Sverige i stor utsträckning är elektrifierat blir utsläppen från järnvägstransport försumbara.

I tabell 15.8¹⁰ visas utsläppsvärden för 1 mils transportsträcka för flis och pelletter/briketter och de två transportsätten landsväg och fartyg.

Tabell 15.8¹⁰. Emissioner vid transport av biobränslen (Ref. 15.2)

Emissioner i mg/MJ vid 1 mils trp-avstånd	CH ₄	VOC	CO	N ₂ O	NO _x	NH ₃	Part	SO ₂	CO ₂
Flis/väg	–	0,05	0,16	–	1,0	–	–	0,06	50
Pelletter/väg	–	0,013	0,04	–	0,25	–	–	0,014	13
Flis/fartyg	–	0,02	0,025	–	0,6	–	0,02	0,3	25
Pelletter/fartyg	–	0,005	0,007	–	0,15	–	0,006	0,08	6,5

De närmare förutsättningarna för antagna siffervärden finns i ref. 15.2

• **Sammanlagda utsläpp från biobränslekedjan**

16
410
410

Som nämnts inledningsvis har vi valt att exemplifiera den totala bränslecykeln fram till förbränningssteget med flis från energiskog. De totala luftburna utsläppen får vi genom att summera data från tabell 15.4 (Odling av energiskog), tabell 15.5 (Avverkning av energiskog inkl direktflisning) och tabell 15.8 (Transport av flisen). Vi antar av vägtransportavståndet mellan avverkningsplats och förbränningsanläggning är 10 mil, vilket innebär att siffrorna i tabell 15.8 (Transport av flisen) skall multipliceras med 10, eftersom tabellens värden gäller per mil. Eventuell energiförändring i bränslet under lagringsperioder har ej beaktats.

11
Sammanfattningsvis blir då emissionerna enligt tabell 15.9. ✓

11
Tabell 15.9 Totalt luftburna utsläpp från odling, avverkning, flisning och transport av biobränsle från energiskog ✓

Emissioner mg/MJ	CH ₄	VOC	CO	N ₂ O	NO _x	NH ₃	Part	SO ₂	CO ₂
Odling	0,016	0,65	1,2	0,11	5,0	0,006	0,35	0,08	245
Avverkn/flisning	0,04	1,3	2,9	0,26	11	0,0015	0,76	0,18	560
Transport	-	0,5	1,6	-	10	-	-	0,6	500
Totalt, ca	0,06	2,5	5,7	0,37	26	0,008	1,1	0,9	1 300

Referenser

- 15.1 ~~Henrik Meyer m fl~~
Omkostningsöppgörelse för miljöeksternaliteter i forbindelse med energi-
produktion
Rapport Risø-R-770 (DA), Sept 1994
- 15.2 Kristin Keiserås Bakkane
Life Cycle Data for Norwegian Oil and Gas
Tapir Publishers 1994
- 15.3 Jan Jensen
The Nordic Methane Project
NGC-rapport, december 1993
- 15.4 Olle Johansson, Einar Änghede
PM som underlag för uppgifter till IGU
Augusti 1996
- 15.6. Jörgen Thunell
Europeisk livs-
cykelinventering
för naturgas
Owe:
kolla
månaden → SGC, September 1998
(Begränsad sprid-
ning)
- Nordic Council of Ministers
Nordic Guidelines on Life-Cycle Assessment
Report Nord 1995:20
(ISBN 92-9120-692-X)
- 15.5 Ann Bohlin m fl
Energi och Miljö. Miljökonsekvenser vid användning
av naturgas, biobränslen, olja och kol.
ÅF-Energi-konsult, 4 dec 1995



16 TYPFALL. VÄRMEVERK, KRAFTVÄRMEVERK OCH KRAFTVERK

Hittills redovisade utsläppsvärden vad gäller såväl förbränning i olika applikationer (kap. 14) som bränslecykelns övriga led (kap. 15) gäller per enhet bränsleenergi, vanligen uttryckta som mg/MJ bränsle.

För att få en rättvisande bild av utsläppen vid jämförelse av olika bränslen bör man emellertid

1. räkna utsläppen per enhet nyttiggjord energi och
2. inkludera hela bränslecykeln, dvs hela kedjan från utvinning t.o.m förbränning

Punkt 1 är viktig av det skälet att anläggningar kan ha helt olika verkningsgrad beroende på vilket bränsle de eldas med. Punkt 2 är viktig av det skälet att miljöeffekterna från framtagning, transport och hantering av bränslet kan skilja sig markant mellan olika bränslen.

Nedan redovisas resultat enligt ovan för ett exempel av vardera typen värmeverk, kraftvärmeverk och kraftverk. För sådana anläggningar eldade med olja eller kol redovisas endast utsläppen från själva anläggningen, medan för naturgas och biobränslen även redovisas utsläppen från den totala bränslecykeln. *?*

? (se nedan)

För att i tabeller m m kunna skilja på utsläpp i relation till bränsleenergi och utsläpp i relation till nyttiggjord energi används beteckningen MJ_{br} för bränsleenergi och MJ_n för nyttiggjord energi. I de fall utsläpp redovisas per kWh avser detta kWh elenergi.

16.1 Värmeverk

Värmeverk levererar, som namnet anger, endast värme, i allmänhet för uppvärmning av bostäder, lokaler o dyl. Värmeverken antas utrustade med större pannor med emissionsdata enligt tabell 14.5. Med hänvisning till tabellen antas vidare att gaspannorna ligger i intervallet 100 - 200 kW, att oljepannorna ej är försedda med SCR eller SNCR, att kolpannorna är försedda med reningsutrustning och att biobränslepannorna är av rostertyp. Värmeverken med naturgaspannor och biobränslepannor förutsätts försedda med rök-gaskondensering.

Utsläppen relaterade till nyttiggjord energi framgår av tabell 16.1. För naturgas och biobränsle redovisas, som tidigare nämnts, även utsläppen från den totala bränslecykeln.

I figur 16.1 illustreras skillnaden i utsläpp mellan naturgas och biobränslen.

? Data är hämtade från referens 16.1

? Vidare redovisas resultaten från två livscykelanalyser som Vattenfall och Sydkraft gjort för sina respektive elproduktionssystem (Ref 16.2 resp 16.3)

Tabell 16.1. Utsläpp från värmeverk, räknat på nyttiggjord energi

	Naturgas			Biobränsle			Olja	Kol
	Anl ¹⁾	Övrigt ²⁾	Tot ³⁾	Anl.	Övrigt	Tot	Anl.	Anl.
Verkningsgrad %	104	–	–	106	–	–	91	89
<u>mg/MJ_n:</u>								
NO _x	29	14	43	47	25	72	110	56
CO	12	3	15	28	5,4	33	18	12
S	< 0,2	0,2	0,3	9,4	0,8	10	210 ⁴⁾	56
NH ₃	0	–	0	2	0,01	2	–	2,2
N ₂ O	0,96	0,05	1	4	0,35	4,4	2,2	5,6
PAH	0,19	–	0,2	–	–	–	–	–
VOC	–	1,6	1,6	–	2,4	2,4	–	
CH ₄	–	7,2	7,2	–	0,06	0,06	–	
Stoft	0	–	0	14	1	15	16	17
<u>g/MJ_n:</u>								
CO ₂	54	3	57	(93)	1,2	1,2	85	103

- 1) Anl = Anläggningen, dvs värmeverket
- 2) Övrigt = Bränslecykelns övriga steg
- 3) Tot = Totala bränslecykeln
- 4) Vid max tillåten svavelhalt

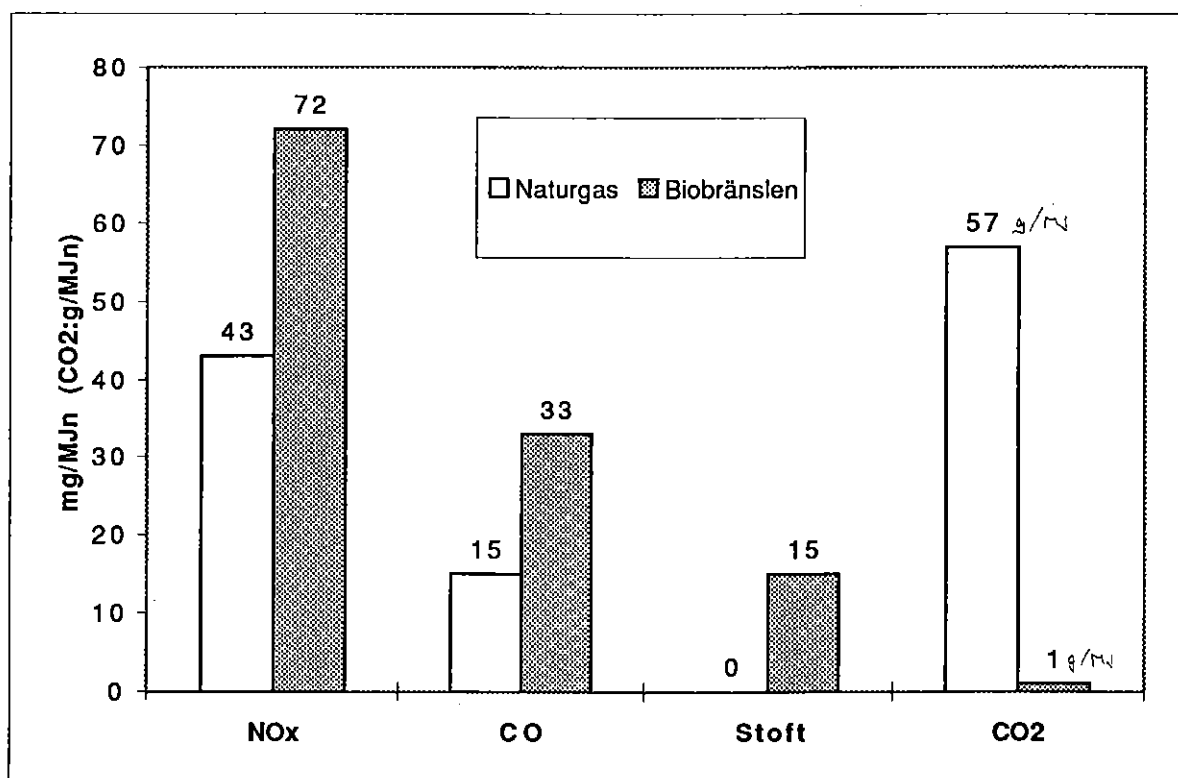


Fig 16.1a Utsläpp från den totala bränslecykeln för naturgas och biobränslen i värmeverk

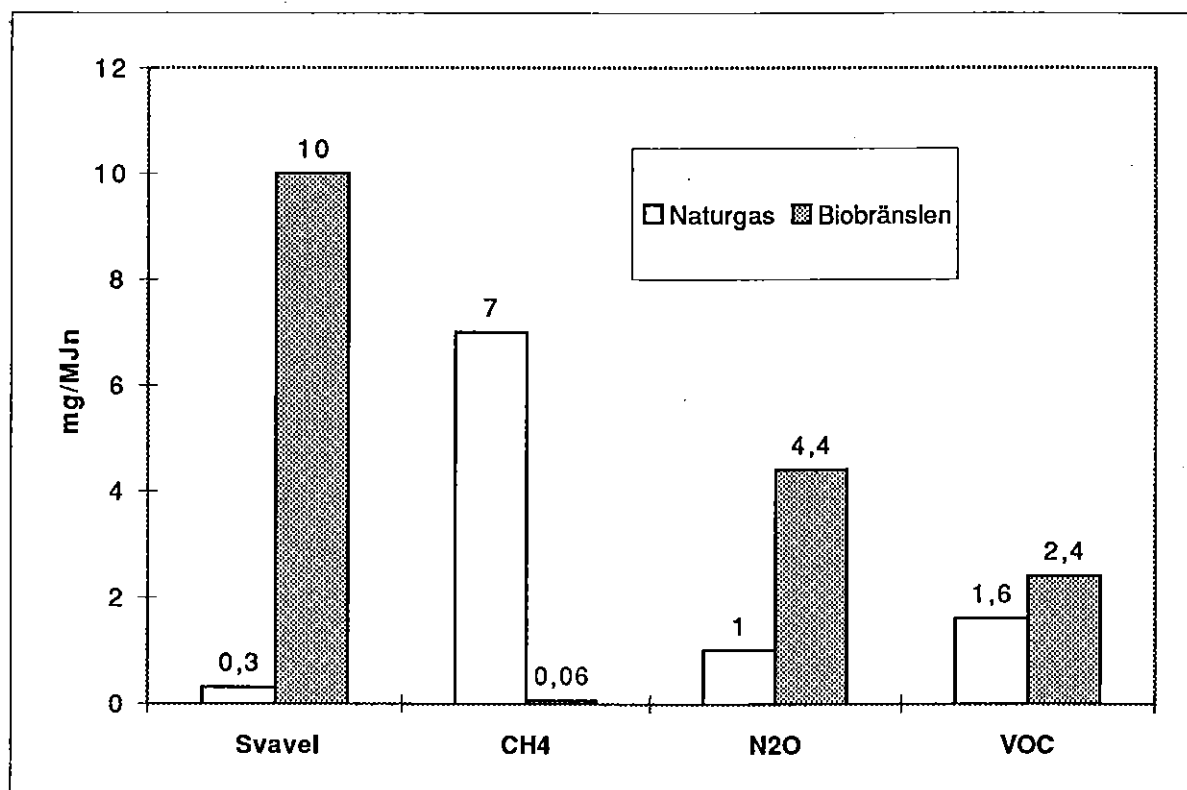


Fig. 16.1b Utsläpp från den totala bränslecykeln för naturgas och biobränslen i värmeverk

16.2 Kraftvärmeverk

I ett kraftvärmeverk produceras såväl el som värme, den senare vanligen i form av fjärrvärme.

Vid bibränslen och kol består kraftvärmeverket oftast av en ångpanna och en ångturbin. Pannan kan vara en "konventionell" panna eller en svävbäddspanna.

Vid bränslet olja kan kraftvärmeverket även utformas som en kombianläggning, dvs en kombination av gasturbin och ångpanna.

Nya, naturgaseldade kraftvärmeverk (dvs ej äldre kraftvärmeverk som konverteras till gaseldning) utformas i allmänhet som kombianläggningar.

Mindre kraftvärmeverk kan även utgöras av diesel- eller gasmotorer där värmen i kylvatten och avgaser tillvaratas.

Nyttiggjord energi vid kraftvärmeverk är summan av producerad el och producerad fjärrvärme. Förhållandet el/fjärrvärme är emellertid helt olika vid olika anläggnings typer. Antag t ex att ett bibränsleeldat kraftvärmeverk är baserat på en svävbäddspanna och ångturbin och att ett naturgaseldat kraftvärmeverk är uppbyggt som en kombicykel. Antag vidare att båda skall producera lika stor mängd fjärrvärme, t ex 375 GWh/år. Skillnaden i bränsleförbrukning och elproduktion framgår av tabell 16.2.

Tabell 16.2. Bränsleförbrukning samt värme- och elproduktion vid bränslena flis och naturgas

Bränsle	Bränsleförbrukning GWh/år	Fjärrvärmeproduktion GWh/år	Elproduktion GWh/år
Flis	635	375	190
Naturgas	824	375	375

Naturgaskombin producerar således ca dubbelt så mycket el som det fliseldade kraftvärmeverket och totalverkningsgraden är ungefär densamma, ca 90 %. Man får således 185 GWh "extra" el med 90 % verkningsgrad i naturgaskombin, el som kanske annars skulle producerats i ett kondenskraftverk med en verkningsgrad mellan 40 och 58 % beroende på kraftverkstyp. Detta bör naturligtvis beaktas i förfinade jämförande emissionsberäkningar. Här har fortsättningsvis jämförelserna begränsats att gälla den totala nyttiggjorda energin oberoende av elandelen i denna energi.

På samma sätt som för värmeverk redovisas i tabell 16.3 utsläpp från kraftvärmeverk räknat på den nyttiggjorda energin. Ingen rökgaskondensering förutsätts ske. Pannorna i fallen med bibränslen och kol antas vara svävbäddspannor. De olje- och naturgaseldade anläggningarna antas vara kombianläggningar. För bibränslen och naturgas anges även utsläpp förknippade med den totala bränslecykeln.

Tabell 16.3. Utsläpp från kraftvärmeverk, räknat på nyttiggjord energi

	Naturgas			Biobränsle			Olja	Kol
	Anl ¹⁾	Övrigt ²⁾	Tot ³⁾	Anl.	Övrigt	Tot	Anl.	Anl.
Verkningsgrad %	91	–	–	89	–	–	90	88
<u>mg/MJ_n</u> :								
NO _x	38	16	54	56	29	85	55	57
CO	33	3,7	37	100	6	106	–	–
S	< 0,2	0,2	0,3	11	1	12	211 ¹⁾	57
NH ₃	–	–	–	2	0,008	2	1	2
N ₂ O	5	0,05	5	17	0,4	18	6	23
PAH	–	–	–	–	–	–	–	–
VOC	0	1,8	2	–	3	3	–	–
CH ₄	0	8	8	–	0,06	0,06	–	–
Stoft	0	–	0	17	1	18	16	17
<u>g/MJ_n</u> :								
CO ₂	62	3	65	(110)	1,3	1,3	86	105

- 1) Anl = Anläggningen, dvs kraftvärmeverket
- 2) Övrigt = Bränslecykelns övriga steg
- 3) Tot = Totala bränslecykeln
- 4) Vid max tillåten svavelhalt

I figur 16.2 illustreras skillnaden i utsläpp mellan naturgas och bibränslen

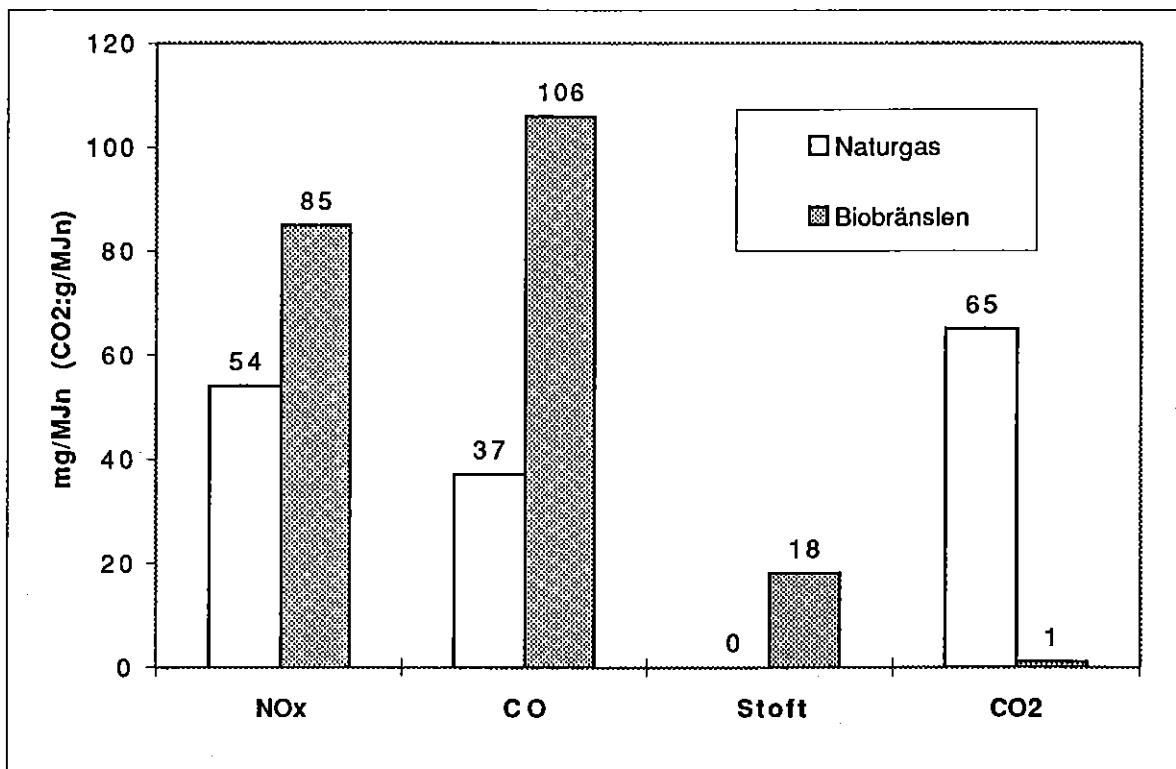


Fig 16.2a Utsläpp från den totala bränslecykeln för naturgas och biobränslen i kraftvärmeverk

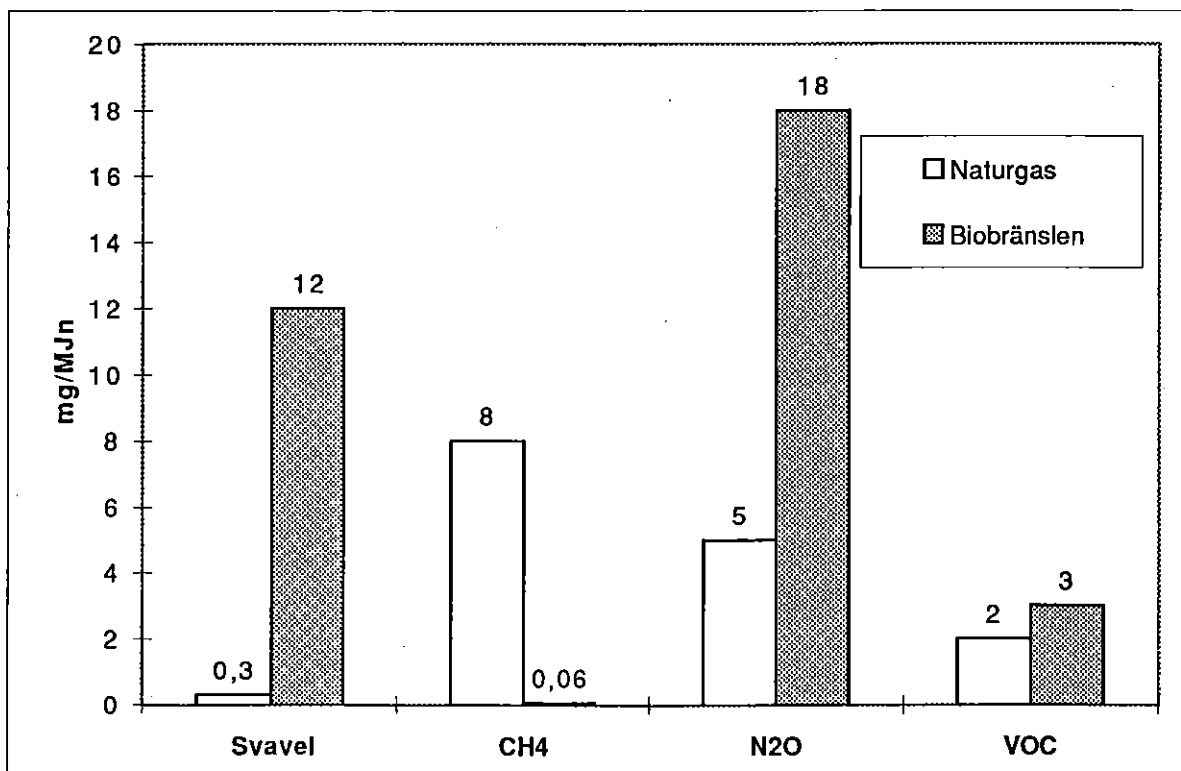


Fig 16.2b Utsläpp från den totala bränslecykeln för naturgas och biobränslen i kraftvärmeverk

16.3 Kraftverk

I ett kraftverk utgörs den nyttiga energin enbart av elenergi.

Ett "vanligt" termiskt kraftverk består av en ångpanna och en ångturbin, där turbiners kondensator normalt kyls med havsvatten. Utsläppsvärden för bibränsleeldat och koleldat kraftverk nedan gäller för denna typ av kraftverk.

Som tidigare nämnts kan ett termiskt kraftverk också utgöras av en gasturbin och ångpanna/ångturbin i förening, s k kombikraftverk. Nedan angivna utsläppsvärden för olja och naturgas avser kombianläggningar.

Anläggningarna antas vara mindre än 500 MW_{br}. Vid större anläggningar är kraven för svavel- och kvävedioxidutsläpp strängare. Anläggningarna för kol, olja och naturgas antas bestå av stora enheter och för bibränslen av mindre enheter.

I tabell 16.4 redovisas utsläppen från de nämnda fyra kraftverkstyperna där för bibränslen och naturgas även anges värden förknippade med den totala bränslecykeln.

Tabell 16.4. Utsläpp från kraftverk, räknat på nyttiggjord energi, dvs elenergin

	Naturgas			Biobränsle			Olja	Kol
	Anl ¹⁾	Övrigt ²⁾	Tot ³⁾	Anl.	Övrigt	Tot	Anl.	Anl.
Verkningsgrad %	58	–	–	40	–	–	56	44
mg/MJ _n :								
NO _x	60	25	85	125	65	190	90	114
CO	52	6	58	225	14	240	–	–
S	0,4	0,3	0,7	25	2,2	27	340 ⁴⁾	114
NH ₃	–	–	–	5	0,02	5	2	3,6
N ₂ O	8	0,1	8	38	1	39	9	36
PAH	–	–	–	–	–	–	–	–
VOC	0	3	3	–	6,3	6,3	–	–
CH ₄	0	13	13	–	0,2	0,2	–	–
Stoft	0	–	–	38	3	41	27	34
g/MJ _n :								
CO ₂	97	5,4	103	(245)	3,3	3,3	138	209

- 1) Anl = Anläggningen, dvs kraftverket
- 2) Övrigt = Bränslecykelns övriga steg
- 3) Tot = Totala bränslecykeln
- 4) Vid max tillåten svavelhalt

I figur 16.3 illustreras skillnaden i utsläpp mellan naturgas och bibränslen, allt räknat på den totala bränslecykeln

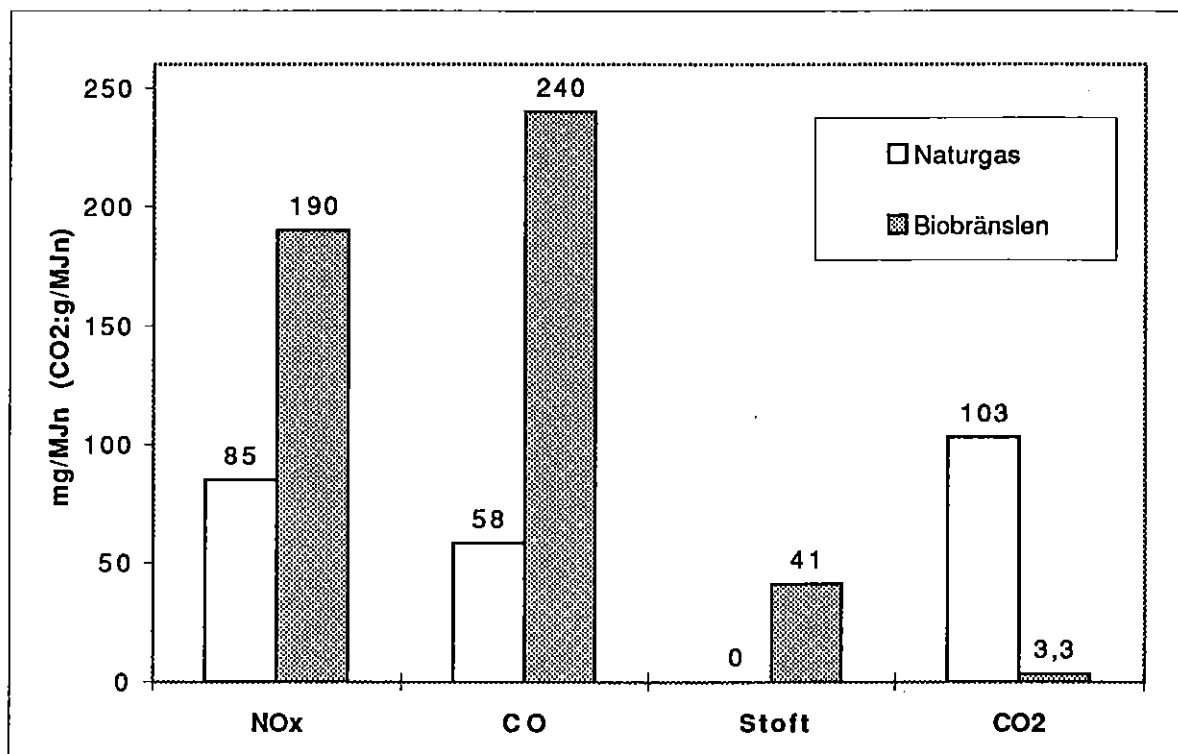


Fig 16.3a Utsläpp från den totala bränslecykeln för naturgas och biobränslen i kraftverk

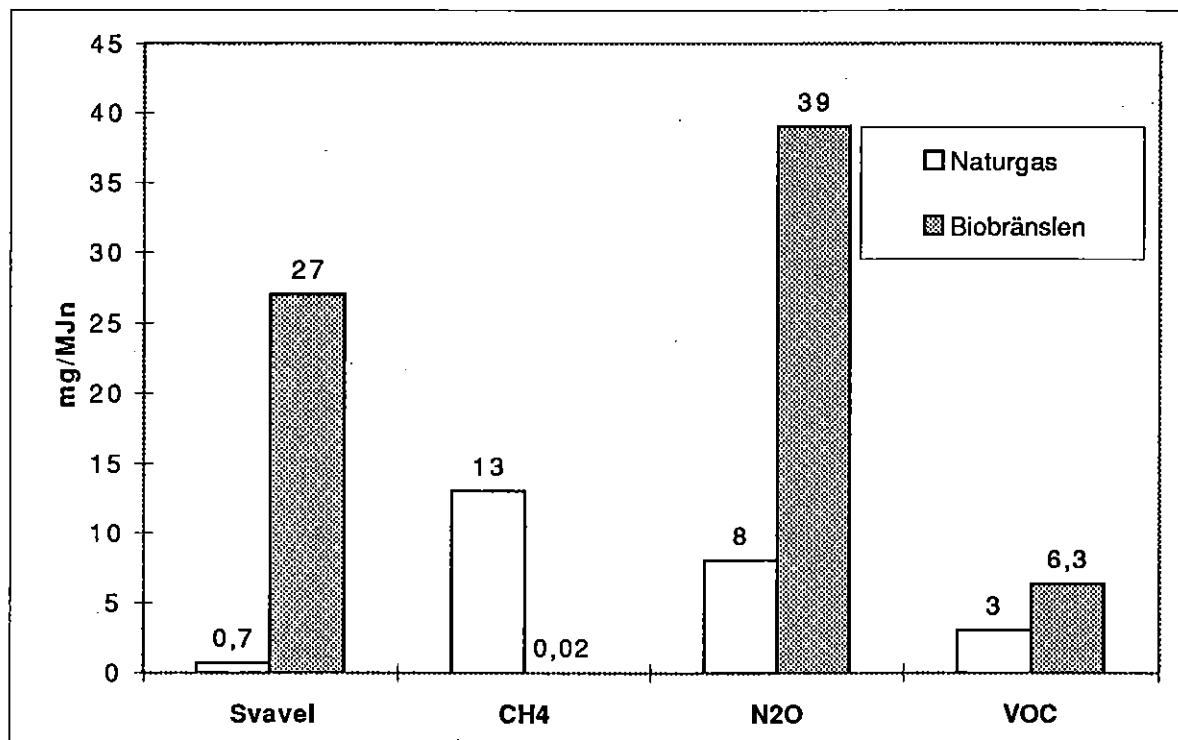


Fig 16.3b Utsläpp från den totala bränslecykeln för naturgas och biobränslen i kraftverk

21 → 16.4 Elproduktionssystem

✓ 16.4⁵ Sammanvägning av miljöeffekterna

Som framgår av tabeller och diagram i detta kapitel är utsläppen av bl a NO_x, CO, stoft, svavel och N₂O lägre för den gasbaserade bränslekedjan än för biobränslekedjan. Det motsatta förhållandet gäller framför allt för utsläpp av CH₄ och CO₂. CO₂ räknas då som "nettoutsläpp", dvs naturen förutsätts absorbera lika mycket CO₂ som det frigörs vid förbränning av biobränslen.

→ bl.a. en dansk studie, ref. 16.4.

Med dessa utgångspunkter finns det då möjlighet att bedöma vilket av de två bränslena, naturgas och biobränslen, som miljömässigt är "bäst"? Frågan har berörts i föregående kapitel, där bl a hänvisades till en dansk studie, ref 16.4. I denna har man försökt översätta alla miljöeffekter till ekonomiska termer för att på så vis kunna bedöma energislagens "externa kostnader" uttryckta i öre/kWh.

/5

Det finns även en studie utförd på uppdrag av EU, den s k ExterneE-studien (ref 16.2) där miljöeffekterna räknats om till kostnader per producerad energienhet. Här skall i korthet EU-studien och den danska studien refereras.

ExterneE-studien utfördes mellan åren 1991 och 1996 och omfattar bl a totala bränslecykeln för sex olika specificerade fossileldade kraftverk, varav tre är koleldade, två oljeeldade och ett naturgaseldat. Biobränslen behandlas ej.

För beräkningen av de externa kostnaderna, dvs miljökostnaderna, har gjorts många antaganden och bland kostnadsposterna finns dödsfall, olyckor, arbetssjukdomar, materialskador, skördeminskning och skogsskador samt kostnader orsakade av "the global warming", dvs klimatförändringar. Eftersom utsläppen av växthusgaser ger effekter först efter många år är det viktigt att välja rätt diskonteringsfaktor vid uträkning av kostnadernas nuvärde. I ExterneE-studien anser man 3 % vara ett rimligt värde men man har ej gjort egna beräkningar av kostnaderna orsakade av växthuseffekten utan återger endast resultat från andra studier.

✓ I tabell 16.2⁸ visas miljökostnader exklusive de som orsakas av växthuseffekten.

✓ Tabell 16.2⁸ Miljökostnader exklusive "global warming" (Ref 16.2⁵) ✓

Miljöeffekt	Miljökostnad, öre/kWh el		
	Kol	Olja	Gas
Hälsoeffekter hos allmänheten	3,5	9,7	0,44
Yrkesskador med dödlig utgång	0,09	NQ	NQ
Yrkesskador, övrigt	0,7	0,4	0,09
Jordbruksskador	0,03	0,04	NQ
Skogsskador	0,004	0,01	Negl.
Marina ekosystem	-	0,18	0,001
Fiskeskador	IQ	NQ	NQ
Materiella skador	0,7	0,3	0,05
Buller	0,2	NQ	0,03
Delsumma	5,2	10,6	0,61

NQ = Not quantified = sifferuppgift saknas

IQ = Impact quantified = inverkan kvantifierad men ej kostnadsberäknad

Negl = Negligible = försumbart

(forts. fr.
föregående sida)

Tabell 15.5 Miljödeklaration för naturgas levererad till kund i Europa

(Tabellen identisk med tabell 5 i den svenska Eurogasrapporten)

20

En av slutsatserna som kan dras från Eurogasstudien är att metanutsläppen är små och uppgår inom medlemsländerna till endast 0,6 % av metanmängden i den totalt levererade gasen.

Det skall återigen påpekas att sammanställningen baseras på nationella data och att kvaliteten på dessa varierar från nation till nation. Vidare skall påpekas att data gäller för år 1995 och därför sannolikt inte representativa för dagens situation. Som tidigare sagts skall därför resultaten tolkas med stor försiktighet och tills vidare inte användas som referensmaterial vid exempelvis jämförelser med andra typer av energisystem.

En positiv effekt av inventeringen är att den har ökat miljömedvetenheten hos såväl enskilda gasföretag som hos den europeiska gasbranschen i sin helhet. Eurogas rekommenderar därför att man genomför en ny LCI år 2000 med förhoppningen att varje nation under mellantiden arbetat med att få fram nya LCI- och LCA-data som resulterar i en säkrare underbyggd studie.

16

TYPFALL

16.4

Elproduktionssystem

För svenskt vidkommande har Vattenfall och Sydkraft utfört livscykelanalyser av sina respektive elproduktionssystem. Båda företagen poängterar att analyserna långtifrån är kompletta och därför närmast att betrakta som livscykelinventeringar (LCI). Man har framför allt studerat utsläpp till atmosfären från bränsleproduktionen, från bygge, drift och rivning av kraftverken och från restprodukthanteringen, markåtgång för anläggningarna samt resursåtgång vad gäller t ex betong, järnmalm och kopparmalm. I det

21

(forts.)

(forts. fr.
föreg. sida)

följande redovisas endast utsläppsvärden varför den intresserade läsaren hänvisas till referenserna 16.2 och 16.3 för ytterligare information.

Vattenfall

Vattenfalls data gäller år 1995. Det året stod vattenkraften för 46,5 % och kärnkraften för 53,2 % av företagets totala elproduktion. Resten utgjordes av biobränsleeldad kraftvärme (0,1 %) och torveldad kraftvärme (0,1 %). 5 % av den elenergi Vattenfall levererade till sina kunder 1995 utgjordes av från Norge, Danmark och Finland importerad el. Detta har ej beaktats i studien.

I tabell 16.5 redovisas utsläppen från Vattenfalls samlade elproduktion. Utsläppen från restprodukter avser huvudsakligen omhändertagandet av utbränt bränsle från kärnkraftverken.

Tabell 16.5 Utsläpp från Vattenfalls elproduktion 1995

Ämne	Utsläpp mg/kWh el					Summa
	Bränsle- prod.	Kraftverks- bygge	Kraftverks- drift	Rivning	Rest- prod	
NO _x	7,3	3,0	0,77	0,1	1,3	11,2
SO ₂	6,4	0,9	0,68	0,05	0,7	8,7
CO	1,9	1,5	1,1	0,04	0,2	4,7
Stoft	4,0	0,4	0,08	0,01	0,1	4,6
Kolväten	0,6	0,5	0,2	0,02	0,06	1,4
CO ₂	1260	435	350	11	9,0	2070

Eftersom kraftproduktionen år 1995 till 99,7 % skedde i vattenkraftverk och kärnkraftverk kan man fråga sig varför det i kolumnen kraftverksdrift förekommer utsläpp av svavel, kväveoxider etc. Förklaringen är att dessa utsläpp ej kommer från kraftverken i sig utan från bl a tillverkning av driftkemikalier, drift av maskiner vid underhållsarbeten och transport av radioaktivt avfall. Man kan emellertid notera att dessa utsläpp är väsentligt lägre än de som redovisas i kolumnen bränsleproduktion och som i det här fallet huvudsakligen härrör från produktionen av kärnbränsle.

I föregående avsnitt (16.3 Kraftverk) redovisades utsläpp från hela bränslecykeln för naturgas och biobränslen medan för olja och kol endast utsläppen från kraftverken redovisades. Vattenfall har emellertid i sin livscykelanalys även studerat oljekraft varför nedan återges uppgifter för det oljeeldade kraftverket i Stenungsund. Kraftverket har en termisk verkningsgrad på 40 % och förutsätts eldat med Eo 1 med en svavelhalt på 0,1 %.

21

(forts)

(från fr. frög. sidan)

Tabell 16.6 Utsläpp från det oljeeldade kraftverket i Stenungsund

<u>Ämne</u>	<u>Utsläpp mg/kWh el</u>				
	<u>Bränsle- prod.</u>	<u>Kraftverks- bygge</u>	<u>Kraftverks- drift</u>	<u>Rivning</u>	<u>Totalt</u>
NOx	185	6,7	461	0,2	653
SO2	79	4,4	461	0,08	544
CO	22	3,7	138	0,2	164
Stoft	3,4	2,1	100	0,02	105
Kolväten	364	0,6	41	0,02	406
CO2	32 100	2 140	682 000	0,4	716 000

Sydskraft

Sydskraft har i sin broschyr endast redovisat specifika utsläpp (g/MWh el) av SO2, NOx och CO2 från sina olika kraftverkstyper uppdelat på bränsleproduktion, anläggningsbyggen och kraftverksdrift samt de totala utsläppen i ton från Sydkrafts samlade elproduktion år 1996.

Sydkrafts elproduktion år 1996 fördelade sig med 67 % på kärnkraft, 27 % på vattenkraft, 4 % på oljekondens och 2 % på olje/naturgasbaserad kraftvärme. Andelen fossileldad kraft var således 6 %, jämfört med Vattenfall som hade 0 % i sin studie.

Med kännedom om Sydkrafts elproduktion år 1996, ca 30 000 GWh, kan man emellertid räkna om de totala utsläppsvärdena till att gälla per producerad kWh el, se tabell 16.7

Tabell 16.7 Utsläpp från Sydkrafts elproduktion 1996

<u>Ämne</u>	<u>Utsläpp mg/kWh el</u>			
	<u>Bränsle- prod.</u>	<u>Kraftverks- bygge</u>	<u>Kraftverks- drift</u>	<u>Totalt</u>
NOx	14	3	20	37
SO2	19	1	20	40
CO2	7 000	200	23 000	30 000

Jämfört med Vattenfall ligger utsläppen från Sydkrafts elproduktion högre.

Detta har sin förklaring i den större andelen fossilkraft för Sydkrafts del. Man måste emellertid vara försiktig vid direkta jämförelser eftersom

- Vattenfalls data avser år 1995 och Sydkrafts 1996
- "Kraftverksmixen" ändrar sig från år till år varvid även utsläppsmängderna ändrar sig
- Bränslecykelns olika led har beaktats något olika i de båda studierna
- Miljöpåverkan från importerad el är ej beaktad

✓ I tabell 16.4⁹ visas kostnader orsakade av växthuseffekten. Tre studier återges, varav de två första utgått från diskonteringsfaktorn 0 % och den tredje från 1 %.

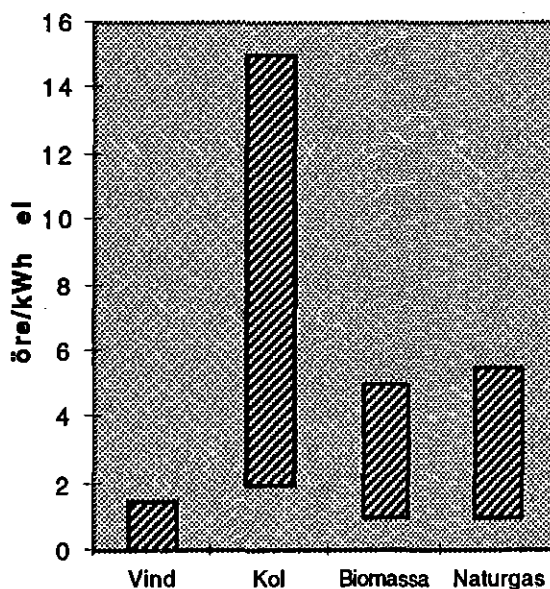
✓ Tabell 16.4. Miljökostnader orsakade av "global warming" (Ref 16.4)⁵

Referens	Miljökostnad, öre/kWh el		
	Kol	Olja	Gas
Cline, 1992	13	12	5,3
Fankhauser, 1993	9	7	3,5
Tol, 1995	16	15	7,0

Även om osäkerheten är stor i dessa beräkningar torde en entydig slutsats vara att naturgaskedjan ger de lägsta miljökostnaderna i jämförelse med olja och kol.

I den danska studien (ref 16.4) har miljökostnaderna beräknats för ett naturgaseldat kraftvärmeverk (kombiverk), ett kraftvärmeverk baserat på förgasad biomassa, ett kolkraftverk och ett antal vindkraftverk. Även här har de kompletta "bränslekedjorna" beaktats.

För kraftvärmeverken antas att fjärrvärmerna produceras med 100 % verkningsgrad och att bränsleförbrukningen härutöver tillskrivs elproduktionen. Alla emissioner och miljökostnader anges per kWh elproduktion och för växthuseffekten har räknats med en diskonteringsfaktor på 1,5 %. Resultatet av studien visas i figur 16.4 där staplarna markerar kostnadsintervall, dvs osäkerheten i beräkningarna.



✓ Fig 16.4. Totala miljökostnader (inkl global warming) för några olika kraftslag (Ref 16.4)⁴

Det för gasbranschen mest intressanta resultatet är att de totala miljökostnaderna verkar vara ungefär samma för biobränslen och naturgas. Kostnader orsakade av det högre nettoutsläppet av koldioxid från naturgas uppvägs således av miljökostnaderna för större utsläpp av föroreningar med lokal och regional påverkan från biobränslena.

Referenser

14 16.1 Henrik Meyer m fl
 Omkostningsoppgørelse for miljøeksternaliteter i forbindelse med energiproduktion
 Rapport Risø-R-770 (DA), Sept 1994

15 16.2 European Commission
 ExternE - Externalities of Energy
 Compiled by ETSU, UK
 EUR 16520 EN, 1995

16.1 Ann Bohlin m fl
 Energi och Miljö. Miljökonsekvenser vid
 användning av naturgas, biobränslen,
 olja och kol
 ÅF-Energikonstult, 4 dec 1995

16.2 Britt-Marie Brännström - Norberg m fl
 Livscykelanalys för Vattenfalls elproduktion
 Sammanfattande rapport
 Vattenfall 1996-12-20

16.3 Livscykelanalys
 En inventering av miljöpåverkan från
 Sydkrafts elproduktion.
 (Sydkraft 1998
 Broschyr)



17 MILJÖFÖRBÄTTRINGAR VID INTRODUKTION AV NATURGAS I EN REGION

Vid ersättning av framför allt olja och kol i en region med naturgas erhålls betydande miljöförbättringar. Förbättringarna beror på en eller flera av följande faktorer vid övergång till naturgas:

- lägre emissionsfaktorer
- högre termisk verkningsgrad
- högre produktivitet

22

I de bedömningar som gjorts nedan har lägre emissionsfaktorer och bättre energieffektivitet beaktats men däremot inte högre produktivitet.

För att belysa utsläppsförändringarna till följd av en övergång till naturgas har valts Östergötlands län. Detta län kan tänkas få naturgas om t ex den befintliga stamledning- en från Skåne till Göteborg dras vidare till Mellansverige. Marknadspotentialen för naturgas i Östergötland har tidigare bedömts i en ÅF-rapport, ref 17.1.

Marknadspotentialen för naturgas uppgår enligt ÅF-rapporten till 2.400 GWh/år fördelat på olika marknadssegment enligt tabell 17.1.

Tabell 17.1. Marknadspotential för naturgas i Östergötlands län

Segment Beteckning	Segment Namn	Naturgasen ersätter	Potential GWh/år
A	Småhus	Eldningsolja 1 Vattenburen el	135
B	Flerbostadshus	Eldningsolja 1 Vattenburen el	120
C	Lokaler	Eldningsolja 1 Vattenburen el	80
D	Små- och medelstor industri	Eldningsolja 1 Vattenburen el	70
E	Fjärrvärme och kraftvärme	Olja, el	665
F	Större industri	Eldningsolja 5, Gasol, el till värmepumpar	1.200
T	Transporter	Dieselolja	165

Emissionsbilden med och utan naturgas har bedömts för svavel, kväveoxider, koldioxid och stoft. Emissionsfaktorer har i stort sett antagits vara samma som tidigare redovisats i kapitel 14, Typiska emissionsvärden, dvs bränslecykelns tidigare steg är ej inkluderade.

En sammanställning av emissionsfaktorer för de olika marknadssegmenten samt de totala årliga utsläppen redovisas i tabell 17.2 för såväl naturgas som för de energislag (bränslen) som ersätts. Av tabellen framgår även hur den högre energieffektiviteten för naturgas beaktats. För exempelvis segment A framgår att 135 GWh naturgas ersätter 139 GWh eldningsolja.

(Forts. fr.
föregående sida)

Tabell 4.14 Variationsområden för BaP-utsläpp

(Tabellen identisk med tabell 4.22 i SGC 090)

En entydig slutsats torde vara att bibränslen och torv i genomsnitt ger väsentligt högre PAH-utsläpp än de fossila bränslena. En rangordning mellan de senare förefaller vara naturgas – olja – kol med naturgas som "bästa" bränsle.

17

Vad gäller BaP är bilden otydligare men en medelvärdesbildning tyder på att bibränslen i genomsnitt har de största utsläppen. Även små koleldade pannor uppvisar emellertid relativt höga värden. För torv finns alltför få mätvärden för att man skall kunna uttala sig. När det gäller medelstora och stora pannor är det svårt att rangordna naturgas, olja och kol. Om man antar att det finns en koppling mellan PAH totalt och BaP-komponenten så skulle rangordningen bli samma som för PAH, d v s naturgas "bäst" följt av olja och kol i nu nämnd ordning.

17

MILJÖFÖRBÄTTRINGAR VID INTRODUKTION AV NATURGAS I EN REGION

Vid ersättning av framför allt olja och kol med naturgas i en region, erhålls betydande miljöförbättringar. Förbättringarna beror på en eller flera av följande faktorer vid övergång till naturgas:

- lägre emissionsfaktorer
- högre termisk verkningsgrad
- högre produktivitet

22

I de bedömningar som redovisas nedan har lägre emissionsfaktorer och bättre energieffektivitet beaktats men däremot inte högre produktivitet.

Två studier redovisas. Den ena är en marknadsstudie som ÅF-Energikonsult utfört (Ref 17.1) och som omfattar Östergötlands län. Detta län kan tänkas få naturgas om t ex den befintliga stamledningen från Skåne till Göteborg dras vidare till Mellansverige. Den andra studien har tagits fram av Nordiska

frts.

(forts. fr.
föreg. sida)

Ministerrådet (Ref 17.2) och den redovisar de samlade framtida miljöutsläppen i Norden vid utbyggnad av ett nordiskt gasnät.

22

17.1

Introduktion av naturgas i Östergötlands län

Marknadpotentialen för naturgas i Östergötland uppgår enligt ÅF-rapporten till 2 400 GWh/år fördelade på olika marknadssegment enligt tabell 17.1

Tabell 17.1. etc (finns redan)

17.2

Utbyggnad av nordiskt naturgasnät

Nordiska ministerrådets studie bygger på ett scenario där naturgasnätet byggs ut för att sammanbinda de nordiska näten och möjliggöra gasleveranser från både Ryssland och Norge.

Utbyggnaden av gasnätet omfattar transmission, distribution och lagring och det antas att kondensanläggningar med kol-, torv- eller oljeeldning ersätts med gaskraft (eller gaskraftvärme där det är möjligt) och att fjärrvärmeverk på sikt ersätts med kraftvärmeverk.

Vidare antas att naturgasanvändningen för vägtransporter kommer att uppgå till fem procent av den totala energianvändningen inom området. Industrier med stor olje- och kolanvändning förutsätts konvertera till naturgas och man utgår från att uppvärmning i hushålls- och servicesektorn i högre grad baseras på naturgas.

23

I rapporten har bl a utsläppen av CO₂, SO₂, NO_x, CH₄, partiklar och restprodukter beräknats. Resultatet framgår av tabell 17.4 där även de nordiska utsläppen år 1995 redovisas.

Tabell 17.4 Samlade miljöutsläpp i Norden före och efter utbyggt naturgasnät

(Owe! Tabellen är den som finns i bifogad kopia från Gasnytt. Det är bättre att Du renskriver den direkt i rätt format för miljöhandboken. Kan Du kolla hur det ligger till med tabellrubriken kontra tabellvärdena. Det står i rubriken att allting minskar utom metan. Men läser man tabellen så minskar allting utom NO_x'en!

En annan sak är också mysko. Enligt tabellen minskar CO₂ från 172 till 170 Mton dvs med ca 1 %. I texten, spalt 2 högst upp står "En minskning med 15 % från 1995 till 2010 är möjlig". Jag undrar om inte tabellen är fel eftersom en storskalig ersättning av olja och kol med naturgas rimligen måste ge en kraftig reduktion i koldioxidutsläppen. Har Du möjligen tillgång till originalrapporten, annars finns den kanske på Sydgas)

Som framgår av tabellen minskar samtliga miljöutsläpp, utom av kväveoxider vid en storskalig naturgasutbyggnad. Anledningen till det ökade utsläppet av kväveoxider sammanhänger med ... (Owe! Se kommentarerna ovan. Texten här

(forts)

Tabell 17.2. Emissionsfaktorer och totala årliga emissioner. Östergötlands län

	GWh/år		Emissionsfaktorer				Totala emissioner			
			S mg/MJ _{br}	NO _x mg/MJ _{br}	CO ₂ g/MJ _{br}	Stoft mg/MJ _{br}	S ton/år	NO _x ton/år	CO ₂ kton/år	Stoft ton/år
A	139	Eo 1	15	100	77	10	7,5	50,0	38,5	5,0
	135	Naturgas	0,2	10	56	–	0,09	4,86	27,2	–
B	124	Eo 1	15	100	77	10	6,7	44,6	34,4	4,5
	120	Naturgas	0,2	20	56	–	0,09	8,9	25,0	–
C	82	Eo 1	25	120	77	10	7,2	34,6	22,2	2,9
	80	Naturgas	0,2	20	56	–	0,06	5,8	16,1	–
D	72	Eo1	100	90	77	15	25,2	22,7	19,4	3,8
	70	Naturgas	0,2	25	56	–	0,05	6,3	14,1	–
E	80	Tornby ¹⁾ Eo	100	100	78	15	28,8	28,8	22,5	4,3
	80	Naturgas	0,2	100	56	–	0,06	28,8	16,1	–
	20	El	–	–	–	–	–	–	–	–
	25	Naturgas	0,2	25	56	–	0,02	2,3	5,0	–
	560	Eo i gasturbin	25	40	77	10	50,4	80,6	155	20,2
	560	Naturgas i gasturbin	0,2	40	56	–	0,4	80,6	112,9	–
F	1100	Eo 5	100	150	78	15	400,0	599,4	311,7	59,9
	116	Gasol	0,5	100	56	–	0,2	41,8	23,4	–
	11	El	–	–	–	–	–	–	–	–
	1200	Naturgas	0,2	100	56	–	0,9	432,0	241,9	–
T	148	Dieselolja	0,11	580	77	12,5	0,06	309,0	41	6,7
	165	Naturgas	0,2	170	56	4,2	0,1	101,0	33,3	2,5
Σ Eo							526,1	1211,5	668,1	107,3
Σ Naturgas							1,8	670,6	491,6	2,5

1) Tornby = förbränningsmotor för el- och värmeproduktion

En liknande bedömning har även gjorts för en enstaka stad i Östergötlands län – Linköping.

Totalresultaten för Östergötland och för Linköping redovisas i tabell 17.3.

Tabell 17.3. Totalutsläpp till luft med och utan naturgas i Östergötland och i Linköping

	S ton/år	NO _x ton/år	CO ₂ kton/år	Stoft ton/år
Östergötland				
Utan naturgas	526	1 212	668	107
Med naturgas	2	671	492	3
Linköping				
Utan naturgas	93	299	208	32
Med naturgas	1	116	150	1

Skillnaden i utsläpp med och utan naturgas illustreras i stapeldiagrammet i figur 17.1.

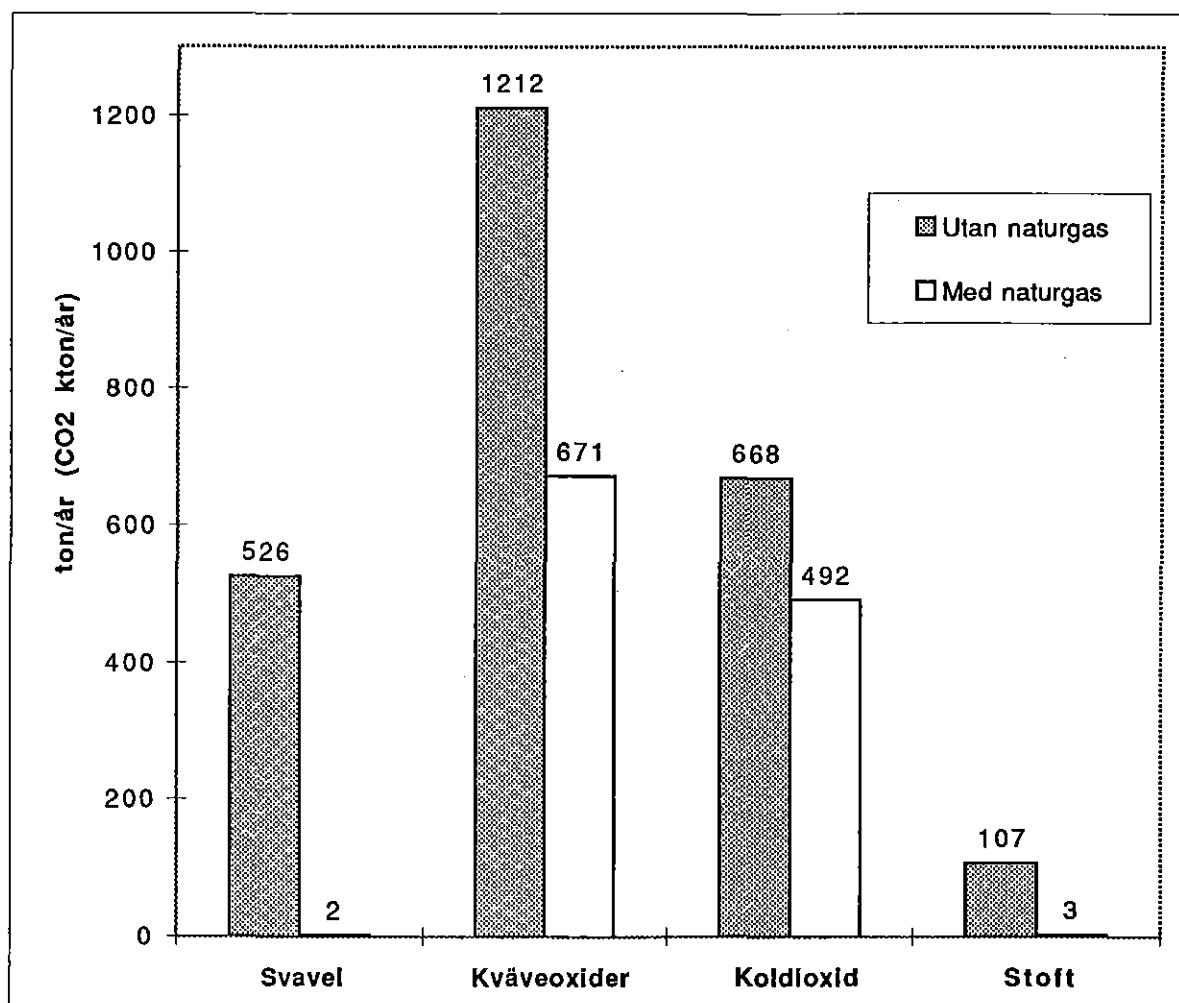


Fig 17.1 Utsläppsminskningar vid övergång till naturgas i Östergötlands län

23

→

17.2 Utbyggnad av nordiskt naturgasnät

17.4

Referenser

17.1 Naturgas och bibränsle i samverkan
ÅF-Energikonsult, 1995-06-01

17.2 Owe: Har Du namn mm på
Nordiska ministerrådets rapport?

(forts. fr.
föreg. sida)

Ministerrådet (Ref 17.2) och den redovisar de samlade framtida miljöutsläppen i Norden vid utbyggnad av ett nordiskt gasnät.

22

17.1

Introduktion av naturgas i Östergötlands län

Marknadspotentialen för naturgas i Östergötland uppgår enligt ÅF-rapporten till 2 400 GWh/år fördelade på olika marknadssegment enligt tabell 17.1

Tabell 17.1. etc (finns redan)

17.2

Utbyggnad av nordiskt naturgasnät

Nordiska ministerrådets studie bygger på ett scenario där naturgasnätet byggs ut för att sammanbinda de nordiska näten och möjliggöra gasleveranser från både Ryssland och Norge.

Utbyggnaden av gasnätet omfattar transmission, distribution och lagring och det antas att kondensanläggningar med kol-, torv- eller oljeeldning ersätts med gaskraft (eller gaskraftvärme där det är möjligt) och att fjärrvärmeverk på sikt ersätts med kraftvärmeverk.

Vidare antas att naturgasanvändningen för vägtransporter kommer att uppgå till fem procent av den totala energianvändningen inom området. Industrier med stor olje- och kolanvändning förutsätts konvertera till naturgas och man utgår från att uppvärmning i hushålls- och servicesektorn i högre grad baseras på naturgas.

23

I rapporten har bl a utsläppen av CO₂, SO₂, NO_x, CH₄, partiklar och restprodukter beräknats. Resultatet framgår av tabell 17.4 där även de nordiska utsläppen år 1995 redovisas.

Tabell 17.4 Samlade miljöutsläpp i Norden före och efter utbyggt naturgasnät

(Owe! Tabellen är den som finns i bifogad kopia från Gasnytt. Det är bättre att Du renskriver den direkt i rätt format för miljöhandboken. Kan Du kolla hur det ligger till med tabellrubriken kontra tabellvärdena. Det står i rubriken att allting minskar utom metan. Men läser man tabellen så minskar allting utom NO_x 'en!

En annan sak är också mysko. Enligt tabellen minskar CO₂ från 172 till 170 Mton dvs med ca 1 %. I texten, spalt 2 högst upp står "En minskning med 15 % från 1995 till 2010 är möjlig". Jag undrar om inte tabellen är fel eftersom en storskalig ersättning av olja och kol med naturgas rimligen måste ge en kraftig reduktion i koldioxidutsläppen. Har Du möjligen tillgång till originalrapporten, annars finns den kanske på Sydgas)

Som framgår av tabellen minskar samtliga miljöutsläpp, utom av kväveoxider vid en storskalig naturgasutbyggnad. Anledningen till det ökade utsläppet av kväveoxider sammanhänger med ... (Owe! Se kommentarerna ovan. Texten här

(fnts)

Minskade CO₂-utsläpp med nordiskt gasnät!

Koldioxidutsläppen kommer att minska – om ett nordiskt gasnät blir verklighet!

Det visar en studie som tagits fram av Nordiska Ministerrådet. Målsättningen med den rapport som sammanställts, är att belysa naturgasens möjligheter att bidra till reducerade utsläpp av bland annat växthusgaser.

Studien har tre alternativa scenarier för åren 2010 och 2020:

- En utbyggnad av gasnäten
- Utbyggnad av elförsörjningen
- Utveckling som bygger på de befintliga nationella planerna

Även i de två senare alternativen ökar användningen av naturgas.

I scenariot där naturgasnätet byggs ut för att sammanbinda de nordiska näten och möjliggöra leveranser av gas från både Ryssland och Norge, beräknas ett alternativ med hög och ett med lägre prognos för den framtida energianvändningen.

Utbyggnaden av gasnätet omfattar transmission, distribution och lagring och det antas att kondensanläggningar med kol-, torv- eller oljeanvändning ersätts med gaskraftvärmeverk om det är möjligt och att fjärrvärmeverk på sikt ersätts med kraftvärmeverk.

Vidare antas att naturgasens andel av energianvändningen för vägtransporter kommer att uppgå till fem procent av den totala energianvändningen inom området. Industrier med stor olje- och kolanvändning förutsätts konvertera till naturgas och att uppvärmning i bostads- och servicesektorn i högre grad baseras på naturgas.

Dessa förhållanden har värderats separat för respektive land.

Fokusering på koldioxid

I rapporten har utsläppen av CO₂, SO₂, NO_x, CH₄, stoft, restprodukter och tungmetaller beräknats för samtliga scenarier. Största fokuseringen har skett på koldioxidemissionerna.

För att göra analyserna så fullständiga som möjligt, har Estland, Letland och Litauen tagits med samt de ryska regionerna Murmansk, Karelen och Leningrad.

De uppställda modellerna kan betraktas som marknadsmässigt möjliga, skriver utredarna i rapporten. Teoretiskt skulle man kunna tänka sig naturgas som fullständig ersättning för exempelvis både kärnkraft och kraftvärme, men denna infallsvinkel är inte använd.

Bland annat följande slutsatser har dragits i rapporten:

• Ett sammanhängande naturgassystem i de nordiska länderna kan ge ett väsentligt bidrag för att nå målet för koldioxidutsläppen. En minskning med 15 procent från 1995 till 2010 är möjlig.

• Kombineras den uppskattade gasanvändningen med en utveckling baserad på en lägre energianvändning, en stramare politik inom energiområdet med utbyggnad av förnybara energikällor, biobränslen och stora investeringar i energieffektiviserande teknik samt en stramare energibesättning, kan de garanterade målen sannolikt uppfyllas.

• En utbyggnad av ett sammanhängande naturgassystem, anses som tekniskt genomförbart, men kräver ytterligare utredning genom detaljerade studier, som exempelvis nu sker i den påbörjade EU-studien Nordic Gas Grid.

• Användningen av naturgas för framställning av elektricitet vid gaskraftverk längs det existerande gasnätet, samt vid import- och ilandföringspunkter, minskar miljöutsläppen i förhållande till fortsatt användning av kol, olja och torv.

• Förutsatt att det skapas ekonomiska och kommersiella möjligheter för etablering av ett sammanhängande naturgasnät, som beskrivs i naturgassceneriet, kommer dock detta med de förutsättningar som använts i beräkningarna kunna medverka till ännu större minskningar av emissionerna, då användning av mera skadliga bränslen i värme- och elproduktion kan ersättas inom ett bredare område.

Fram till 2010 väntas den primära användningen av energi i Norden stiga med 11 procent och gasandelen ökar till 12,4 procent jämfört med 1995. År 2020 väntas naturgasandelen i det höga alternativet ha ökat till 27 procent av den totala bränsleanvändningen.

Större förutsättningar

– Förutsättningarna för naturgasen är större idag än för tio år sedan, sade kanslirådet *Sten Kjellman*, när rapporten presenterades vid en konferens före jul. För detta talar bland annat statsministermötet i Bergen förra sommaren, där vikten av ett utvidgat gas- och elnät betonades.

– Det är ett tufft jobb att länka samman alla prognoser, sade *Hans Åkesson*, ÅF-Energi-konsult, som tillsammans med det danska konsultföretaget Rambøll sammanställt rapporten. Inte minst har geografiska skillnader, exempelvis tyngden på kraftvärme i Stockholm, spelat stor roll i arbetet.

Jouko Varjonen, finska Handels- och Industriministeriet, har varit ordförande i arbetsgruppen som arbetat med rapporten, pekade på vikten av nordiskt samarbete när det gäller framtidens energisystem.

– Naturgasen måste öka på andra fossila bränslens bekostnad, sade han. Det går att påverka med skattepolitiken.

– Det ser lovande ut för naturgasen, sade *Klaus Geil*, EU-kommissionen. Gasdirektivet är en viktig milstolpe för gasens framtid.

– En procentenhet mer gas inom EU betyder en procent minskning av koldioxidutsläppen.

Rainer Moberg, Neste Oy, talade om möjligheterna att dra en naturgasledning på Östersjöns botten.

– 1999 skall en studie vara klar. Förhandlingar och beslut före år 2000 kan betyda en färdig ledning år 2005.

Rolf Johansson

Ett utbyggt naturgasnät innebär minskade utsläpp av CO₂, SO₂, NO_x, partiklar och restsprodukter. Utsläppen av metan (CH₄) minskar däremot inte. Detta kan bero på att en del metan i gasmotorer släpps ut oförbränt. Fokuseringen på detta innebär med största säkerhet att motortillverkarna klarar detta problem, så att även metanutsläppen minskar efter 2010.

Samlade miljöutsläpp i Norden 1995

	CO ₂ (Mton)	SO ₂ (kton)	NO _x (kton)	CH ₄ (kton)	Partiklar (ton)	Restprodukter (kton)
Danmark	51	56	145	6	70	1472
Sverige	52	97	142	16	103	1157
Finland	46	76	96	10	87	1375
Norge	23	29	136	5	31	136
Norden	172	258	518	37	2914140	

Samlade miljöutsläpp 2010 med utbyggt naturgasnät

	CO ₂ (Mton)	SO ₂ (kton)	NO _x (kton)	CH ₄ (ton)	Partiklar (kton)	Restprodukter (kton)
Danmark	43	23	141	3	47	750
Sverige	50	84	160	11	101	1234
Finland	48	62	111	9	78	1034
Norge	30	28	159	1	35	152
Norden	170	197	572	23	260	3169

(forts från
föreg. sida)

DU

anpassas till verkligheten, dvs om det i stället är metan som ökar så ändrar vi till det och förklarar varför. Om det är NOx som ökar, så bör även det förklaras)

I rapporten dras bland annat följande slutsatser:

- Ett sammanhängande naturgassystem i de nordiska länderna kan medverka till att man kan nå det uppsatta målet för framtida koldioxidutsläpp. En minskning med 15 % från 1995 till 2010 är fullt möjlig. (Owe! Observera tidigare kommentar!)
- En utbyggnad av ett nordiskt sammanhängande naturgassystem anses som tekniskt genomförbart, men kräver ytterligare utredning genom mer detaljerade studier. (Anm. Den senare genomförda EU-studien Nordic Gas Grid har visat att projektet är såväl tekniskt som ekonomiskt genomförbart. Studien har, liksom ministerrådets studie, inte tagit hänsyn till den beslutade kärnkraftavvecklingen i Sverige)
- Kombinerar den antagna naturgasutbyggnaden med andra åtgärder såsom lägre och effektivare energianvändning samt ökad utbyggnad med förnybara energikällor kan utsläppen av speciellt koldioxid sänkas ytterligare.

23



18 BEHOV AV FORSKNINGS- OCH UTVECKLINGSINSATSER INOM MILJÖOMRÅDET

18.1 Miljöproblem

Olika verksamheter inom dagens industrialiserade samhälle medför miljöpåverkningar som i många fall fått en sådan omfattning att de är oacceptabla. I vissa fall är gränsen till vad som är acceptabelt överskriden redan i dag (t ex luftkvaliteten i vissa tätorter) i andra fall kan man befara att gränsen överskrids i framtiden (t ex växthuseffekten).

Enligt flera bedömare (ref. 18.1) utgörs de allvarligaste miljöhoten av:

- klimatpåverkan
- ozonnedbrytning
- förurning
- marknära ozon
- luftföroreningar i tätorter
- övergödning
- metaller i naturen
- organiska miljögifter
- överexploatering av mark och vatten
- avfall och restprodukter

Miljöhoten härrör från många olika mänskliga aktiviteter varav dock sådana med anknytning till energi torde vara de mest betydelsefulla.

Rent teoretiskt kan miljöhoten från energisektorn elimineras eller starkt reduceras genom fundamentalt enkla åtgärder; t ex

- Hushållning med energin
- Långt gående rening av alla avgaser
- Övergång till minimalt miljöpåverkande energislag t ex solenergi och vindenergi
- Användning av vätgas som bränsle där vätgasen produceras med el från solceller och vindkraftverk
- Fordonsdrift med bränsleceller med vätgas som bränsle
- Omhändertagande och förvaring av allt miljöfarligt avfall på samma sätt som man tänker sig för kärnkraftavfallet

Med tanke på såväl miljön som tillgången på energiråvaror (kol, olja, gas etc) måste på lång sikt energisystemen inrättas mot att bli både extremt resurssnåla och miljömässigt acceptabla. De ovan skissade åtgärderna kan därför mycket väl bli realiteter i en avlägsen framtid. Men vägen dit är lång och av framför allt praktiska och ekonomiska skäl kommer omställningen till det långsiktiga, optimala systemet att ske i långsam takt. Det är emellertid viktigt att redan nu vidta åtgärder som så snabbt som möjligt löser akuta miljöproblem utan att dessa åtgärder för den skull behöver ingå i den långsiktiga lösningen. Gasbranschens åsikt är att man med hjälp av naturgas, kompletterad med biogas, kan uppnå miljöförbättringar som normalt inte kostar något extra och som är hållbara fram till dess att ännu miljövänligare system hunnit utvecklas för storskalig användning.

Många åtgärder i miljöförbättrande syfte kan vidtas direkt utan bakomliggande forsknings- och utvecklingsarbeten. Ett i detta sammanhang mycket enkelt exempel är konvertering från kol eller olja till naturgas. Andra åtgärder måste föregås av forskning,

utredningar, utvecklingsarbeten och/eller demonstration av ny teknik. Avsikten med detta kapitel i miljöhandboken är att peka på områden där gasbranschen kan och bör göra aktiva insatser som på kortare eller längre sikt har miljöförbättrande syften.

18.2 Vilka miljöfrågor bör gasbranschen ägna sig åt?

Sett från gasbranschens synvinkel kan miljöfrågorna delas upp enligt följande:

- Övergripande
- Energirelaterade
- Gasrelaterade

Med övergripande menas t ex sambandet mellan miljögifter och hälsoeffekter, samband miljö/livskvalitet, regnskogsavverkningens betydelse för jordens klimat osv.

Exempel på allmänt energirelaterade miljöfrågor är förbränningsprodukters miljöpåverkan, uppvärmt kylvattens påverkan på det marina livet och reningsteknik för rökgaser.

Som speciellt gasrelaterade miljöfrågor kan nämnas låg-NO_x-teknik för gasbrännare, metanutsläpp från naturgassystem och åtgärder för minimalt naturintrång vid läggning av gasledningar.

Att gasbranschen skall ägna sig åt de gasrelaterade miljöfrågorna är helt klart. Frågan är närmast vilka allmänt energirelaterade och övergripande miljöfrågor gasbranschen skall känna ansvar för och engagera sig i.

Ett generellt svar kan vara att gasbranschen skall engagera sig i alla sådana miljöfrågor som på ett eller annat sätt kan ha betydelse för branschen som sådan. Engagemanget kan därvid sträcka sig från egna aktiva utvecklingsinsatser till att marginellt ta del av information från andra. Ett exempel på en icke direkt gasrelaterad fråga är miljöpåverkan från olika typer av bränslen. I Sverige råder en viss konkurrens mellan bibränslen och naturgas och en av de faktorer som påverkar valet är respektive bränsles miljöegenskaper. Här ligger det således i gasbranschens intresse att miljöfakta finns framtagna för såväl bibränslena som naturgasen. Ett annat exempel kan vara att utforska om de mycket låga föroreningsnivåer som förekommer vid direktanvändning av naturgas kan ha några hälsoeffekter på speciellt känsliga befolkningsgrupper såsom allergiker och astmatiker.

18.3 Syften med gasbranschens forskning och utveckling inom miljöområdet

Det övergripande syftet med gasbranschens insatser inom miljöområdet är att minimera miljöpåverkan från "gaskedjan" dvs från utvinning och produktion fram till och med slutanvändningen, vilken vanligtvis innebär förbränning av något slag.

Andra syften kan indelas i undersökande, utvecklande och informerande:

Undersökande

- Att öka kunskapen om och förståelsen för bildning, rening och utsläpp av miljöfarliga ämnen vid förbränning av naturgas och andra energigas.
- Att så detaljerat som möjligt klarlägga miljö- och hälsoeffekter från förbränning av energigas.

Utvecklande

- Att utveckla och tillämpa teknik som ger så litet naturinträng som möjligt vid transmission och distribution av naturgas.
- Att utveckla och tillämpa teknik som ger så låga miljöstörande utsläpp som möjligt vid användning av energigaser.
- Att utveckla och tillämpa teknik så att man med hjälp av energigaser kan
 - minska utsläppen av föroreningar då annat än gas är huvudbränslet,
 - minska utsläppen från andra processer än förbränningsprocesser,
 - oskadliggöra miljöfarligt avfall

Informerande

- Att informera myndigheter, politiker och andra samhällsgrupper om miljöfakta kring naturgas och andra energigaser.
- Att verka för att naturgas och andra energigaser accepteras som rena och miljövänliga bränslen med miljömässiga fördelar gentemot flertalet andra bränslen.

18.4 Exempel på forsknings-, utrednings- och utvecklingsinsatser

Av praktiska skäl kan det vara lämpligt att dela upp insatserna i fyra kategorier enligt följande:

- A. Forskning och utredningar om olika miljöpåverkande ämnen, deras egenskaper, spridning, hälsoeffekter osv.
- B. Forskning och utredningar om utsläpp m m från olika bränslecykler med tyngdpunkt på energigaser samt miljöpåverkan härav.
- C. Forskning och utveckling för att minska miljöpåverkan a) genom användning av energigaser och b) från användning av energigaser.
- D. Forskning och utveckling för att med hjälp av energigaser destruera miljöfarligt avfall och minska utsläpp från förbränning av fasta och flytande bränslen.

Exempel på insatser inom de olika kategorierna ges nedan. Exempelen har genererats dels internt inom SGC, dels genom litteraturstudier och kontakter med utomstående (referenserna 18.1 - 18.6). Som tidigare nämnts kan insatserna sträcka sig från bevakning av vad som sker i omvärlden till egna, aktiva insatser.

Kategori A

Inom kategori A förutsätts att huvuddelen av insatserna kommer till stånd utan gasbranschens medverkan. Vissa insatser kan dock ha speciell koppling till energigaser eller till "konkurrerande bränslen" av betydelse för gasbranschen och därför kräva särskild uppmärksamhet. Exempel är:

- Forskning kring ämnen som ej ingår i "reglerade" emissioner såsom dioxiner och furaner samt ännu ej "upptäckta" föroreningar.

- Känslighet hos vissa befolkningsgrupper, såsom barn, äldre, astmatiker och kroniskt sjuka, för låga koncentrationer av luftföroreningar. Detta har bl a koppling till direktanvändning av naturgas.
- Enligt Gas Research Institute i USA finns ett behov av forskning kring icke cancerogena hälsoeffekter från föroreningsutsläpp, speciellt neurotoxiska och beteendemässiga effekter samt effekter på immunsystemet, på endokrina system och på reproduktiva system.
- Olika ämnens direkta eller indirekta bidrag till växthuseffekten.
- Mätning av hur ozonlagret påverkas av olika emissioner.
- Bidrag till försurningen från NO_x och ammoniak.
- Atmosfäriska modeller för marknära ozon.
- Spridningsvägar för metaller.
- Miljöeffekter av återföring av aska från biobränslen.
- Eventuell hälso- eller andra effekter av direkttorkning av livsmedel med avgaser från naturgasförbränning.

Kategori B

Inom kategori B är livscykelanalyser (LCA) ett av de viktigare insatsområdena. Gasbranschen bör aktivt medverka i framtagning och utvärdering av data för olika energigascykler med tonvikt på naturgas. Gasbranschen bör därutöver ta del av livscykelanalyser för andra bränslen för att bl a kunna göra miljömässiga jämförelser mellan olika bränslen.

Utöver LCA ges nedan exempel på forsknings- och utredningsinsatser inom kategori B (där några av exemplen kan vara del av eller utgöra underlag för en LCA):

- Markutnyttjande i olika energigaskedjor.
- Miljökonsekvenser vid olika användning av biogas såsom förbränning för uppvärmning, omvandling till el och användning för fordonsdrift.
- Miljöförbättringar i tätort vid introduktion av naturgas (inkl transportsektorn)
- Kartläggning av emissioner, verkningsgradsförbättringar och produktivitetshöjningar vid gasbaserade specialapplikationer såsom IR-strålare, decentraliserade värmare, fiberbrännare, rekuperativa brännare osv.
- Ev kontrollmätningar av utsläpp från gasförbränning som normalt anses försumbara t ex svavel, stoft och kvicksilver.
- "Optimal" minimering av utsläpp från förbränningsprocesser (med tanke på att reningsprocesser i sig kan ge miljöeffekter och att begränsning i en förorening kan öka utsläppet av en annan förorening).
- LCA för naturgas och andra energigaser vid användning i transportsystem.
- Utsläpp av oförbrända kolväten, framför allt metan, i olika naturgasapplikationer, t ex villapannor.

- Miljöeffekter vid utvinning och transport av rysk naturgas (med tanke på eventuell framtida sammankoppling av nordiska naturgasnät).
- Kartläggning av immissionsbilden vid avgasutsläpp från gasdrivna småapplikationer, typ villapannor, för eventuella lättnader i föreskrifter o dyl.
- Miljömässigt optimalt (och realistiskt) energisystem för en given tätort.
- Betydelsen av föroreningsutsläpp från arbetsfordon, sjöfart och flyg.
- Prognosering av avgasutsläpp under verkliga driftförhållanden då laboratorieresultat är kända (gäller speciellt transportsektorn).
- Utsläpp av tungmetaller, VOC m m vid eldning med biobränslen (speciellt småskalig vedeldning).
- Vad händer med tungmetallerna vid återcykling av biobränsleaska?
- Vidareutveckling av verktyg och metoder för bedömning av total miljöpåverkan från naturgas.
- Kvantitativa kopplingar utsläpp/miljökonsekvenser.
- Sammanvägning av olika miljöeffekter till en gemensam miljöfaktor (t ex external costs).
- Jämförelser av icke energirelaterade utsläpp av växthusgaser i Sverige t ex från djurhållning och soptippar med motsvarande utsläpp utomlands.

Kategori C

Inom kategori C avses dels insatser för att minska miljöpåverkan genom användning av gas i stället för andra bränslen, dels insatser för att minimera utsläpp och annan miljöpåverkan vid användning, dvs i huvudsak vid förbränning, av energigas.

Konkreta åtgärder av det första slaget, dvs att ersätta t ex kol och olja med naturgas, faller normalt inte under rubriken Miljö i en FUD-plan. Oaktat detta bör gasbranschen ha miljöaspekter med i sådana sammanhang och framför allt medverka i forsknings- och utredningsarbeten som leder till en av miljöskäl ökad användning av naturgas. Medverkan kan således ske i t ex utveckling av "marknadsorienterade" styrmedel för att uppnå uppsatta miljömål. Av befintliga sådana kan nämnas "luftbubbleprincipen" (se sid 9.1) och de svenska NO_x-avgifterna.

Konkreta åtgärder av det andra slaget, dvs att minimera utsläppen från sådana anläggningar, utrustning, apparater m m som använder naturgas, faller huvudsakligen inom området teknikutveckling. Det gäller här framför allt att arbeta med förbättring av nuvarande gasförbränningsteknik och reningsteknik samt utveckling av ny, miljövänlig gasförbränningsteknik såsom katalytisk förbränning och pulserande förbränning.

I "punktform" skulle insatserna kunna se ut som följer:

- Utveckling av ny lågemitterande gasförbränningsteknik (i samarbete med tillverkare och leverantörer). Exempel är fiberbrännare, IR-strålare, katalytiska brännare och pulsationsbrännare.

- Utveckling av teknik för eventuell rening av avgaser från naturgasanvändning. Här inkluderas även avgaser från gasdrivna stationära motorer och fordonsmotorer.
- Utveckling av naturgasbaserade kraftvärmecykler med låga emissioner och hög verkningsgrad. Även kombinationer naturgas/andra bränslen (t ex avfall) inkluderas.
- Utveckling av naturgasbaserade industriprocesser med låga emissioner, hög verkningsgrad och hög produktivitet.
- Utveckling av nya odöranter med mindre miljöpåverkan.
- Möjligheter att omhänderta CO₂ från naturgasförbränning (dvs att ej släppa ut bildat CO₂ till atmosfären).
- Utveckling av rökgaskondensering mot ett bättre innehållande av föroreningar i kondensatet.
- Utveckling för att öka användningen av naturgas inom transportsektorn.
- Metoder för minimering av metanutsläpp från naturgasnätet vid reparations- och underhållsarbeten.

Kategori D

Naturgas används i första hand som bränsle för produktion av värme, el eller mekaniskt arbete. Föreslagna FoU-insatser ovan skall ses mot den bakgrunden.

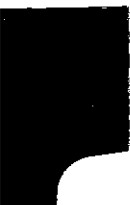
Naturgas kan emellertid också användas för att minska utsläpp från andra processer som i grunden inte är naturgasbaserade samt för att destruera miljöfarligt avfall. Dessa användningsområden bör uppmärksammas och FUD-insatser föreslås enligt nedan:

- Destruktion av miljöfarligt avfall genom förbränning med gas och åtföljande förglasning, granulering e dyl.
- Emissionsdestruktion genom naturgasförbränning av ventilationsluft eller processavgaser innehållande miljöfarliga ämnen, t ex kolväten.
- N₂O-reduktion med hjälp av naturgas vid fastbränsleeldning i fluidiserad bädd.
- NO_x-reduktion genom reburning eller cofiring vid eldning med kol, avfall eller andra fasta bränslen.
- Naturgas eller gasol som ersättning för freon vid tillverkning av isolermaterial för kylskåp m m.

Referenser

- 18.1 Naturvårdsverket
Forskning och utveckling för bättre miljö 1996
SNV-rapport 4514-8, 1996
- 18.2 Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning
Kunskap för bättre miljö. Programforskning från 1 juli 1995
IVL, 1995

- 18.3 Gas Research Institute, USA
Environmental Trends and Issues at the Research Horizon: Outlook for the
Twenty-First Century
Topical Report GRI-95/0065, May 11, 1995
- 18.4 Ann Jennervik
Idérapport. Gasbranschens miljöverksamhet
ÅF-Energikonsult, 1990-12-14
- 18.5 Anna Karin Hjalmarsson
Förslag till fortsatta arbeten inom miljöområdet
ÅF-Energikonsult, PM 1996-02-15
- 18.6 Charlotta Jönsson
Projektidéer
EnerChem, PM Juni 1996



19 ENERGI- OCH MILJÖSTATISTIK

Som läsaren av miljöhandboken snart upptäcker omfattar kapitlet energi- och miljöstatistik numera ej naturgas. Det beror på att naturgasen fått ett eget avsnitt i kapitel 20 (20.5 Fakta om naturgas) och att statistiska uppgifter om naturgasen i världen och naturgasen i Sverige inkluderats i detta avsnitt.

19.1 Energistatistik Sverige (Ref 19.1)

Tabell 19.1. Sveriges energitillförsel 1995

Energislag	TWh	%
Råolja och oljeprodukter	203	43
Naturgas	9	2
Kol och koks	28	6
Lutar, ved, torv och avfall	84	18
Spillvärme m m för fjärrvärme	8	2
Vattenkraft (brutto)	68	14
Kärnkraft (brutto)	70	15
Import av el	-2	-
Summa	468	100

Tabell 19.2. Sveriges energianvändning 1995

Sektor	TWh
Industri	146
Inrikes transporter	87
Bostäder, service m m	157
Summa slutlig användning	391
Utrikes sjöfart och energi för icke energiändamål	36
Förluster	41
Totalt	468

19.2 Energigaser Sverige (Ref 19.2)

Energigasmarknaden består av naturgas, gasol, stadsgas, biogas, koksugns- och hyttgas samt vätgas, tabell 19.3

Tabell 19.3. Energigaser i Sverige (TWh)

Energigas	1995	1994	1993
Naturgas	8,7	8,7	8,7
Gasol	6,6	6,1	5,6
Stadsgas	0,4	0,4	0,4
Biogas	1,2	1,2	1,2
Koksugns- och hyttgas	ca 6,0	ca 6,0	ca 6,0
Vätgas	ca 3,0	ca 3,0	ca 3,0
Summa	ca 25,9	ca 25,4	ca 24,9

Naturgas

Se avsnitt 20.5 (Fakta om naturgas).

Gasol

Gasolleveranserna i bulk uppgick 1995 till ca 520.000 ton eller ca 6,5 TWh. Det innebär en ökning med ca 8 % jämfört med året innan. Merparten, 96 %, används i industri och värmeverk. En viktigt inslag i svensk gasolförsörjning är att befintlig lagringskapacitet täcker hela Sverige med total marknadstäckning och stor leveranssäkerhet som följd.

Härtill kommer ca 12.000 ton flaskgasol för mindre förbrukare (fritidshus, byggarbetsplatser, personalvagnar, fritidsbåtar, husvagnar m m).

Stadsgas

SE Gas AB i Stockholm är nu landets ende producent av "äkta" stadsgas. SE Gas levererar stadsgas till ca 113.000 kunder i Stockholm, Solna, Sundbyberg och Nacka. En tredjedel av alla hushåll i Stockholm har gasspis. Distributionen sker i ett 80 mil långt rörnät. Ca 20 % av gasen går till spisar, ca 40 % till fastighetsvärme, nästan 20 % till villor och drygt 20 % till industri, restauranger m m. Försäljningen av fastighetsvärme har ökat kraftigt de senaste åren. SE Gas har nu börjat arbeta aktivt för att behålla spismarknaden och villavärmemarknaden.

Den stadsgas som levereras i Göteborg och Malmö utgörs, som tidigare nämnts, av en blandning av naturgas och luft. Proportionerna är 53 % NG och 47 % luft.

Biogas

Den svenska biogasproduktionen sker från i huvudsak fyra typer av anläggningar:

- Slamrötningsanläggningar
- Deponigasanläggningar
- Biogasanläggningar inom industrin
- Biogasanläggningar inom lantbruket

Slamrötningsanläggningar finns vid ca 150 st reningsverk för kommunalt avloppsvatten. Vanligen är de konstruerade som 2-steps totalomblandade rötkammare i serie, en förrötkammare och en efterrötkammare. Den bildade gasen används till övervägande del för den interna värmeförsörjningen. Dock har andelen verk med kraftvärmeproduktion ökat under senare år.

Den första svenska anläggningen för uttag av deponigas togs i drift 1983 på Spillepengens avfallsupplag i Malmö. Antalet anläggningar är nu uppe i ca 60 st och de producerar sammanlagt nära 100 miljoner Nm³ deponigas årligen.

Den insamlade deponigasen används i de flesta fall för fjärrvärmeproduktion men intresset för kombinerad el- och värmeproduktion i gasmotorer är stort och förekommer i dag på ett 10-tal platser. Vid tre anläggningar utnyttjas inte gasen för något ändamål utan facklas av beroende på att avståndet till lämplig gasavvärmare är för stort.

Inom industrin produceras biogas vid behandling av industriellt avloppsvatten. Det är framför allt inom socker- och massaindustrin som detta förekommer. Ett tiotal anläggningar är i drift.

Under de senaste tio åren har stora ansträngningar gjorts för att få fram tekniskt och ekonomiskt effektiva biogasanläggningar (gårdsanläggningar) för lantbruket. Ett flertal anläggningar har byggts i storlekar varierande från 50 till 500 m³. Som råvara används gödsel från i första hand kor och svin. I Laholm finns en "kollektiv" biogasanläggning som tar emot ko- och svingödsel från 14 närbelägna lantbruk samt slakteriavfall från några livsmedelsindustrier. Den producerade biogasen täcker värme- och elbehovet för ett nybyggt bostadsområde i anläggningens närhet.

I tabell 19.4 visas antalet svenska biogasanläggningar och deras energiproduktion år 1995.

Tabell 19.4. Svenska biogasanläggningar 1995 (Ref 19.6)

Anläggningstyp	Antal	Gasproduktion TWh/år
Slamrötning	150	0,6
Deponigas	60	0,45
Industri och lantbruk	20	0,15
Totalt	230	1,20

Övriga energigas

Koksugns- och hyttgas produceras vid SSAB:s stålverk i Luleå och Oxelösund. Energin utnyttjas i huvudsak internt inom respektive anläggning. SSAB i Luleå säljer dock hyttgas till Lulekraft för kraftvärmegenerering.

De 130.000 ton **vätgas**, som produceras årligen i Sverige, förbrukas också internt inom berörda industriföretag. AkzoNobel driver fyra av de fem största industri-anläggningarna, som ger vätgasöverskott. Den används där för produktion av det miljöanpassade blekmedlet väteperoxid.

Storskalig vätgasproduktion ligger i framtiden. När samhället är moget för vätgasteknologi kan det befintliga naturgasnätet anpassas till transport av vätgas.

19.3 Energistatistik Världen (Ref 19.1 och 19.3)

Världens energiförsörjning domineras av fossila bränslen som svarar för drygt 90 % av den totala försörjningen. Vatten- och kärnkraft svarar för 2,5 % respektive 7 %.

En betydande del av världens energibehov tillgodoses fortfarande genom självushållning med ved och andra former av biomassa. De statistiska uppgifterna är dock mycket osäkra och uppskattningarna varierar. En bedömning är att traditionella energislag såsom ved, träkol m m kan vara den största individuella energikällan i världen utanför OECD-regionen och före detta Sovjetunionen.

De fastställda reserverna av fossila bränslen, främst kol, olja och naturgas, är uppskattningar av hur mycket som kan tillhandahållas vid nuvarande ekonomiska och tekniska förhållanden. Fördelning av reserverna framgår av tabell 19.5.

Tabell 19.5. Globala reserver av fossila bränslen (toe = ton oljeekvivalenter)

Bränsle	Miljarder toe	%
Kol	532	66,1
Olja	140	17,4
Naturgas	134	16,5
Totalt	806	100,0

Med nuvarande utvinningstakt är uthålligheten

235 år för kol
43 år för olja
66 år för naturgas

Tillkomsten av nya reserver har hållit jämn takt med produktionen, vilket medfört att uthålligheten enligt ovan varit samma under de senaste 10 åren.

Världens energianvändning har ökat från 6,7 miljarder toe (ton oljeekvivalenter) år 1984 till ca 8 miljarder toe 1994. Användningen fördelar sig på olika energislag enligt tabell 19.6.

Tabell 19.6. Världens energianvändning 1994

Energislag	Mtoe	TWh
Kol	2 100	
Olja	3 100	
Naturgas	1 900	
Kärnkraft	600	
Vattenkraft	300	
Totalt	8 000	

Owe.
Om tabellen ska uppdateras, tag di även med en kolumn TWh

Kärnkraftens bidrag är räknat på "internationellt vis", dvs bidraget avser i kärnkraftverken utvecklad värmeenergi, vilken sätts till 2,5 gånger mängden producerad el. Därmed är bidraget ekvivalent med den mängd bränsle som skulle gått åt om elproduktionen i stället skett i fossileldade kraftverk.

19.4 Energigas Världen (Ref 19.1, 19.2 och 19.3)

Naturgas

Se avsnitt 20.5 (Fakta om naturgas).

Gasol

Gasol är en svensk benämning på den produkt, som internationellt kallas LPG (Liquefied Petroleum Gases). Gasolens andel av primärenergien i Europa är 3-4 %, vilket ungefär motsvarar tillförselresurserna. Gasol separeras i samband med annan petroleumutvinning eller produceras vid raffinering av råolja. Gasol är, liksom naturgas, ett uppskattat bränsle, vars betydelse på marknaden inte alltid observeras genom att siffrorna döljs i statistiken för "olja". I många länder, t ex i Holland, är motorgasdrift av fordon med gasol betydelsefull. Som exempel kan nämnas att varje år ca 50.000 bilar med gasoldrift förs in på den holländska marknaden. Både flaskgasol och gasol för industrimarknaden är betydelsefulla i Europa.

Stadsgas

Stadsgasen försvinner alltmer från marknaden i Västeuropa. Några stadsgasverk finns dock kvar i drift och har klarat sig hyggligt vid dagens relativt fördelaktiga råvarupriser. Slutprodukten är miljövänlig. Många talar om ett vätgassamhälle långt bort i framtiden, men glömmer därvid att stadsgasen till mer än 50 % utgörs av vätgas.

Biogas

Biogas har betydande samhällsekonomiska och miljömässiga värden. Omhändertagande av deponigas betyder minskade metanemissioner genom minskade läckage från deponier.

De växande avfallsbergen kommer till användning som energi och ur avloppsvatten utvinns rötgas. Biogasens marknadsandel i Europa är ännu knappt avläsbar i statistiken.

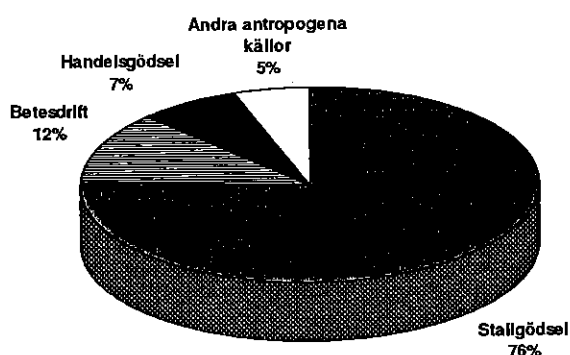
19.5 Miljöstatistik (Ref 19.1 och 19.5)

Nedan redovisas nedfall och utsläpp av ett antal olika miljöpåverkande ämnen. Ämnen redovisas i bokstavsordning.

Ammoniak (NH₃)

De totala svenska utsläppen av ammoniak uppgår till ca 58.000 ton/år. Drygt 75 % av utsläppen kommer från stallgödselhantering, se figur 19.1. Eftersom utsläppen i hög grad hänger samman med landets djurhållning förväntas de ej ändras nämnvärt i tiden.

De totala ammoniakutsläppet i Europa har beräknats till 9.200.000 ton/år. Utsläppen i Sverige utgör således 0,6 % av det totala europeiska utsläppet.



Figur 19.1. Utsläpp av ammoniak i Sverige (1992/93)

Dikväveoxid (lustgas, N₂O)

Tabell 19.7 visar en global "balansräkning" för dikväveoxid 1994. Osäkerheten är stor, den totala utsläppsiffran kan enligt vissa bedömare likaväl vara 35 Mton som 14,7 Mton. Den stora osäkerheten visar sig också i att balansräkningens båda sidor ej är lika.

De svenska utsläppen redovisas i tabell 19.8. Även här är osäkerheten stor och det kan finnas fler källor än de redovisade.

Tabell 19.7. Uppskattade globala utsläpp av och sänkor för dikväveoxid år 1994

Källor	Mton N	Sänkor	Mton N
Naturliga utsläpp			
Haven	3	Oxidation i stratosfären	12,3
Tropiska jordar	4	Upptag i jordytan	*
Tempererade zoner	2	Ansamling i atmosfären	3,9
Summa naturliga utsläpp	9	Summa	16,2
Antropogena utsläpp			
Jordbruksmark	3,5		
Förbränning av biomassa	0,5		
Industrier	1,3		
Boskap	0,4		
Summa antropogena utsläpp	5,7		
Summa totalt	14,7		

* Uppgifter finns ej

Tabell 19.8. Uppskattade svenska utsläpp av dikväveoxid 1990

Källor	kton N ₂ O
Naturliga utsläpp	
Jordbruksmark, mineraljord	2,6
Vårmarker	3,9
Skog och övrig mark	13
Sötvatten	3,1
Hav	5,3
Summa naturliga utsläpp	29
Antropogena utsläpp	
Skogsdikning/avverkning	3,3
Jordbruksmark	1,4
Kväveläckage till sötvatten och hav	2,5
Atmosfärisk deposition av kväve	3,4
Gödselanvändning och -lagring	3,0
Djurhållning	*
Förbränningsanläggningar	4,2
Transportsektorn	0,8
Industriella processer	2,7
Summa antropogena utsläpp	21
Summa totalt	50

* Uppgifter finns ej

Dioxiner

De största bidragen till dioxinförekomsten i Sverige kommer sannolikt från andra europeiska länder samt från ett stort antal inhemska mindre källor med diffusa utsläpp såsom avfallslager och bottensediment i sjöar.

I tabell 19.9 redovisas en uppskattning av utsläpp från olika kända, större dioxinkällor i Sverige. Eftersom det finns olika slags dioxiner (se avsnitt 3.9) har utsläppen i tabellen räknats om till ekvivalenta mängder av en dioxinvariant med beteckningen TCCD (Tetrachlor - Dibenzo - Dioxin).

Tabell 19.9. Dioxinutsläpp från svenska kända större källor, omräknat till TCCD-ekvivalenter

Källa	TCCD-ekvivalenter, g/år		
	1987	1992	1995 Prognos
Avfallsförbränning	20 - 30	2	2
Sjukhusugnar	10	0,5	0,5
Förbränning av miljöfarligt avfall	2 - 6	0	0
Trafik	5 - 15	5 - 12	5 - 10
Pappers- och massaindustrin			
– till luft	4 - 6	1 - 2	4 - 5
– till vatten	15 - 30	2	1 - 2
Metallindustri	20 - 45	9	8,5
Cement- och kalkindustri	5 - 10	2	1
Kolkraftverk	1	1	1
Summa	82 - 153	24,5 - 33,5	23 - 30

Flyktiga organiska kolväten (VOC)

De antropogena utsläppen av VOC i Sverige uppgick år 1994 till drygt 450.000 ton. Transportsektorn svarar för det största bidraget, se tabell 19.10. Inom transportsektorn är det i huvudsak personbilar som dominerar utsläppsbilden. Av utsläppen från el- och värmeproduktion svarar småskalig vedeldning för mer än 90 %.

De naturliga svenska emissionerna av VOC, huvudsakligen terpenener från skog och skogsmark, uppskattas till drygt 380.000 ton/år.

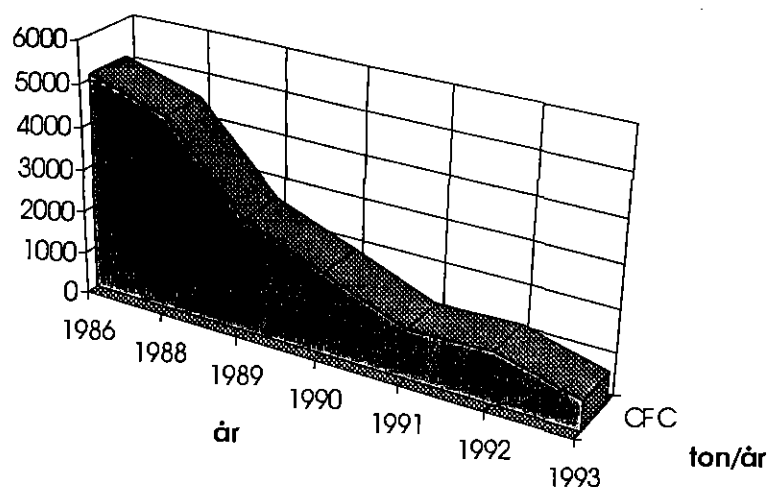
*Tabell 19.10. Antropogena utsläpp av VOC i Sverige 1994 (exkl metan)
(Ref 19.7)*

Källa	VOC (1 000 ton)
Transportsektorn och arbetsmaskiner	190
El- och värmeproduktion	154
Industri i övrigt	73
Hushåll	38
Bekämpningsmedel	2
Summa	457

Freoner (CFC)

CFC och haloners industriellt användbara egenskaper upptäcktes redan på 1940-talet. Produktionen ökade stadigt fram till 1970-talet då man började inse den skadliga inverkan som utsläpp av CFC har på ozonskiktet.

I Sverige finns en avvecklingsplan för CFC och verkan av denna plan framgår av figur 19.2



Figur 19.2. Användningen av CFC i Sverige 1986 - 1993

Globalt har mätningar i atmosfären på norra halvklotet visat att halterna av CFC-12 nu ökar långsammare än tidigare och att halterna av CFC-11 inte ökar alls.

Koldioxid (CO₂)

Koldioxid är en av de mest betydande växthusgaserna och begränsning av utsläppen till atmosfären är en global fråga. 1992 uppgick utsläppen från energianvändning i hela världen till 22 miljarder ton. Av detta svarade USA för en fjärdedel, OSS för knappt en femtedel samt Kina och EU-länderna för vardera en tiondel.

Av EU-ländernas utsläpp svarade Tyskland för så mycket som en tredjedel, mycket beroende på att hälften av deras elproduktion är kolbaserad. På andra plats kom England med en femtedel. Drygt 95 % av Englands energiförsörjning är baserad på fossila bränslen.

Frankrike och Italien kom på delad tredjeplats med 13 % av utsläppen vardera. I Frankrike domineras elproduktionen av kärnkraft och i Italien av naturgas och olja. Sverige kom på elfte plats med 2 % av de europeiska koldioxidutsläppen.

Utsläppens fördelning på olika bränslen inom EU-länderna framgår av figur 19.3

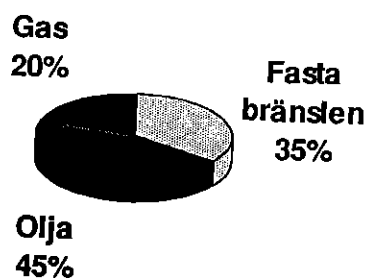


Fig 19.3. Källor till koldioxidutsläpp inom EU

År 1980 uppgick de svenska CO₂-utsläppen till drygt 80 Mton. De sjönk därefter fram till 1991 (58 Mton) men har sedan dess åter ökat. 1994 låg CO₂-utsläppen på 63 Mton med fördelning enligt tabell 19.11

Tabell 19.11. Koldioxidutsläppens fördelning på utsläppskällor 1994

Källa	Mton	%
Förbränning i industrin och industriprocesser	19	30
Transporter	28	45
Bostäder, service m m	9	14
Förbränning i el-, gas- och värmeverk	7	11
Summa	63	100

Kolmonoxid (koloxid, CO)

Kolmonoxid anses inte skapa globala miljöproblem, varför intresset för att begränsa sådana utsläpp minskat under senare år. De globala utsläppen ligger runt 180 Mton/år.

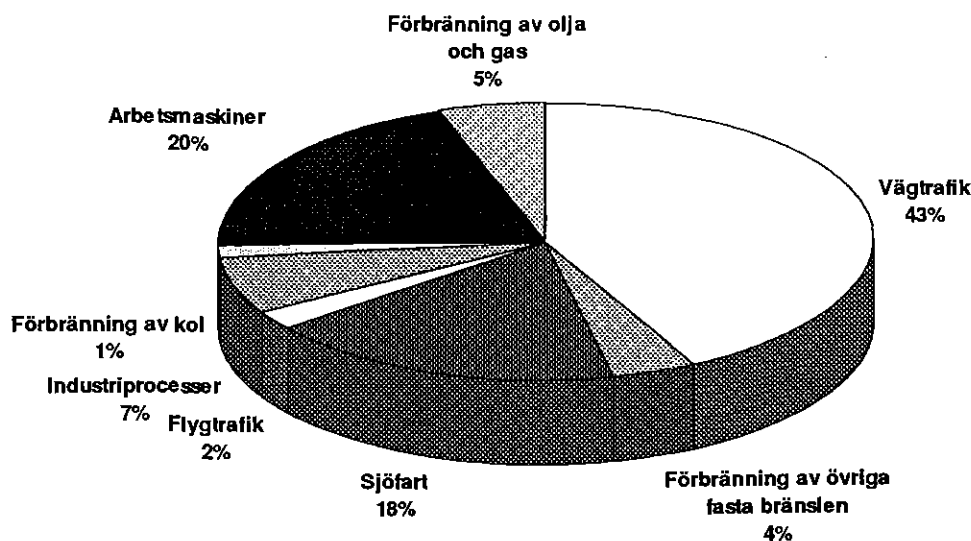
90 % av koloxidutsläppen kommer från de fossila bränslen som används inom transportsektorn. Utsläppen från trafiken har dock minskat sedan 1970-talet tack vare katalytisk avgasrening. I tabell 19.12 redovisas utsläppen av koloxid i Sverige år 1994.

Tabell 19.12. Utsläpp av kolmonoxid i Sverige 1994

Källa	CO (1 000 ton)
Transporter	1 270
Förbränning	
– för uppvärmning	140
– i industri	30
– vid kraftvärmeverk	10
Industriprocesser	6
Summa, ca	1 450

Kväveoxider (NO_x)

De europeiska utsläppen av NO_x var år 1993 ca 21 Mton, räknat som NO₂. Av dessa utsläpp stod Tyskland för 14 %, Storbritannien 11 % och Ryssland 11 %. Sveriges andel var knappt 2 % eller ca 400.000 ton. Under 1994 hade de svenska utsläppen sjunkit till drygt 390.000 ton. De svenska utsläppskällorna visas i figur 19.4.

Figur 19.4. Källor för NO_x-utsläpp i SverigeMetan (CH₄)

För närvarande är uppfattningen den att våtmarker är den största naturliga källan vad gäller utsläpp av metan. Av de antropogena utsläppen härrör de största från djurhållning, risodling och avfallsdeponier. I tabell 19.13 redovisas metankällor och metansänkor för hela världen.

De största antropogena emittenterna av metan i Sverige är djur (främst idisslare) och avfallsdeponier. I dag omhändertaras eller avfacklas ca 50.000 ton metan vid deponierna, men det finns en potential för att öka denna mängd. Tabell 19.14 visar uppskattade utsläppsmängder i Sverige.

Tabell 19.13. Uppskattade globala utsläpp av och sänkor för metan 1990

Källor	Mton CH ₄	Sänkor	Mton CH ₄
Naturliga utsläpp			
Våtmarker	115	Oxidation med OH i troposfären	445
Termiter	20	Oxidation i stratosfären	40
Haven	10	Upptag på marken	30
Övrigt	15	Ansamling i atmosfären	37
Summa naturliga utsläpp	160	Summa	552
Antropogena utsläpp			
Naturgas	40		
Kolgruvor	30		
Oljeindustrin	15		
Kolförbränning	15		
Idisslare	85		
Risfält	60		
Förbränning av biomassa	40		
Deponier	65		
Dynga	25		
Summa antropogena utsläpp	375		
Summa totalt	535		

Tabell 19.14. Uppskattade svenska utsläpp av metan 1990

Källor	kton CH ₄
Naturliga utsläpp	
Våtmarker	290
Kustnära havsområden	220
Summa naturliga utsläpp	510
Antropogena utsläpp	
Förbränning	33
Sjöar	90
Deponier	100
Idisslare	120
Stallgödsel	20
Naturgasläckage	0,3
Summa antropogena utsläpp	360
Summa totalt	870

Metaller

De svenska utsläppen av metaller till luft har minskat under de senaste två decennierna. Orsakerna är bl a att järn-, stål- och metallindustrin vidtagit åtgärder för förbättrad stoftavskiljning.

Bly dominerar stort bland utsläppen. Den ojämförligt största andelen kommer från trafiken. Andra stora metallutsläpp kommer från den metallförädlade industrin, se tabell 19.15.

Tabell 19.15. Svenska utsläpp av metaller till luft år 1992 (ton)

Källa	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn
Järn- och stålverk	< 0,1	12	0,17	0,9	6,2	0,2	4	48
Smältverk	3,2	32	0,71	24,7	10,7	0,17	—	26
Verkstadsindustri	—	—	—	—	0,3	—	—	80
Cementindustri	—	—	—	—	0,2	—	—	—
Glasbruk	< 0,1	< 1	—	—	—	—	—	—
Gruvor	—	—	—	—	0,6	0,03	0,8	1
Kloralkali	—	—	—	—	—	0,13	—	—
Raffinaderier	—	—	—	—	—	—	0,5	—
Fossila bränslen	0,3	3	0,1	< 2	—	0,11	18	1
Biobränslen och torv	0,1	8	0,3	2	2	0,11	2	38
Avfallsförbränning	—	1	—	—	—	0,18	—	—
Krematorier	—	—	—	—	—	0,30	—	—
Biltrafik	—	309	—	—	—	—	—	—
Summa utsläpp	4	365	1,3	30	20	1,2	25	195

Utsläpp av metaller till vatten härrör främst från industrier och kommunala avlopp. Ser man till utsläpp till havet runt Sverige är Sveriges andel liten. De svenska metallutsläppen till vatten famgår av tabell 19.16.

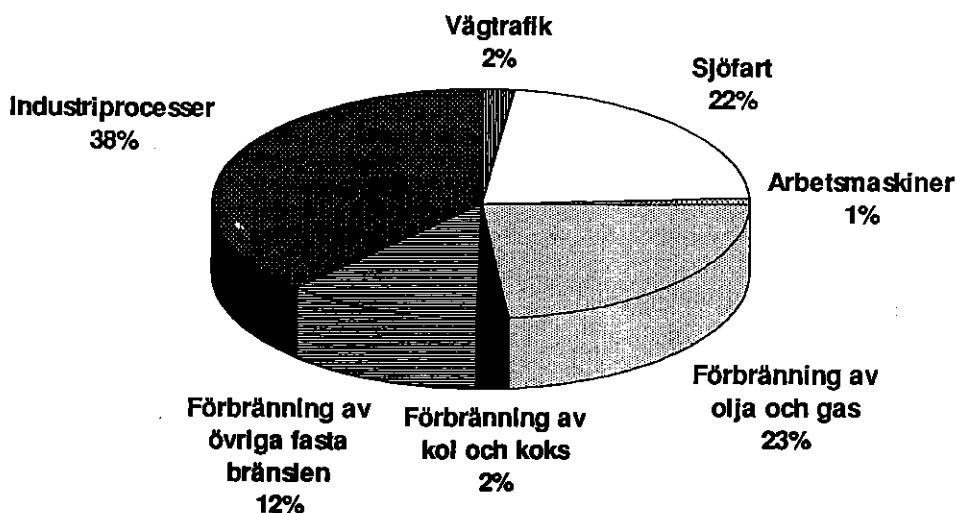
Tabell 19.16. Svenska utsläpp av metaller till vatten år 1990 (ton)

Källa	As	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn
Järn- och stålverk	–	< 1	–	–	3	–	3	3,2
Smältverk	8,1	1	0,1	2	–	0,1	–	6
Skogsindustri	–	4	0,6	7	5	–	6	95
Gruvor och gruvavfall	0,1	5	1,1	30	1	–	–	530
Verkstadsindustri	–	–	0,1	5	10	–	10	25
Glasbruk	–	–	–	–	–	–	–	2
Kemisk industri	1,2	1	–	< 1	< 1	0,03	< 1	–
Rayonindustri	–	–	–	< 1	< 1	–	–	60
Kommunala reningsverk	–	2	0,2	20	3	0,09	10	51
Summa utsläpp	9	14	2,1	67	24	0,2	31	770

Svaveldioxid (SO₂)

De totala utsläppen av svaveldioxid i Europa var år 1993 drygt 44 miljoner ton. Jämfört med år 1980 är det en minskning med 40 %. Tyskland, Ryssland och Storbritannien står för de största svaveldioxidutsläppen, tätt följda av Polen, Spanien och Italien.

Under 1970- och 1980-talen låg svaveldioxidutsläppen i Sverige på en nivå om ca 900.000 ton/år. 1994 hade nivån sjunkit till 97.000 ton, vilket är drygt 0,2 % av de europeiska utsläppen. Fördelningen av de svenska utsläppen på olika källor visas i figur 19.5



Figur 19.5. Källor till svaveldioxidutsläpp i Sverige under 1994

Utsläppen från industriprocesser härrör från massaindustrin, mineralindustrin, kemisk industri, järn-, stål- och metallindustri samt gruvindustrin i nämnd ordning.

Nedfallet av svavel i Sverige kommer dels från svenska utsläpp dels från utländska. Fördelningen framgår av tabell 19.17.

Tabell 19.17 Nedfall av svavel i Sverige 1994 från olika länder

Ursprung	% av nedfallet
Sverige	6,6
Tyskland	17,9
Polen	9,7
Storbritannien	10,9
Övriga	31,1
Okänt	23,8
Summa	100,0

Referenser

- 19.1 Energiläget 1996
NUTEK, Stockholm 1996
- 19.2 Svenska Gasföreningen. Verksamhetsberättelse 1995 med energiöversikt
- 19.3 DANGAS. 1995 Energy Facts and Figures
- 19.4 Tidskriften Gas Matters, 1996
- 19.5 Miljöfakta. Svensk Energiförsörjning 1996
- 19.6 Hans-Åke Maltesson.
Sammanställning av emissionsdata från naturgas-, biogas- och motorgasdrivna fordon.
Svenskt Gastekniskt Center AB, rapport SGC 072, Juni 1996
- 19.7 Flyktiga organiska ämnen och kväveoxider.
Fortsatt arbete med utsläppsminskningar
PM från Naturvårdsverket, Januari 1996



20 ÖVRIGT

20.1 Sakregister*Karskebättre med hänvisning**avsnitt och sida*

För förorenande ämnen (t ex svaveldioxid och kväveoxider) sker ingen hänvisning till sidor i kapitlena 14, 15 och 16. Dessa kapitlen behandlar i princip emissioner från olika typer av anläggningar, varför man i stället får söka på anläggningstyp och på så sätt finna emissionen av det sökta ämnen.

Sökord	Sida	Sökord	Sida
Alger	5.3, 6.6, 6.7	Däggdjursskador	6.6
Alkaner	3.9, 3.10	Eksem	6.4
Allergier	6.1	Eldningsolja	4.5
Allmän energiskatt	11.2, 11.3	Emission	2.2, 9.1, 14.1
Aluminium	3.11, 3.13, 6.3, 6.7	Energigas	2.1, 19.2
Alzheimers sjukdom	6.3	Energigrödor	4.3
Ammoniak (Ammonium)	3.4, 3.12, 3.13, 5.3, 6.4, 7.2, 12.5, 19.8	Energiskatt	11.2
Ansökan om tillstånd	10.1	Energiskog	4.3, 15.5
Apparater (utsläpp från)	14.1	Etan	4.1, 4.2
Aromater	3.9	Etanol	4.3
Arsenik	3.11, 6.3, 6.4, 7.2	Eten	6.3
Aska	4.7	Etylmerkaptan	3.1
Atmosfärisk svävbädd (AFB)	13.2	EU-direktiv	7.1
Avfall	4.3	Eutrofiering	5.3
Beryllium	6.2, 6.3, 6.4	Fastbränsleanläggningar	9.4, 10.1
Biobränsle	4.3	Fastbränslelagen	7.4
Biobränslepannor	14.3, 14.4, 16.1, 16.7	Fiskskador	6.6
Bioenergi	4.3	Flis	4.4
Biogas	4.3, 19.2, 19.3, 19.7	Fluorid	3.12, 3.13, 12.5
Blockcentraler	13.2	Flyktiga organiska ämnen	5.4, 7.2, 19.10
Blodbrist	6.4	Formaldehyd	3.11, 6.3
Blodkärlsskador	6.4	Fosfor	5.3
Bly	3.11, 3.12, 6.2, 6.3, 6.6, 6.7, 7.2	Fossila bränslen	4.1
Briketter	4.4	Fotokemisk smog	5.4, 6.2
Brunkol	4.6	Fotokemiska oxidanter	3.3, 5.4, 6.4
Bränslecykel	2.1, 15.1	Freoner	3.8, 6.3, 19.11
Bubbelpincipen	9.1	Fågelskador	6.6
Bubblande svävbädd (BFB)	13.2, 14.5	Förbränningsmotorer	13.3, 14.5
Buller	6.4, 3.13	Förnybara bränslen	4.1
Butan	4.1, 4.2	Försurning	5.2, 6.5, 6.6
Cancer	6.3	Gasdistribution	15.2
CFC (klorfluorkarboner)	3.8, 5.6, 19.11	Gasmotorer	13.3, 14.6
Cirkulerande svävbädd (CFB)	13.2, 14.5	Gasol	4.2, 19.2, 19.3, 19.7
DDT	3.7, 6.4, 6.6	Gaspannor	14.3, 14.4, 16.1
Decibel	3.13	Gasspisar	14.1, 14.2
Deponigas	19.3	Gasturbiner	10.1, 13.3, 14.5
Dieselmotorer	14.6	Grästarr	6.4
Dikväveoxid	3.4, 5.4, 19.8	Gränsvärden för luftkvalitet	8.1
Dioxiner	3.7, 6.3, 6.4, 19.9	GWP-faktor	5.5
Distribution av gas	15.2	Halm	4.3
		Halogenerade ämnen	3.7, 3.8, 5.6
		HCFC	3.8
		Hjärt- och kärlsjukdomar	6.2

Sökord	Sida	Sökord	Sida
Hormonrubbingar	6.4	LPG	4.2, 19.7
Huvudvärk	6.4	Luftkvalitet	8.1
Hyttgas	19.2, 19.3	Luftvägssjukdomar	6.1
Hörselskador	6.4	Lustgas	3.4, 5.4
Immission	2.2, 8.1	Länsstyrelse	10.1
Immunförsvar	6.4	Lättflyktiga organiska ämnen	3.9, 5.4, 14.3
IPCC	5.5	Magnesium	6.2
Isoprener	3.10	Mangan	3.11
Jordbruksskador	6.5	Marknära ozon	3.4, 5.4, 8.2
Järn	3.13	Materiella skador	3.3, 6.8
Kadmium	3.11, 3.12, 6.3, 6.4, 6.7, 7.2	Metaller	3.11, 6.7, 19.14
Kalcium	6.2	Metan	3.9, 4.1, 4.2, 5.4, 15.3, 19.13
Klimaförändringar	6.8	Metanol	4.3
Klor	3.13	Miljöförbättring med naturgas	17.1
Klorbensener	3.7, 6.3	Miljöklasser	4.5
Klorerade paraffiner	3.7	Miljökonsekvensbeskrivning	10.1
Klorfenoler	3.7	Miljöprovning	10.1
Klorid	3.12, 3.13, 12.5	Miljöskyddslagen	7.3
Kobolt	3.11	MKB	10.1
Koksugngas	19.3	MKB-förordningen	7.3
Kol (som bränsle)	4.6	Molybden	3.11
Koldioxid	3.6, 5.4, 7.2, 8.2, 11.2, 12.4, 19.11	Naturgas (som bränsle)	4.1 19.2, 19.4, 19.5
Koldioxidskatt	11.2	Naturreсурslagen	7.3
Kolmonoxid, koloxid	3.5, 5.4, 6.2, 8.1, 12.4, 19.12	Naturvårdslagen	7.3
Kolpannor	14.4, 16.1, 16.7	Nervsjukdomar	6.3
Kolväten	12.4	Nickel	3.11, 6.2, 6.3, 6.4, 7.2
Kombianläggningar	13.3, 16.4, 16.7	Nitrat	3.13
Kommunal nämnd för miljö- och hälso-skyddsfrågor	10.1	Nitrit	3.13
Koncessionsnämnden för miljöskydd	10.1	Njurfunktion	6.4
Kondensat, ämnen i	3.12, 3.13, 13.2	Odling av biobränslen	15.5
Kondenserande pannor	4.1, 13.1, 13.2	Odöranter	3.1
Konvention om klimatförändringar	7.1	Oljepannor	14.3, 14.4, 16.1, 16.7
Konvention om långväga, gränsöverskridande luftföroreningar	7.1	Oxidanter	5.2, 5.3
Koppar	3.11, 7.2	Ozon	5.2, 5.3, 5.4, 6.1, 6.4, 8.2
Korrosion	3.3, 6.8	Ozonlagret	5.5
Kraftverk	13.2, 16.7	Ozonnedbrytning	5.5, 6.3
Kraftvärmeverk	13.2, 16.4	PAH (polyaromatiska kolväten)	3.10, 6.2, 6.3, 6.4
Krom	3.11, 6.2, 6.3, 7.2	Pannor	13.1, 13.2, 14.3
Kvicksilver	3.11, 3.12, 6.3, 6.4, 6.6, 6.7, 7.2	Partiklar	8.1
Kväve	5.3	PCB	3.7, 6.4, 6.6
Kväveoxidavgift	11.2	PCDD (polyklorerade dibenso-p-dioxiner)	3.7
Kväveoxider	3.2, 5.4, 6.1, 6.4, 6.5, 6.8, 7.2, 8.1, 9.2, 9.3, 11.2, 12.3, 19.13	PCDF (polyklorerade dibensofuraner)	3.7
Kväveprotokoll	7.1	Pelletter	4.4
Kväveutlakning	5.3	Pentan	4.2
Leverfunktioner	6.4	Percentiler	8.1
Livslängdsförkortning	6.4	Petroleum	4.2, 4.3
		Plan- och bygglagen	7.3
		Plankton	5.3, 6.7
		POC (Persistent Organic Compounds)	3.7, 6.3

Sökord	Sida	Sökord	Sida
Polyaromatiska kolväten	3.10, 6.2, 6.3, 6.4	Vattendomstol	10.1
Propan	4.1, 4.2	Vattenlagen	7.4
Pulverpannor	13.2, 14.4	Vedpannor	14.3
Pyrit	4.6	Villapannor	13.1, 13.2, 14.2
Regeringen	10.1	VOC (Volatile Organic Compounds)	3.9, 5.4, 6.1, 7.2, 19.10
Reproduktionsstörningar	6.3	VOC-protokoll	7.1
Riktvärden för luftkvalitet	8.1	Våtdeposition	5.1
Rosterpannor	13.2	Värmeverk	13.2, 16.1
Rökgaskondensering	13.2	Väte/kolförhållande i bränslen	3.6
Rötgas	19.3	Väteperoxid	5.2
Salix	4.3	Vätgas	4.1, 19.2
Salpetersyra	3.3, 5.2	Växthuseffekten	5.4, 6.8
Skelettskador	6.4	Växthusgaser	5.4
Skogsavverkningsrester	4.3	Växtlighet	6.4
Skogsskador	6.5	Zink	3.11, 6.7, 7.2
Sot	8.1	Årsmedelverkningsgrad villapannor	13.1
Spridningsmodeller	5.1	Ögonirritation	6.4
Stabila organiska ämnen	3.7	Övergödning	5.3, 6.5, 6.7
Stadsgas	4.2, 19.2, 19.3, 19.7		
Stenkol	4.6		
Stoft	9.3, 9.4, 12.1		
Sulfat	3.13		
Svavel	7.2, 9.1, 9.2, 11.1, 12.1		
Svaveldioxid	3.1, 6.1, 6.4, 6.5, 6.8, 8.1, 9.1, 12.1, 19.15		
Svavelprotokoll	7.1		
Svavelskatt	11.1		
Svavelsyra	5.2		
Svaveltrioxid	3.1		
Svavelväte	3.2		
Svävbäddspannor	13.2, 14.4, 14.5, 16.4		
Synrubbingar	6.4		
Terpener	3.10		
Thorium	3.11		
THT (tetrahydrothiophen)	3.1, 4.1		
Tillstånd (legalt)	10.1		
Tjära	14.3		
Torrdeposition	5.1		
Torv	4.1		
Transmission av naturgas	15.2		
Troposfären	5.4		
Troposfäriskt ozon	3.4, 5.4		
Träavfall	4.3		
Trädbränslen	4.3, 4.5		
Träpulver	4.4		
Tungmetaller	3.11, 3.12, 6.7, 12.6		
Uran	3.11		
Utsläppsrätter	9.1		
Utvinning av naturgas	15.1		
UV-strålning	5.6, 6.4, 6.5, 6.7		
Vanadin	3.11, 6.2		
Vass	4.3		

20.2 Beräkning av skorstenshöjder för gaseldade anläggningar

För beräkning av skorstenshöjder för gaseldade anläggningar har ett speciellt PC-program utarbetats. Principen för programmet beskrivs i SGC's informationsblad nr 15 på efterföljande sida.

NATURGAS MODELLEN

PROGRAM FÖR BERÄKNING AV SKORSTENSHÖJDER VID GASELDNING

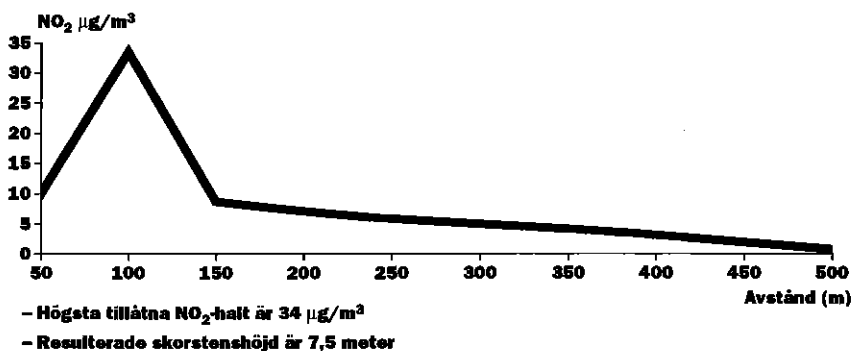
Sammanfattning

SMHI har utarbetat ett PC-baserat beräkningsprogram för beräkning av bl a skorstenshöjder. Avsikten med programmet är att i första hand använda det för beräkning av skorstenar för naturgaseldade anläggningar med en tillförd effekt i intervallet 0,5 – 20 MW.

Beräkningsprogrammets giltighet har i samråd med Naturvårdsverket begränsats till skorstenar med en högsta höjd av 20 m. För skorstenar med högre utsläppshöjd tillämpas andra beräkningsmetoder.

Beräkningsprogrammet har tillämpats på bl a en 2,1 MW-anläggning i Svängsta, som konverterats från olje- till gaseldning. Den befintliga skorstenen hade en höjd av 18 m. Tillämpningen av beräkningsprogrammet visade att erforderlig skorstenshöjd vid gaseldning endast var 7,5 m.

Beräkningarna visade också att enligt nu gällande krav på oljeeldade anläggningar skulle erforderlig skorstenshöjd vara 42 m.



Figur 1. Figuren visar hur NO₂-halten i marknivå varierar med avståndet från en 2,1 MW gaseldad anläggning.

Inledning

Historiskt har nomogram använts för beräkning och fastställande av skorstenshöjder för mindre anläggningar eldade med gasformigt bränsle. Stora säkerhetsmarginaler i dessa kunde medföra högre skorstenshöjder än nödvändigt med höga installationskostnader som följd.

Vid SMHI har även stordatormodeller utvecklats. Dessa modeller är relativt komplicerade och på uppdrag av Stiftelsen för Värmeteknisk forskning har därför SMHI utvecklat en PC-baserad användarvänlig beräkningsmodell för beräkning av skorstenshöjder i samband med gasformigt bränsle.

Modellen som utvecklats medför att noggrannare beräkningar än tidigare nomogramberäkningar kan utföras, vilket leder till minskad osäkerhet och lägre installationskostnader.

Organisatoriska förändringar har inneburit att beräkningsprogrammet idag administreras av Svenskt Gastekniskt Center.

Förutsättningar

Det PC-baserade programmet beräknar markkoncentrationsbidraget av svavel-

dioxid (SO₂), kväveoxid (NO) och kvävedioxid (NO₂), från en given anläggning eldad med olika bränslen.

I programmet finns inlagt maximalt tillåtna markkoncentrationer av dessa ämnen. Genom att göra beräkningar för olika skorstenshöjder kan man alltså bestämma den skorstenshöjd som medför att maximalt tillåten markkoncentration ej överskrids.

Beräkningen utförs med hjälp av en spridningsmodell i vilken hänsyn tas till aktuella väderlekstyper i den region där anläggningen är belägen.

Beräkningsprogrammets giltighet har i samråd med Naturvårdsverket begränsats till skorstenar med en högsta höjd av 20 m. För skorstenar med högre utsläppshöjd tillämpas andra beräkningsmetoder.

Syftet med programutvecklingen har i första hand varit att utforma ett beräkningshjälpmedel för naturgaseldade anläggningar med en tillförd effekt i intervallet 0,5 till 20 MW. Programmet innehåller dessutom en modell för att beräkna skorstenshöjden för olje-, kol- eller torveldade anläggningar med en tillförd effekt i intervallet 0,5 till 10 MW.

För gaseldade anläggningar är det markhalten av kvävedioxid som i huvud-

sak är dimensionerande för skorstenshöjden. För anläggningar eldade med olja, kol eller torv är det markhalten av svavel-dioxid som i huvudsak bestämmer skorstenshöjden.

Indata

Nödvändiga indata till naturgasmodellens program kan delas in i tre kategorier:

1. Anläggningsdata och driftförhållanden. Skorstenens geometriska data, total rökgasmängd och utsläppsmängder av aktuella ämnen med mera anges.
2. Omgivningens karaktär. Topografin runt anläggningen definieras genom att läge och höjd på mark och byggnader runt skorstenen anges.
3. Meteorologiska data och uppmätta bakgrundshalter. För närvarande har fem orter valts ut, främst i södra Sverige, varifrån meteorologiska indata hämtas till beräkningarna. Bakgrundshalter av ozon och kväveoxider i stadsmiljö och på landsbygden har bestämts i samråd med Naturvårdsverket och anges i en miljöbeskrivande del av modellen.

De båda förstnämnda kategorierna skall specificeras av användaren vid program-exekveringen, medan den sistnämnda kategorin finns inlagd i ett antal databaser.

Beräkningsmetoder

Programmet medger beräkningar enligt tre olika metoder.

Med **metod 1** beräknas markhalten av icke-reaktiva gaser för en given skorstenshöjd. Med icke-reaktiv gas menas en gas som inte reagerar kemiskt med andra ämnen i luften under transporten eller reagerar mycket långsamt under den aktuella transporttiden. Metod 1 kan följaktligen inte användas för kväveoxider.

I **metod 2** är även den kemiska omvandlingen av NO till NO₂ i rökgasplymen inkluderad. Här sker automatiskt

genomräkningar för olika skorstenshöjder och programmet väljer slutligen ut den skorstenshöjd som ger acceptabelt bidrag till markkoncentrationen av NO₂. Vid rätt skorstenshöjd överstiger således den totala markkoncentrationen av NO₂ ej av Naturvårdsverket fastställda riktvärden för luftkvalitet.

Metod 3 används för beräkning av erforderlig skorstenshöjd för olje-, kol- eller torveldade anläggningar med en tillförd effekt i intervallet 500 kW till 10 MW. Skorstenshöjden bestäms av dimensionerande markhalt av svavel-dioxid. Metoden är baserad på gällande föreskrifter enligt Boverkets nybyggnadsregler BFS 1988:18.

Beräkningar gjorda för en och samma anläggning visar att erforderlig skorstenshöjd blir väsentligt mindre vid gaseldning än vid eldning med olja eller fasta bränslen.

Beräkningsresultat

Beräkningar i samband med konverteringar från olje- till gaseldade anläggningar har visat att befintliga skorstenar i samtliga fall har varit tillräckligt höga.

Beräkningsprogrammet har tillämpats på bl a en 1 + 1,1 MW-anläggning i Svängsta, som konverterats från olje- till gaseldning. Den befintliga skorstenen hade en höjd av 18 m. Tillämpningen av beräkningsprogrammet visade att erforderlig skorstenshöjd vid gaseldning endast var 7,5 m, se figur 1.

Om nu gällande krav för oljeeldade anläggningar skulle tillämpas på Svängsta-anläggningen visar beräkningarna att man skulle behövt höja skorstenen från befintliga 18 till 42 m.

Datormiljö

Beräkningsmodellen har utvecklats i Fortran för VAX-miljö. Källkoden har därefter kompilerats på persondator för att skapa en objektsmodul i PC-miljö. För att höja användar-vänligheten har

särskilda indatamenyer utvecklats. Indatamenyerna består av ett sextiotal blanketter och ett tiotal hjälpsidor. Resultatet av beräkningarna presenteras dels som en graf över markhalter på successivt ökande avstånd från skorstenen, dels som en uppgift över erforderlig skorstenshöjd.

Dataprogrammet levereras på tre disketter, som installeras på IBM XT/AT-kompatibla datorer med 640 kB primärminne samt EGA/VGA-grafik. En sk "math coprocessor" förbättrar körtiderna avsevärt. Operativsystemet ska vara MS-DOS 2.0 eller högre versionsnummer. Vidare krävs en harddisk med tillräckligt utrymme för att lagra hela programmet samt ett program för "utskrift" av skärmbilderna t ex HP SCREEN.

Användning

Programmet finns på tre disketter tillgängliga för utlåning vid Svenskt Gastekniskt Center AB. Programmet är självinstruerande men som hjälp vid program-exekveringen finns en manual utarbetad (ref 1).

Beräkningar av skorstenshöjder för gaseldade anläggningar kan också på uppdrag utföras av Sydkraft Konsult AB i Kalmar enligt nedanstående adress.

En utförlig metodbeskrivning finns i referens 2.

Referenser:

1 Björn Tingnert, Jörgen Thunell
Naturgasmodellen. Manual för användning av SMHI:s datorprogram för beräkning av skorstenshöjder
Svenskt Gastekniskt Center, rapport SGC 067, dec 1995

2 Hans Bäckström, Gunnar Omstedt
Naturgasmodellen - En spridningsmodell anpassad till persondatorer
Värmeforsk rapport nr 401, juni 1991

För ytterligare information, kontakta:

Sydkraft Konsult AB
Björn Tingnert
Box 735
391 27 Kalmar
Tel. 0480-598 20

Svenskt Gastekniskt Center AB
Hans-Åke Maltesson
205 09 Malmö

Tel. 040-24 43 12

20.3 Definitioner

Alkalinitet	Mängden vätekarbonatjoner. Dessa motverkar försurning. När alkaliniteten blivit noll sjunker pH-värdet snabbt.
Alkalisk	Basisk, dvs pH högre än 7.
Antropogen	Av mänskligt ursprung, orsakat av människan.
Associerad gas	Gas som förekommer tillsammans med olja i en fyndighet.
Biosfären	1) Jordens alla levande organismer. 2) Den del av jorden och dess atmosfär som innehåller levande organismer.
Cancerogen	Cancerframkallande
Cryosfären	Land- och havsisar, is i sjöar och floder, glaciärer och snötäcken.
Emission	Utsläpp av föroreningar. Vid mätning av utsläpp erhålls som mätresultat halten av ämnet i rökgasen eller i avloppsvattnet. Storheter som används är oftast beroende av typ av förorening. För stoft anges vanligen halten i mg/Nm^3 (normalkubikmeter). För normalkubikmeter ser man även beteckningen m^3n . Gasformiga föroreningar, som t ex SO_2 och NO_x , uttrycks vanligen i mg/MJ tillfört bränsle eller i ppm (part per million). För föroreningar i vatten används mg/m^3 och för föroreningar i fast avfall används viktprocent eller g/kg .
Eutrofiering	Övergödning
HC	Kolväten
Hydrosfären	Hav, sjöar, floder och grundvatten.
Hygieniskt gränsvärde	Gränsvärde för luftföroreningar i arbetsmiljö.
Icke associerad gas	Gas som förekommer ensam i en fyndighet, dvs ej blandad med olja.
Immission	Halt av föroreningar i luften. Föroreningar i luft, mark och vatten anges alltid i halter. Eftersom halterna i naturen oftast är låga används prefix av typen mikro (μ) (milliondel) och nano (n) (miljarddel). För låga halter i luft av olika gaser används ppm eller ppb (parts per billion, dvs miljard) i stället för mikro resp nano.

Önskar man betona t ex sulfatjonens påverkan på naturen kan enheten milliekvivalenter per liter, **mekv/l**, användas. Milliekvivalenter är en enhet liknande pH och anger mängden vätejoner som går åt för att neutralisera de närvarande sulfatjonerna. Enheten används exempelvis för halten sulfatjoner i nederbörd.

Halten av föroreningar i mark anges oftast som **µg/kg** (torr vikt). Halten bestäms efter att markprovet "tvättats" enligt en bestämd metod, varefter analysen görs på lösningen. Ett ofta förekommande mått på nedfallet av tungmetaller är **mg/kg** *mossa* (torr vikt). Denna metod används för kartläggning av tungmetaller över hela Sverige.

Enheter för exempelvis tungmetaller, kväve och fosfor i vatten är **µg/l** eller **mg/l**. För att ange försurningsgraden används pH.

Enheten för nedfallet av partiklar och andra föroreningar, som ett mått på vad naturen får ta emot, är **mekv/m²**, (exempelvis sulfat via nederbörd), eller **mg/m² och år** (exempelvis torr deposition av tungmetaller eller totala svavelnedfallet).

<i>Inversion</i>	Ett tillstånd då kall luft befinner sig under ett varmare luftskikt. Denna skiktning är mycket stabil och gör att emissioner från trafik och industrier ansamlas under det undre kalla luftskiktet.
<i>Katalysator</i>	Ett ämne som påskyndar en kemisk reaktion utan att själv förbrukas.
<i>Kommersiell energi</i>	Bränslen, elenergi m m som kan köpas på den öppna marknaden.
<i>Kritisk belastning</i>	Den högsta miljöbelastning som enligt befintlig kunskap ej ger upphov till allvarliga, negativa effekter för känsliga ekosystem eller organismer.
<i>Lithosfären</i>	Landmassor, berg, havsbotten, sten och grus.
<i>Mol</i>	1 mol är den materiemängd som innehåller lika många partiklar som det finns atomer i 12 gram kol 12 (C-12), dvs ca $606 \cdot 10^{21}$ st. När begreppet mol används måste man specificera vilken partikel som avses. Det kan vara atomer eller molekyler av angivet slag, elementarpartiklar eller något annat. Om molekyler avses så väger 1 mol av ett ämne lika mycket i gram som ämnets molekylvikt anger. 1 mol SO ₂ väger således 64 g, eftersom molekylvikten för SO ₂ är 64. Det innebär också att 64 g SO ₂ innehåller $606 \cdot 10^{21}$ molekyler.
<i>Nedfall</i>	Den mängd förorenade ämnen som från atmosfären faller ut på mark eller vatten.
<i>Normalkubikmeter gas (Nm³)</i>	Avser en kubikmeter gas vid 0°C och 1,01325 bar.
<i>Oorganiska ämnen</i>	Kemiska föreningar där kol (C) ej ingår som huvudbeståndsdel.

<i>Organiska ämnen</i>	Kemiska föreningar huvudsakligen bestående av kol (C) och väte (H).
<i>Ozon, O₃</i>	Bildas ur syre då detta utsätts för UV-strålning eller elektriska urladdningar. Ozon fungerar som ett filter för solens skadliga strålar.
<i>Ppm</i>	Parts per million, dvs miljondelar. Kan avse såväl volym som vikt. Vid oklarhet kan man förtydliga med t ex ppm _v där v:et innebär volym.
<i>Recipient</i>	Mottagare av utsläpp, dvs vatten, luft eller mark.
<i>Standardkubikmeter gas</i>	Avser en kubikmeter gas vid 15°C och 1,01325 bar.
<i>Stratosfären</i>	Luftskiktet ovanför troposfären (20 - 80 km ö h).
<i>Torrdeposition</i>	Nedfall av förorenande ämnen i torrt tillstånd.
<i>Troposfären</i>	Luftskiktet närmast jordytan (0 - 20 km ö h).
<i>Undre värmevärde</i>	Ett bränsles värmevärde utan hänsyn tagen till kondensationsvärmets i den vattenånga som bildas vid förbränningen. Kallas även effektivt värmevärde.
<i>UV-strålning</i>	Ultraviolett strålning, dvs strålning i den ultravioletta delen av strålningsspektrat.
<i>Våtdeposition</i>	Nedfall av förorenande ämnen som medföljer t ex regndroppar.
<i>Övre värmevärde</i>	Ett bränsles värmevärde där även den bildade vattenångans kondensationsvärme ingår. Kallas också kalorimetriskt värmevärde. I en kondenserande panna utnyttjas det värme som frigörs vid kondensering av vattenången. Räknat på undre värmevärdet kan således en kondenserande panna ha en verkningsgrad > 100 %.

20.3

Definitioner

<i>Adsorbera</i>	Fastna på en yta
<i>Aerosol</i>	En fin dimma av t ex partiklar eller vätskedroppar som är svävande i gas eller luft
<i>Benign</i>	Godartad (t e x tumör)
<i>Carcinogen</i>	Samma som cancerogen
<i>Fossila bränslen</i>	Bränslen som bildats av organiskt material och lagrats i marken under långa tider, ofta miljontals år eller mer, t ex kol, olja och naturgas
<i>Genotoxisk</i>	En genotoxisk skada drabbar arvsanlagen
<i>Malign</i>	Elakartad (t ex tumör)
<i>Mutagen</i>	Ett ämne är mutagen om det skadar eller förändrar ett arvsanlag
<i>Mutation</i>	Förändring av arvsanlagen
<i>PM-10</i>	Partiklar med en aerodynamisk diameter på 10 μm eller mindre
<i>Tröskelvärde</i>	En dos eller koncentration under vilken ett ämne inte medför någon effekt
<i>TSP</i>	Står för Total Suspended Particulates. Totala mängden svävande partiklar mindre än 160 μm

24

2.2

Bränslecykel etc

Miljöeffekter uppstår ...

...(Ref 2.1)

11

Här i miljöhandboken visas exempel på luftburna utsläpp i samband med utvinning, transport och distribution av naturgas och av biobränslen. Vidare visas exempel på luftburna utsläpp för två svenska elproduktionssystem, Vattenfalls och Sydkrafts, där även utsläppen i samband med bränsleproduktionen och byggandet av kraftverken inkluderats.

20.4 Omräkningsfaktorer*Tabell 20.4.1. Multipelenheter*

Talfaktor	Prefix	
10^{12}	tera	T
10^9	giga	G
10^6	mega	M
10^3	kilo	k
10^2	hekto	h
10^{-1}	deci	d
10^{-2}	centi	c
10^{-3}	milli	m
10^{-6}	mikro	μ
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	piko	p
10^{-15}	femto	f
10^{-18}	atto	a

Tabell 20.4.2. Omräkning mellan olika energienheter

	MWh	GJ	Gcal
MWh	1	3,6	0,86
GJ	0,278	1	0,239
Gcal	1,163	4,187	1
	kWh	MJ	Mcal
kWh	1	3,6	0,86
MJ	0,278	1	0,239
Mcal	1,163	4,187	1

Tabell 20.4.3. Omräkning mellan tryckenheter

	Pa (N/m ²)	bar	kp/cm ²
1 Pa	1	10^{-5}	$1,02 \cdot 10^{-5}$
1 MPa	10^6	10	10,2
1 bar	10^5	1	1,02
1 kp/cm ²	$9,81 \cdot 10^4$	0,981	1

Tabell 20.4.4. Måttenheter för biobränslen (SOU 1980:35)

TS	torrsubstans
t TS	ton torrsubstans
m ³ f	kubikmeter fast mått. Avser virkets exakta volym
m ³ sk	skogskubikmeter. Avser trädstammens fastvolym inkl bark från stubbskär till toppskott
m ³ s	kubikmeter stjälp mått. Avser sönderdelad ved, t ex flis eller spån, omfattande totala volymen (dvs inkl luft) av hög eller skäppa.
1m ³ f	motsvarar 0,3 - 0,6 t TS beroende på träslag
1m ³ f	motsvarar 0,45 t TS för barrvirke
1m ³ s	motsvarar ca 0,37 m ³ f
1m ³ s	motsvarar ca 0,17 t TS för flisat barrvirke
1 t TS	har ett energiinnehåll på ca 19 GJ (Effektivt värmevärde)
1m ³ f	har ett energiinnehåll på 0,45 x 19 = 8,6 GJ för barrvirke

20.4.1 20.4.2

Tabell 20.4.5. Energiinnehåll i olika bränslen. (exkl biobränslen) (Ref ~~20.1~~ och ~~20.2~~)
(Effektiva värmevärden)

	Måttenhet	GJ	MWh	toe
Råolja (Golfen)	t	41,8	11,6	1,03
Råolja (Nordsjön)	t	42,8	11,9	1,04
Råolja (Nordsjön)	m ³	36,7	10,2	0,90
Tung brännolja	t	40,6	11,3	1,00
Lätt brännolja	t	42,3	11,7	1,04
Dieselolja	t	42,5	11,8	1,05
Dieselolja	m ³	35,6	9,9	0,88
Fotogen	t	43,1	12,0	1,06
Bensin	t	43,1	12,0	1,06
Gasol	t	45,6	12,7	1,12
Stenkol	t	27	7,5	0,67
Koks	t	28,1	7,8	0,69
Antracit	t	33,5	9,3	0,82
Naturgas (rysk)	1 000 Nm ³	34,8	9,7	0,86
Naturgas (dansk)	1 000 Nm ³	39,6	11,0	0,98
Naturgas (Gronningen)	1 000 Nm ³	31,6	8,8	0,78
Masugngas	1 000 Nm ³	3,35	0,93	0,08
Koksgas	1 000 Nm ³	16,4	4,6	0,40
Stadsgas	1 000 Nm ³	15,5	4,3	0,38

Tabell 20.4.6. Energinnehåll i olika bibränslen och torv. (Ref ~~20.1~~ och ~~20.3~~)
(Effektiva värmevärden) ✓✓

	Måttenheter	GJ	MWh	toe
Björkved	m ³ fastmassa	8,2	2,3	0,20
Barrträdsved	m ³ fastmassa	6,5	1,8	0,16
Flis, TS 60 %	m ³	3,3	0,9	0,08
Stycketorv, TS 60 %	m ³	5,0	1,4	0,12
Frästorv, TS 50 %	m ³	3,2	0,9	0,08
Halm	t	14,5	4,0	0,35
Avfall	t	9,4	2,6	0,23
Ved, 0 % fukt	t TS	19	5,3	0,47
Ved, 30 % fukt	t TS	18	5,0	0,44
Ved, 50 % fukt	t TS	17	4,7	0,42
Torv, 50 % fukt	t	≈ 10	2,8	0,25
Halm, 15 % fukt	t TS	15	4,2	0,37
Vass, 10 % fukt	t TS	17	4,7	0,42

Värdena i tabellerna 20.4.5 och 20.4.6 gäller undre eller effektiva värmevärden, dvs värmevärden som ej inkluderar kondensationsvärmets i bildad vattenånga. För några olika bränslen gäller följande ungefärliga samband mellan övre och undre värmevärden.

Bränsle	Skillnad i % mellan övre och undre värmevärdet
Naturgas	10
Lätt brännolja	6
Tung brännolja	5
Stenkol	5
Råolja	5

20.4.1

Tabell 20.4.7. Omräkning från ppm till mg/m³ (Ref 20.4)

1 ppm av ämnet	Motsvarar mg/m ³
SO ₂	2,93
NO	1,34
NO ₂	2,05
CO	1,25
CO ₂	1,96
CH ₄	0,71
Cd	5,00
Pb	9,24
Hg	8,97

Ppm (parts per million) avser här volymandelar, dvs 1 ppm = 1 cm³/m³.

Omräkning har skett enligt

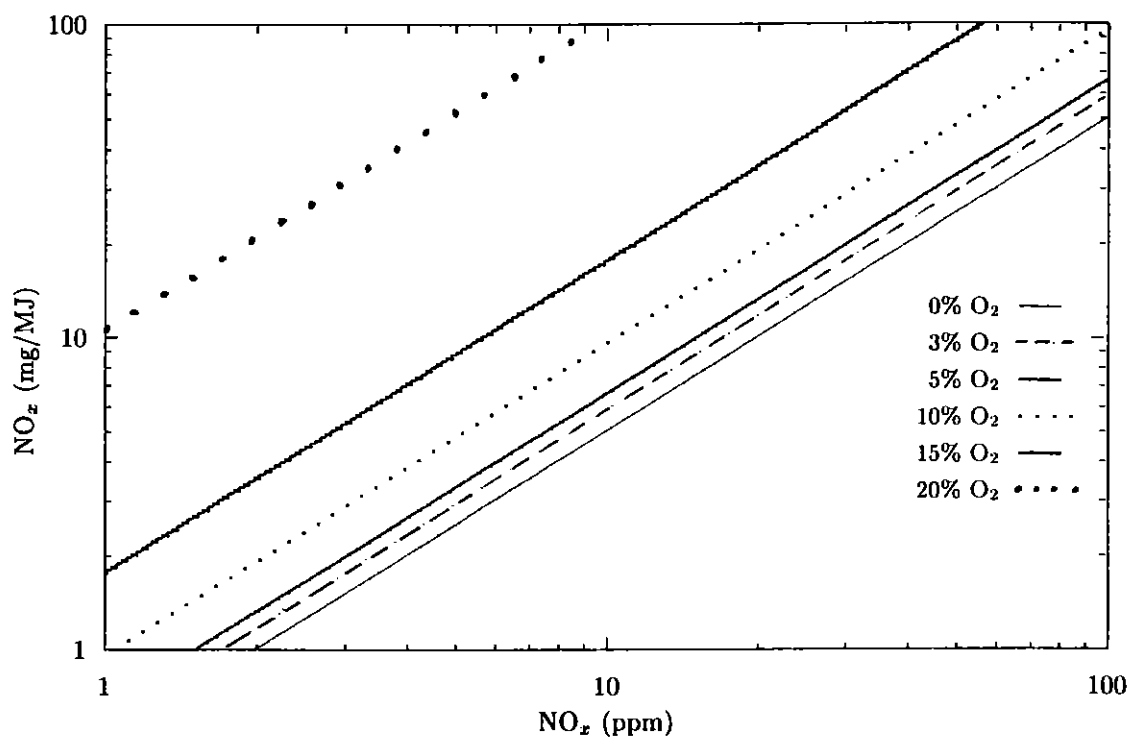
$$1 \text{ ppm} = \frac{\text{molvikt}}{\text{molvolym} \cdot 1000} \text{ mg/m}^3$$

Omräkning från föroreningshalt i rökgaserna, dvs från ppm eller mg/Nm³, till specifikt utsläpp, dvs till mg/MJ bränsle, fordrar kännedom om syrehalten i avgaserna. Är denna ej känd kan schablonvärden i tabell 20.4.8 användas.

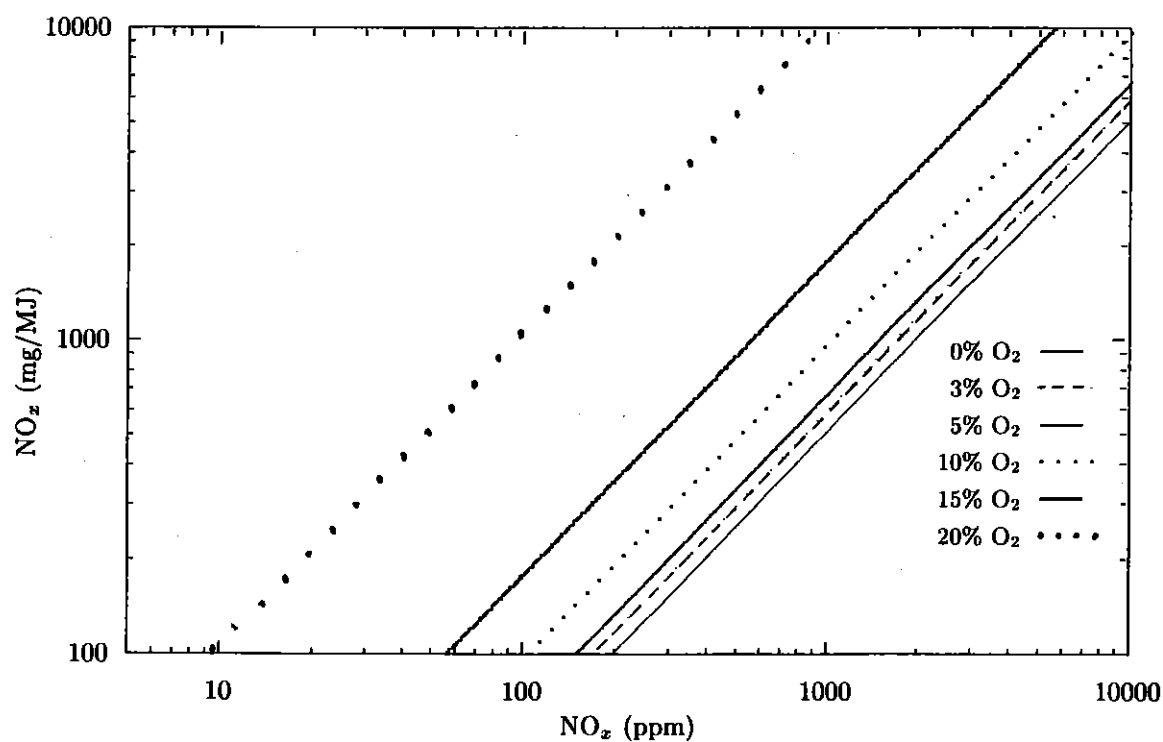
Tabell 20.4.8. Schablonvärden för omräkning av föroreningshalt i avgaser till bränslerelaterat utsläpp

Halt NO ₂ eller SO ₂	Bränsle	Utsläpp mg/MJ	
		NO ₂	SO ₂
100 ppm	Kol	60	90
100 ppm	Flis	90	125
100 ppm	Olja	55	75
100 ppm	Naturgas	62	93
100 mg/Nm ³	Kol	30	30
100 mg/Nm ³	Flis	45	45
100 mg/Nm ³	Olja	25	25
100 mg/Nm ³	Naturgas	31	31

94 Med hjälp av diagrammen i figurerna 20.4.1 och 20.4.2 kan exaktare omräkningar göras för NO_x-halter vid naturgasförbränning. (Ref 20.4.9).



Figur 20.4.1. Omräkning mellan NO_x -halt och specifikt NO_x -utsläpp vid naturgasförbränning. Låga halter



Figur 20.4.2. Omräkning mellan NO_x -halt och specifikt NO_x -utsläpp vid naturgasförbränning. Höga halter

Referenser

- 20.4.1 Birgitte Holm Christensen
Energi og Miljø i Norden
NGC-rapport, maj 1991
- 20.4.2 DANGAS. 1995 Energy Facts and Figures
- 20.4.3 Energikommisionen 1978
- 20.4.4. Mikael Näslund
Energigasteknik 1995

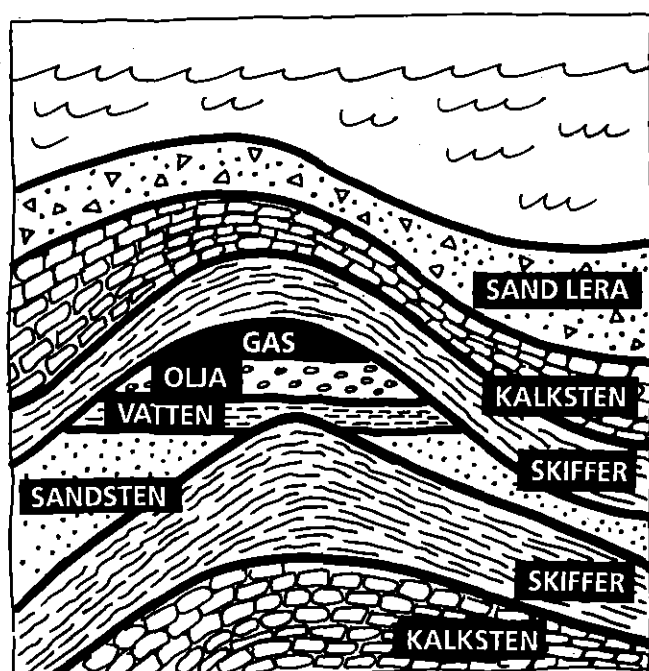
20.5 Fakta om naturgas

I kapitel 4, avsnitt 4.1 redovisas data för naturgas som bränsle i form av värmevärde, föroreningshalter, explosionsrisk etc. Eftersom miljöhandboken främst är avsedd för gasbranschen har det befunnits lämpligt att mer ingående även beskriva naturgasens bildning och utvinning, det svenska naturgasnätet samt användning av naturgas i Sverige. För att inte "tynga" avsnitt 4.1 med dessa uppgifter har de lagts fristående här i detta avsnitt 20.5 och för att inte sprida data om naturgas på alltför många ställen har naturgasstatistik för Sverige och världen, som annars skulle legat i avsnitt 19.2 resp 19.4 flyttats hit.

20.5.1 Uppkomst av naturgas

Naturgasen är en organisk produkt som bildats på samma sätt som olja och stenkol. Energiinnehållet i dessa s k fossila bränslen kommer, liksom energiinnehållet i bi-bränslen, ursprungligen från solen. Det som skiljer bi-bränslen från fossila bränslen är bl a åldern. Naturgasen bildades för mellan 50 och 400 miljoner år sedan.

Fossila bränslen utgörs av djur och växter som avlagrats och förmultnat med begränsad syretillgång. Sand och lera har avlagrats ovanpå växt- och djurresterna. Jordskorpan har sedan utsatts för rörelser, veck- och sprickbildningar som orsakat hålrum, vilka blivit uppsamlingsplatser för olja och gas, se figur 20.5.1.



Figur 20.5.1. Gasförekomst i geologiska formationer (Ref. 20.5.1)

Olja och naturgas förekommer ofta tillsammans i en och samma fyndighet, gasen benämns då associerad gas. Från början såg man sådan gas som en icke önskad biprodukt vid oljeutvinningen. Visserligen var man medveten om gasens stora energiinnehåll, men låga energipriser motiverade inte investeringar i långa transportledningar. Gasen "facklades" eller avbrändes därför vanligen på utvinningsplatsen.

Allt eftersom energipriserna steg och gasens fördelar mer och mer uppenbarades, ökade intresset för bättre utnyttjande av gasen som energikälla. Gasledningar började byggas och en aktiv prospektering efter naturgasfyndigheter tog fart. Större delen av denna ut-

veckling har skett på så kort tid som ca två decennier och i dag svarar naturgasen för knappt 25 % av världens kommersiella energibehov.

Naturgas förekommer även i form av gashydrater samt i form av nära nog ren metan (naturgasens huvudbeståndsdel) i anslutning till kolfyndigheter.

Gashydrater är naturligt förekommande där trycket är högt och temperaturen låg, exempelvis på havsbottnar och i permafrostområden. Man har funnit gashydrater i Alaska och i ryska permafrostområden samt i havsområdena kring Mellanamerika. Uppskattningar tyder på att mängden gas som skulle kunna utvinnas ur gashydrater är mer än 100 gånger större än reserverna i konventionella källor. Kostnaden jämfört med konventionell utvinning är dock fortfarande sådan att någon kommersiell exploatering ännu ej ägt rum.

Metan från kolfyndigheter tilldrar sig allt större intresse framför allt i USA, där mängden uppskattas till ca en tredjedel av landets totala naturgasreserver. Kolmetanet finns bundet i porer i kolet och frigörs vid trycksänkning. Om en kolfyndighet skall utnyttjas för kolbrytning kan det även finnas andra skäl än de rent kommersiella till att man tillvaratar metanet. Det kan dels finnas ett behov av att rent säkerhetsmässigt få bort brännbar gas innan kolbrytningen påbörjas dels finns en önskan att inte släppa ut metanet till atmosfären på grund av dess växthuseffekt.

Slutligen skall nämnas teorierna om djupgas. Enligt en amerikansk astrofysiker, Thomas Gold, finns det stora mängder gas i jordens inre som inte har fossilt ursprung och som förflyttar sig i riktning mot jordskorpan. På platser som t ex Siljansringen i Sverige, där hela jordskorpan först utsatts för sprickbildning genom ett meteoritnedslag för att sedan tätas och bilda slutna hålrum, skulle därför enorma mängder gas kunna finnas. Från 1988 till 1994 gjordes provborrningar vid Siljan ned till ca 7 km djup. Gasförekomster kunde påvisas, men permeabiliteten (genomträngligheten) var för låg för kommersiell produktion.

20.5.2 Prospektering efter naturgas

Första steget i naturgaskedjan är att lokalisera en naturgasfyndighet. Studier av befintliga geologiska data ger indikation om var på jordklotet förutsättningar kan finnas för att påträffa naturgas. I de intressanta områdena gör man sedan seismiska undersökningar med avsikt att bekräfta de gjorda antagandena om gynnsamma förutsättningar för en fyndighet.

Om de seismiska proven utfaller positivt påbörjas provborrningar. Prover av materialet i borrhålet tas upp och analyseras med avseende på materialets karaktär och förekomst av kolväten. Om dessa provresultat är positiva fortsätter arbetet med att försöka fastställa mängden gas i fyndigheten och den möjliga utvinningstakten.

Om allt utfaller till belåtenhet ersätts provborrningarna av produktionsborrningar, där borrhålens uppgift är att transportera gasen från underjorden upp till havs- eller markytan.

20.5.3 Förekomst av naturgas

Naturgasfyndigheter finns i så gott som hela världen men är ojämnt fördelade. Således finns ca 40 % av de kända reserverna i Ryssland och Oberoende Staters Samväldet (OSS) och 30 % i Mellanöstern inklusive Iran.

De kända naturgasreserver som kan utvinnas med konventionella metoder uppgick 1996 till 150.000 miljarder m³ med fördelning enligt tabell 20.5.1.

Tabell 20.5.1. Världens kända naturgasreserver 1996
(Ref. 20.5.2)

Region	1.000-tals miljarder m ³	1.000-tals TWh
F.d. Sovjetunionen inkl Östeuropa	59,2	639
Mellanöstern	45,3	489
Afrika	10,0	108
Asien	11,1	120
Latinamerika	8,0	86
Nordamerika	6,5	70
Västeuropa	6,4	69
Australien och Nya Zeeland	3,2	34
Summa	150	1 600

Sedan prospektering efter gas inleddes på allvar har de kända reserverna fördubblats med 10-årsintervall. Reserverna är nu energimässigt lika stora eller något större än oljereserverna. Eftersom produktionen av naturgas är drygt hälften av världens oljeproduktion blir uthålligheten dubbelt så stor som för oljan eller 60 - 70 år. (Uthållighet = det antal år som en angiven reserv räcker vid dagens produktion.) Tas även möjliga reserver med så ökar uthålligheten till ca 250 år. Då är ej "okonventionell" gas, typ gashydrater, kolmetan och djuggas medräknade.

Av Västeuropas naturgasreserver finns huvuddelen i norska delen av Nordsjön och i Nederländerna. Fördelningen på enskilda länder framgår av tabell 20.5.2.

Tabell 20.5.2. Västeuropas kända naturgasreserver 1996
(Ref 20.5.2)

Land	Miljarder m ³	Miljarder toe	%
Norge	3 000	2,9	47
Nederländerna	1 815	1,6	28
Storbritannien	700	0,6	11
Tyskland	220	0,2	3,5
Danmark	188	0,2	3,0
Övriga	477	0,5	7,5
Summa	6 400	6,0	100,0

Västeuropas kända reserver av naturgas beräknas räcka ca 25 år med nuvarande utvinningstakt.

20.5.4 Utvinning av naturgas

Naturgas kan antingen utvinnas på land, "on shore production", eller till havs, "off shore production". Utvinning på land är vanligast förekommande. Utvinning till havs förekommer bl a i Nordsjön och i Mexikanska bukten.

Gasen i en gasfyndighet befinner sig i allmänhet under högt tryck. Så t ex är trycket i ett holländskt gasfält utanför Groningen drygt 200 bar och i Nordsjöns gasfält mellan 150 och 300 bar. Gasen tar sig alltså själv från källan upp till mark- eller havsytan.

Gasen från gaskällan måste behandlas eller konditioneras innan den kan skickas vidare ut på naturgasnätet. Vid havsutvinning sker en del av behandlingen ute på borrhullformarna och en del i mottagningsstationerna på land.

Om olja och gas utvinns samtidigt leds blandningen först till ett separationssteg där naturgas, olja och medföljande vatten skiljs åt. Därefter sker behandling av gasen innefattande bl a torkning samt avskiljning av kondensat av tyngre kolväten, eventuellt svavel och eventuella partiklar. Trycksänkningar i samband med behandlingen på plattformarna medför i allmänhet att trycket måste höjas med hjälp av kompressorer innan gasen förs i land. Kompressorerna är gasturbindrivna och transporten till land sker i grova ställedningar på havsbotten.

Utvinning av gas sker vid de flesta fyndigheter som upptäckts. Det första stora gasfältet som exploaterades i Europa var Groningenfältet i Nederländerna. Det andra stora europeiska område som öppnades var södra delen av Nordsjön. Nordsjögasen upptäcktes i mitten av 1960-talet och leveranser till Storbritannien påbörjades i slutet av 1960-talet. Exempel på gasfält i Nordsjön är Ekofisk, Frigg och Troll, se figur 20.5.2.

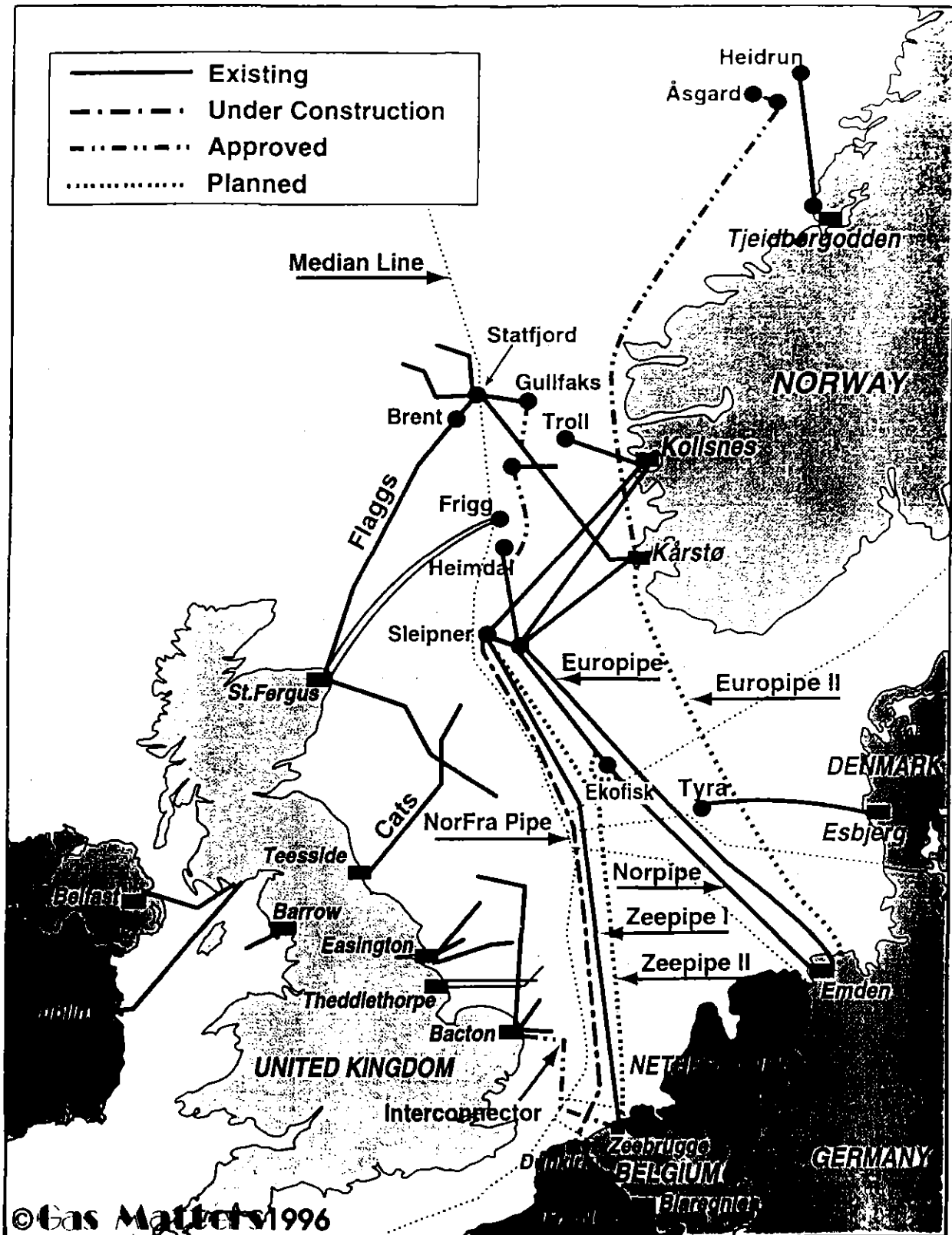
Andra områden i Västeuropa där naturgasproduktion förekommer i nämnvärd omfattning är norra Italien, södra Frankrike, västra Tyskland och Spanien. I östra Europa är naturgasutvinningen marginell med undantag av Rumänien som lär ha en utvinning av samma storleksordning som Norge.

Både USA och Kanada har betydande naturgasutvinning. En fjärdedel av Kanadas gasproduktion går till USA. En stor del av utvinningen i USA sker i området kring mexikanska golfen.

I Mellanöstern finns som tidigare nämnts 30 % av världens kända naturgasreserver men utvinningen är relativt sett mycket låg, endast 2 % av världens totala utvinning. Av denna utvinning svarar Iran för en fjärdedel.

I Latinamerika är det huvudsakligen Mexiko, Venezuela och Argentina som är naturgasproducenter. I Asien är förhållandena de att de folkrika länderna Kina, Indien och Bangladesh har liten naturgasutvinning, medan relativt sett glesbefolkade länder som Malaysia och Brunei har en omfattande utvinning. Japan, som är den största naturgas-konsumenten i Asien, har bara en försumbar naturgasutvinning.

Afrikas naturgasutvinning är i stort sett koncentrerad till Algeriet, Egypten, Libyen och Nigeria. En stor del av den algeriska gasen har sedan lång tid tillbaka exporterats till Västeuropa i form av LNG.



Figur 20.5.2. Naturgasnetet i Nordsjøen 1996.
(Ref 19.4)

20.5.5 *Transport av naturgas*

Till följd av olika geografisk belägenhet av utvinningsplatser och "efterfrågeplatser" förekommer omfattande nationella och internationella transporter av naturgas.

Naturgas kan antingen transporteras i gasform i rörledningar eller som nedkyld flytande gas (LNG, Liquefied Natural Gas) i speciella LNG-fartyg.

LNG-transporter sker uteslutande mellan landområden åtskilda av hav. 3 % av all naturgas fraktas som LNG, resten, dvs 97 %, transporteras i rörsystem hela vägen från källa till förbrukare.

Utrustning för LNG-hantering såsom kondenserings- och förångningsanläggningar samt fartyg är mycket kapitalkrävande och fasomvandlingen från gas till vätska och från vätska till gas innebär vissa energiförluster. Dock blir den totala transportkostnaden lägre än vid rörtransport vid tillräckligt långa transportavstånd.

Exempel på länder som exporterar naturgas i form av LNG är Algeriet, Libyen, Indonesien, Malaysia och Australien. Stora LNG importörer är Japan, Sydkorea, Taiwan, USA, Frankrike, Belgien, Italien och Spanien.

Den normala transporten av naturgas sker, som nämnts, i rörledningar (pipelines). Man skiljer i stort på transmissionsledningar och distributionsledningar. Transmissionsledningarna motsvarar trafikens motorvägar, dvs de svarar för transportererna över de stora avstånden. Distributionsledningarna svarar för gastransporten från transmissionsledningarna fram till förbrukningsställena.

Transmissionsledningarna utgörs av grova ställedningar som arbetar vid högt tryck, ca 80 bar. Vid mycket långa transportsträckor kan tryckfallet bli så stort att man måste införa kompressorstationer för att kunna upprätthålla önskat gasflöde. Kompressorerna drivs vanligen av gasturbiner som drivs med gas från transmissionsledningen.

Det europeiska transmissionsnätet som det såg ut 1996 visas i figur 20.5.3. För ledningsnätet i Nordsjön hänvisas till den tidigare figuren 20.5.2.

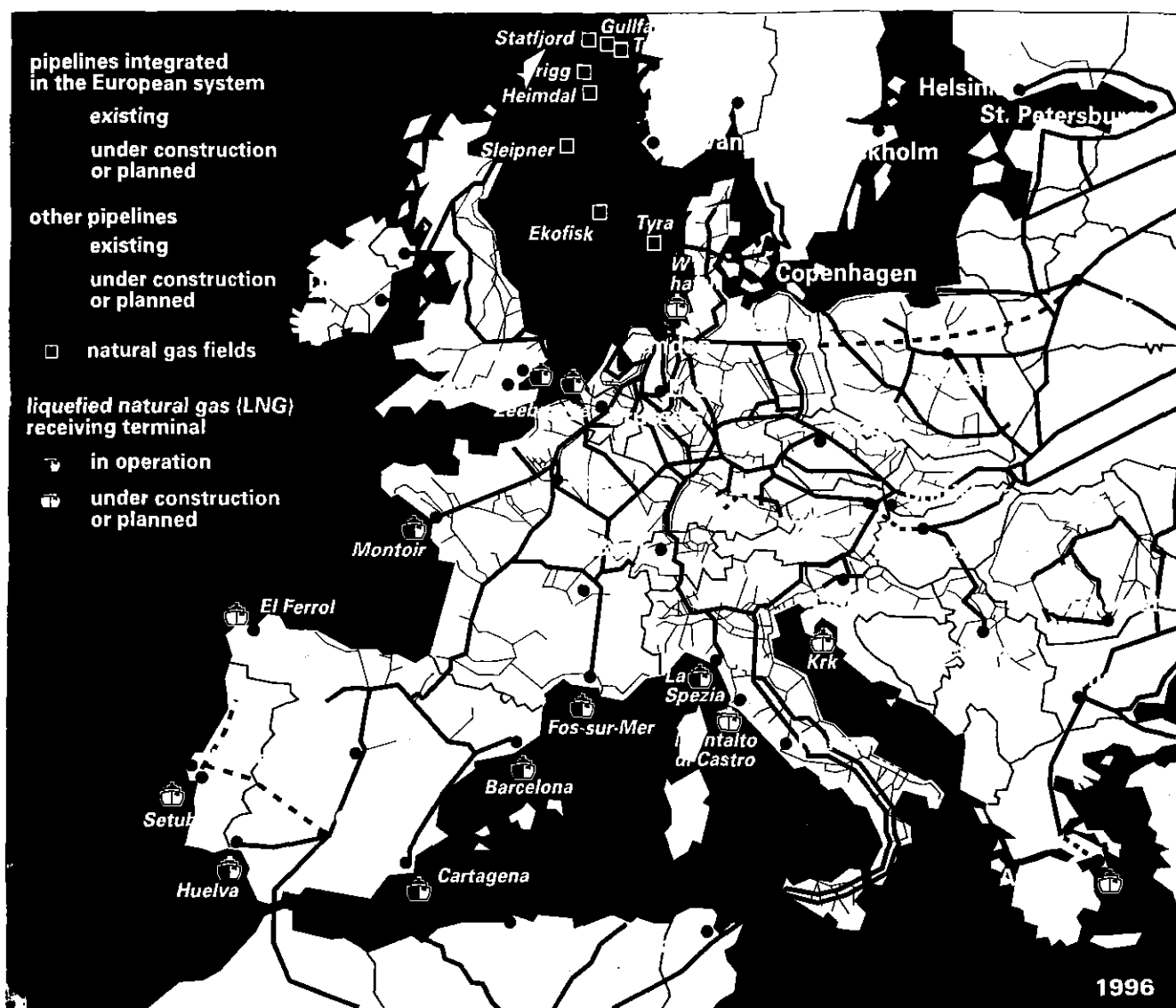
Distributionsledningar arbetar vid lägre tryck, i Sverige är det maximala trycket 4 bar. Materialet kan vara stål, gjutjärn eller plast. Moderna distributionsledningar byggs uteslutande i plastmaterialet polyeten, s k PE-rör.

20.5.6 *Det svenska naturgasnätet*

Den naturgas som används i Sverige i dag kommer från de danska Nordsjöfälten, ca 20 mil väster om Jylland.

Gasen transporteras i en ställedning på havsbotten till Nybro på Jyllands västkust. Separation av gas och tyngre kolväten sker huvudsakligen redan vid plattformen, medan övrig behandling och rening sker i en anläggning i Nybro.

Från Nybro går en ledning ca 1 meter under markytan tvärs igenom Danmark till Dragör och därefter under Öresund till Klagshamn strax söder om Malmö. Ledningen fortsätter från en mottagningsstation i Klagshamn längs Sveriges västkust upp till Göteborg. Sträckningen är ungefär parallell med E6:an. Denna transmissionsledning, som också kallas den svenska stamledningen, har en diameter på 600 mm i utgångsläget och 500 mm uppe vid Göteborg. Överföringskapaciteten är ca 3 miljarder m³/år vilket motsvarar 35 TWh/år eller 8 % av Sveriges årliga energibehov. Med en utnyttningstid på 8 700 timmar per år motsvarar 35 TWh/år en termisk effekt av ca 4 000 MW.

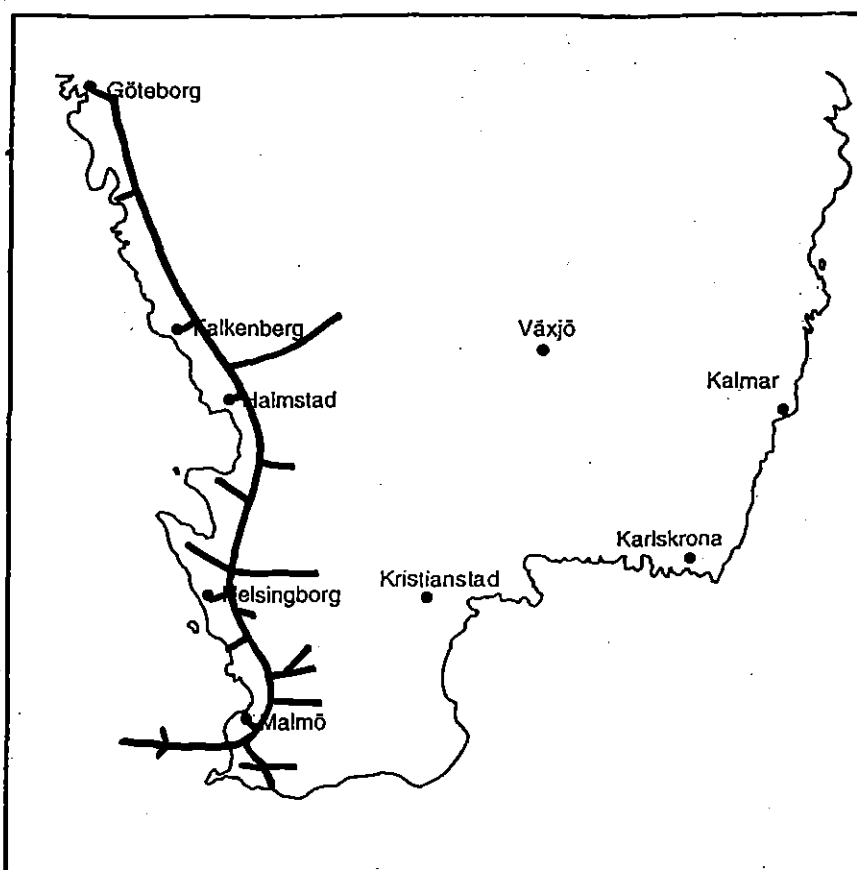


Figur 20.5.3. Det europeiska naturgassystemet
(Ref 20.5.3)

För den vidare transporten av gasen från stamledningen ut till användarna använder man sig i Sverige i tur och ordning av grenledning, fördelningsledning och distributionsledning. Den sista sträckan från t ex tomtgränsen fram till en villa kallas servisledning.

Stamledningens sträckning framgår i stort av figur 20.5.4, där även grenledningarna är markerade.

Den principiella uppbyggnaden av det svenska naturgasnätet framgår av figur 20.5.5. Grenledningarna har samma tryck som stamledningen och de mynnar i mät- och reglerstationer (M/R-stationer). I M/R-stationerna tas trycket ner till 16 eller 4 bar. 16 bar används då bebyggelsen är för tät för att tillåta högtryckssystem men då ändå större gasvolymmer måste kunna transporteras.



Figur 20.5.4. Stamnätet och grenledningarna

4 bar är det vanligaste trycket i distributionsledningarna och ledningsdimensionen varierar mellan 30 och 200 mm. För småförbrukare, t ex villor, sänks trycket ytterligare till 0,1 bar (100 millibar) i reglerstationer placerade inne i samhällena.

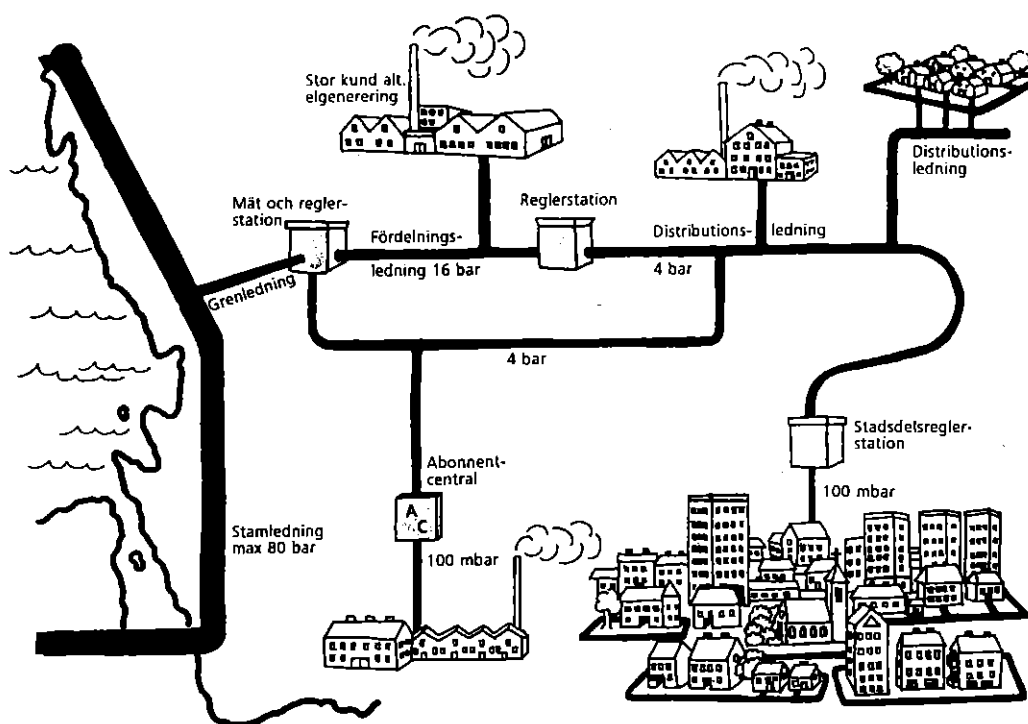
20.5.7 Marknaden för naturgas

I världen som helhet uppgår naturgasanvändningen till ca 2 000 miljarder m³/år, vilket motsvarar drygt 21 000 TWh/år eller ungefär en fjärdedel av världens totala energianvändning.

I västra Europa uppgår naturgasanvändningen till 275 miljarder m³/år (1995) och av denna mängd importeras ca 40 % från länder utanför EU, dvs inkl import från Norge. Naturgasens andel av västra Europas energiförsörjning är drygt 20 %. De enda länder i Västeuropa som inte använder naturgas i dag är Island och Norge. Norge har dock en mindre "försöksdistribution" och planerar uppförandet av metanolanläggningar och kraftverk baserade på naturgas.

Sveriges naturgasanvändning startade 1985 då sydvästra Skåne kopplades in på naturgasledningen från de danska Nordsjöfälten. Ledningen har sedan byggts vidare i två etapper: upp till Halmstad 1987 och till Göteborg 1988.

Under 1995 levererades ca 805 miljoner m³ naturgas eller nära 9 TWh.



Figur 20.5.5. Principiell uppbyggnad av det svenska naturgassystemet (Ref. 20.5.1))

Naturgasleveranserna i Sverige har sedan starten utvecklats enligt följande: (TWh)

1985	0,9	1991	7,1
1986	2,4	1992	8,0
1987	3,2	1993	8,7
1988	4,1	1994	8,7
1989	5,5	1995	8,7
1990	6,8	1996	9,4

Fördelningen på olika sektorer framgår av tabell 20.5.3. Värme- och kraftvärmesektorn tar nära 45 % av gasmängderna. Industrin tar ca 40 %. Hälften av industrileveranserna går till livsmedelsindustrin, som behöver ett rent bränsle. De privata och kommersiella sektorerna delar på resten och är ungefär lika stora.

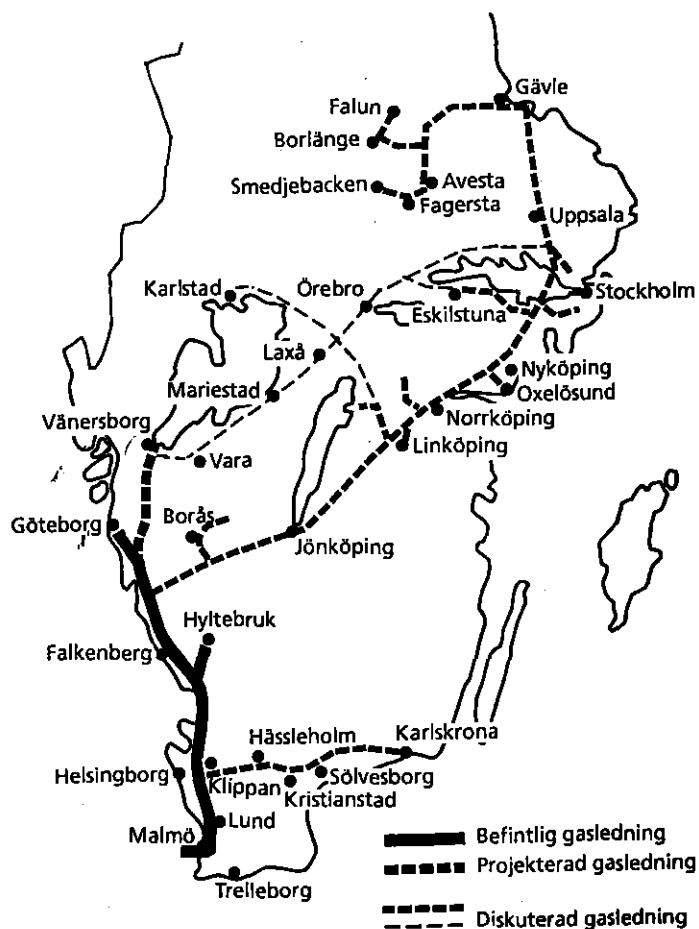
En liten men expanderande marknad är fordonsmarknaden. Man räknar med att drygt 300 naturgasdrivna fordon var i drift vid utgången av 1996. Det gäller både tunga fordon (bussar och lastbilar) och lätta fordon (taxibilar, vans osv).

Tabell 20.5.3 Naturgasanvändning i Sverige 1995. (Ref 20.5.4)

Sektor	milj. m ³	TWh
El- och värmeverk	350	3,9
Industri	315	3,5
Bostäder, service m m	130	1,5
Egenförbrukning	10	0,1
Summa	805	ca 9

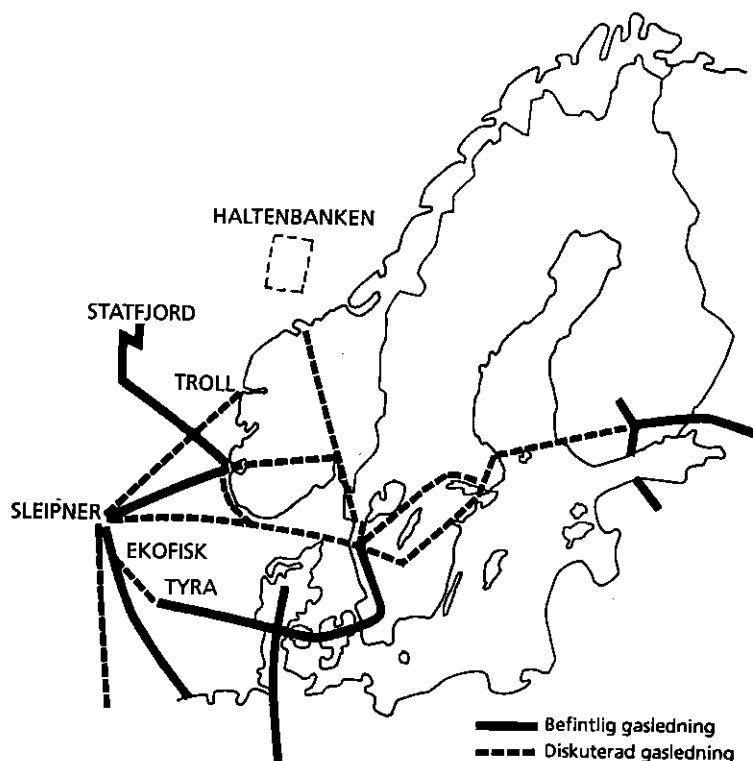
En fortsatt utbyggnad av naturgasnätet i Sverige har ännu inte kommit till stånd. Flera utredningar har gjorts och ett förslag till utbyggt naturgasnät visas i figur 20.5.6. Med den visade utbyggnaden skulle ca 120 kommuner få tillgång till naturgas och den sammanlagda naturgasanvändningen uppgå till ca 60 TWh eller mellan 15 och 20 % av landets totala energiförbrukning.

Många bedömare anser att förutsättningen för en fortsatt utbyggnad av det svenska gasnätet är att det sker som en del i ett gemensamt nordiskt naturgasnät. Sverige får i dag naturgas från enbart Danmark, men eftersom de danska naturgastillgångarna är begränsade kan det bli aktuellt framöver med norsk gas i såväl Danmark som Sverige. Finland får idag sin naturgas från enbart Ryssland och även om det inte råder kapacitetsbrist så vill Finland öka sin försörjningstrygghet genom fler tillförselvägar.



Figur 20.5.6. Tänkbart framtida svenskt naturgasnät.
(Ref. 20.5.1)

Genom att binda samman Finland och Danmark/Norge med en gasledning genom Sverige ökar den leveransmässiga flexibiliteten och säkerheten. Samtidigt uppstår nya naturgasmärknader längs med och i närheten av sammanbindningsledningarna. Ett möjligt integrerat nordiskt system visas i figur 20.5.7.



Figur 20.5.7. Möjligt nordiskt naturgasnät

Med ekonomiskt stöd från EU pågår för närvarande en studie av ett "Nordic Gas Grid". Deltagande företag är svenska Sydgas, Göteborg Energi, Vattenfall Naturgas och Mellansvenska Naturgaskonsortiet, finska Neste Oy samt danska Dangas. Utredningen skall vara klar under 1998.

Referenser

- 20.5.1 Naturgas - Värt att veta
Svenska Gasföreningen, Jan 1991
- 20.5.2 Gas Matters, August 1996
- 20.5.3 Eurogas-broschyr 1996
- 20.5.4 Svenska Gasföreningen
Verksamhetsberättelse 1995