

NILU : OR 60/97  
REFERANSE : O-96120  
DATO : NOVEMBER 1997  
ISBN : 82-425-0926-3

# **BTEX og 1,3-butadien som luftforurensningsproblem**

**Leif Otto Hagen**

---

# Innhold

	Side
<b>Sammendrag.....</b>	<b>3</b>
<b>1. Innledning.....</b>	<b>7</b>
<b>2. Helsemessige virkninger av BTEX og 1,3-butadien.....</b>	<b>7</b>
2.1 Benzen.....	7
2.1.1 Helsevirkninger.....	7
2.1.2 Beregnet daglig absorbert dose av benzen.....	8
2.2 1,3-butadien.....	9
2.2.1 Helsevirkninger.....	10
2.3 Toluen .....	10
2.3.1 Helsevirkninger.....	11
2.3.2 Eksponering .....	11
2.4 Xylen .....	11
<b>3. Retningslinjer/grenseverdier for BTX .....</b>	<b>11</b>
3.1 Sverige .....	11
3.2 Storbritannia.....	12
3.3 Nederland .....	12
3.4 Tyskland.....	12
3.5 Verdens helseorganisasjon (WHO).....	13
3.6 EU .....	13
<b>4. Målinger av BTEX i Norge i 1990-årene .....</b>	<b>13</b>
4.1 Oslo .....	13
4.1.1 Benzen .....	14
4.1.2 Toluene.....	15
4.1.3 Hydrokarboner og aldehyder .....	15
4.2 Drammen.....	18
<b>5. Målinger av BTX i andre land.....</b>	<b>19</b>
5.1 Sverige .....	19
5.2 Danmark.....	23
5.3 Belgia .....	24
5.4 Tyskland.....	30
5.5 Nederland .....	33
5.6 Storbritannia.....	36
5.7 Langtransporterte forurensninger.....	42
<b>6. Utslipp til luft.....</b>	<b>43</b>
6.1 Storbritannia.....	44
6.2 Nederland .....	45
6.3 Norge.....	45
<b>7. Litteratur .....</b>	<b>47</b>



## Sammendrag

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT) sammenfattet dagens kunnskapsnivå om BTEX (benzen, toluen, etylbenzen og xylener) som luftforurensningsproblem. Interessen for BTEX som luftforurensningsproblem er økende i Europa, og flere land har strenge nasjonale grenseverdier for benzen i uteluft. Det er også sannsynlig at det i nær fremtid kommer et EU-direktiv, som en årsmiddelverdi.

Hovedvekten i denne rapporten er lagt på benzen (kreftfremkallende) og toluen av BTEX-komponentene. Et annet kreftfremkallende stoff som dannes ved forbrenning av bildrivstoff, er 1,3-butadien. Virkninger og måleresultater for dette stoffet er også tatt med basert på britisk materiale.

Den helsevirkningen som er av størst interesse ved langtidseksponering for benzen, er leukemi. Undersøkelser har stadfestet økt risiko selv ved relativt lave eksponeringsnivåer. Studier på rotter og mus viser at benzen har virkninger på det genetiske materialet i cellene. Dette indikerer muligheten for å forårsake ondartet sykdom selv ved svært lav eksponering. Verdens helseorganisasjon (WHO) sier at det ikke finnes en trygg nedre grense for eksponering for benzen, siden dette stoffet har karsinogene virkninger. Organisasjonen angir i sine retningslinjer for uteluft at ved en livstidseksponering for  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  benzen er det beregnet et livstids risikonivå på  $4\text{-}6 \cdot 10^{-6}$ , dvs. at 4-6 personer i en befolkning på 1 million kan få leukemi.

Også når det gjelder 1,3-butadien er det langtidseksponeringen som er av størst interesse, da stoffet kan gi kreft i lymfesystemet og i bloddannende vev. 1,3-butadien skader det genetiske materialet i cellene, og disse genotoksiske effektene kan medføre ondartede sykdommer selv ved lav eksponering.

I utgangspunktet er det lite eller ingenting av 1,3-butadien i diesel og bensin, men stoffet produseres i selve forbrenningsprosessen. Olefiner i stadig økende konsentrasjoner i drivstoffet er årsaken til utslippene av 1,3-butadien. Som for benzen fjernes imidlertid stoffet effektivt av katalysatorer på bensinbiler.

Toluen er ikke påvist å ha kreftfremkallende egenskaper, men kan gi hodepine, kvalme og svimmelhet ved meget høye konsentrasjoner. Ofte er eksponeringen størst innendørs, særlig i forbindelse med røyking og bruk av maling og tynnere.

---

I Norge finnes det ingen anbefalte luftkvalitetskriterier, retningslinjer eller grenseverdier for benzen (og 1,3-butadien) i uteluft. I Europa har både Storbritannia, Nederland og Tyskland grenseverdier for benzen, Nederland har de strengeste verdiene. Disse er på årsbasis en grenseverdi på  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en retningslinje på  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  og en målsetningsverdi på  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Verdens helseorganisasjon har beregnet et livstids risikonivå for leukemi på  $4\text{-}6 \cdot 10^{-6}$  ved en livstidseksponering for  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . I Sverige er det tilsvarende foreslått et lavrisikonivå på  $1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for

benzen og 0,05-0,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  for 1,3-butadien. I Storbritannia er det foreslått en retningslinje for årsmiddelverdi av 1,3-butadien på 2,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

I Norge er det gjort relativt få undersøkelser av benzeninnholdet i uteluft. De mest oppdaterte undersøkelsene er fra Drammen, hvor kommunens egne målinger med DOAS-teknikk de siste årene har vist halvårsmiddelverdier på 12-15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  som gjennomsnitt over målesøyfer på 300-600 m 15-20 m over bakken i sentrumsområdet.

I mai 1997 har NILU i samarbeid med Oslo, Drammen og Bergen kommuner startet målinger av BTEX med passive prøvetakere på tre steder (generelt bysentrum, gate i sentrum og boligområde utenfor sentrum i hver by. Disse prøvene tas som ukemiddelverdier hver annen uke og skal pågå i ett år.

Målinger med passive prøvetakere på "ovan tak"-stasjoner i 28 svenske tettsteder vinteren 1995/96 viste middelverdier av benzen i området 2,1-6,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (gjennomsnitt 3,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), dvs. betydelig lavere enn i Drammen.

Målinger i tre 14-dagers perioder med passive prøvetakere i Brüssel i 1994 på 68 målesteder viste middelverdier av benzen på 5-7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , men med noen områder på 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  og gatekonsentrasjoner opp mot 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Målinger i Niedersachsen i 1993 viste årsmiddelverdier av benzen på 2-4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  utenom sterkt trafikkerte gater. På gatestasjoner i Hannover var nivået ca. 13  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

I nederlandske byer i 1993 og 1994 var årsmiddelkonsentrasjonene 2-5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  på ikke-trafikkexponerte sentrumsstasjoner og 4-9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  på gatestasjoner. Utenfor byene var årsmiddelkonsentrasjonen 0,7-2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

I britiske byer var årsmiddelkonsentrasjonene av benzen 2-5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  i 1994 utenfor de mest trafikkerte gatene.

På bakgrunnsstasjonen Birkenes på Sørlandet var vinternivået av benzen rundt 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  og sommernivået rundt 0,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  i 1994 og 1995, dvs. langt lavere enn i Drammen.

I begynnelsen av 1980-årene ble de totale utslippene av benzen i Norge beregnet til ca. 3 000 tonn i året. Av dette utgjorde utslipp fra bileksos ca. 2 200 tonn og utslipp fra dieseleksos (lite), avdampning og distribusjon var 600 tonn.

---

Det er foretatt en skalering av disse utslippene til 1996 ved å anta at det gjennomsnittlige benzeninnholdet i bensin er redusert fra ca. 5% til ca. 3%, at det totale bensinforbruket er økt ca. 22% og at ca. 35% av de bensindrevne bilene nå har katalysator med en antatt renseeffekt på ca. 85% (80-90%). Dette gir et utslipp av benzen i 1996 fra bensineksos på ca. 1 135 tonn, dvs. omtrent en halvering i forhold til 15 år tidligere. Utslipp fra avdampning og distribusjon av bensin er redusert til ca. 440 tonn pr. år.

Dersom f.eks. det gjennomsnittlige benzeninnholdet i bensin er redusert til 2% i år 2010, og det antas at en gjennomsnitts personbil bruker 25% mindre drivstoff enn en tilsvarende bil i 1981, vil denne bilen i år 2010 har et utslipp av benzen på rundt 5% i forhold til i 1981.



# BTEX og 1,3-butadien som luftforurensningsproblem

## 1. Innledning

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har fått i oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT) å sammenfatte dagens kunnskapsnivå om BTEX som luftforurensningsproblem. Interessen for BTEX (benzen, toluen, etylbenzen, xylener) som luftforurensningsproblem er økende i Europa. Flere land har strenge nasjonale grenseverdier, og det er sannsynlig at et EU-direktiv for benzen kommer, som en årsmiddelverdi. Tidligere (Oslo) og nåværende (Drammen) målinger, hovedsakelig med DOAS-teknikk, viser et relativt høyt benzennivå og til dels mye høyere verdier enn i de fleste andre land som NILU har tilgjengelige måledata fra.

Hovedvekten i denne rapporten er lagt på benzen (kreftfremkallende) og toluen av BTEX-komponentene. Et annet kreftfremkallende stoff som dannes ved forbrenning av bildrivstoff er 1,3-butadien. Virkninger og måleresultater for dette stoffet er også tatt med basert på britisk materiale.

En annen del av dette BTEX-prosjektet består av omfattende sammenliknende målinger av benzen og toluen med DOAS-teknikk og passive prøvetakere (Tenax) i Drammen. Her ble samtidige målinger gjennomført i åtte uker i perioden november 1996-januar 1997. Resultatene fra denne sammenlikningen skal senere presenteres i en egen rapport.

I mai 1997 har NILU i samarbeid med Oslo, Drammen og Bergen kommuner startet målinger av BTEX med passive prøvetakere på tre steder (generelt by-sentrum, gate i sentrum og boligområde utenfor sentrum) i hver by. Disse prøvene tas som ukemiddelverdier hver annen uke og skal pågå i ett år.

## 2. Helsemessige virkninger av BTEX og 1,3-butadien

### 2.1 Benzen

Benzen består av seks atomer hver av karbon og hydrogen ( $C_6H_6$ ). Ved normal temperatur er den en væske, men den fordamper hurtig, og små mengder kan påvises i atmosfæren. De viktigste kildene er forbrenning av bensin og diesel i biler. Røyking av sigaretter er imidlertid en viktig kilde for eksponering hos enkeltpersoner. Benzen brytes naturlig ned i atmosfæren, men disse reaksjonene tar flere dager. Enkeltpersoner kan i forbindelse med sitt yrke eksponeres for langt høyere konsentrasjoner enn i vanlig luft.

#### 2.1.1 Helsevirkninger

Bevis for skadeligheten av benzen kommer både fra studier av personer eksponert for stoffet på sin arbeidsplass og fra observasjoner i laboratoriestudier av rotter og mus.



Ved inhalasjon absorberes vel halvparten etter diffusjon gjennom lungene til blodet og fordeles i kroppsvevet og i organer i forhold til blodstrømmen. Da benzen er lettere løselig i fett enn i vann, fordeles det til fettvevet, inklusive hjernen og benmargen, hvor blodcellene dannes. Dersom eksponeringen for benzen opphører, vil 80% av den absorberte mengden forsvinne i løpet av et par dager på grunn av kjemisk nedbrytning i kroppen.

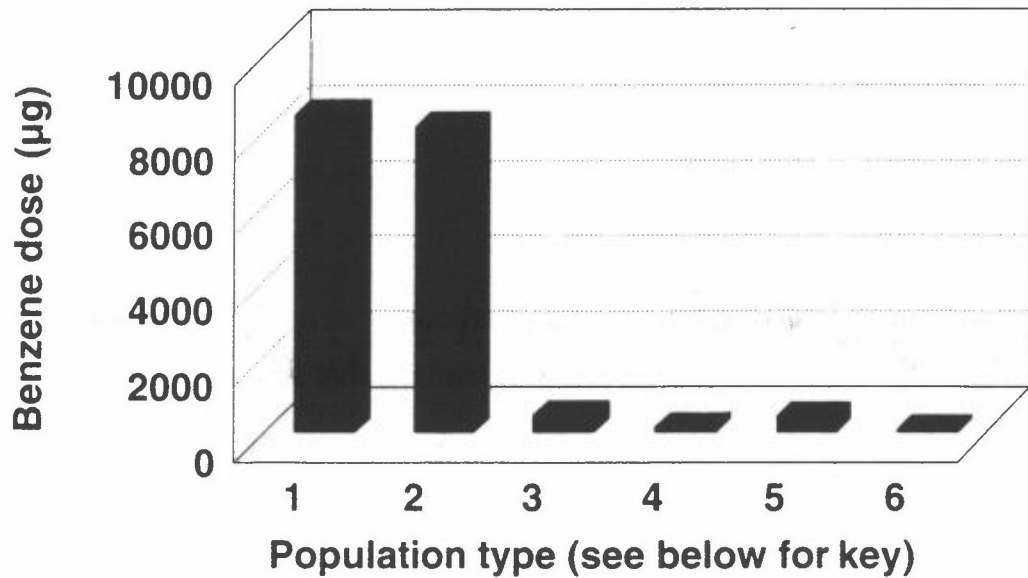
Benzens toksiske effekter kan ved akutt eksponering for ekstremt høye konsentrasjoner forårsake narkotiske eller bedøvende virkninger, og dødsfall er registret hos arbeidere som har vært eksponert for konsentrasjoner på flere tusen ppm i lukkede rom. Ved flere påfølgende eksponeringer for svært høye konsentrasjoner (godt over 5 000 ppb, 16 000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) er det rapportert om utvikling av alvorlig eller noen ganger livsfarlig skade på bloddannende elementer i benmargen, slik at den ikke blir istand til å danne de viktige blodcellene. Slike virkninger vil imidlertid ikke kunne forekomme ved eksponering i uteluft eller hos arbeidere, unntatt som et resultat av uforutsette eller uhellsutslipp i meget høye konsentrasjoner.

Den helsevirkningen som er av størst interesse ved langtidseksponering for benzen, er leukemi. Denne virkningen ble først beskrevet i den skoproduerende industrien. Senere er en rekke undersøkelser på grupper av arbeidere i gummi- og petroleumsindustrien gjennomført. Disse har stadfestet økt risiko for leukemi selv ved relativt lave eksponeringsnivåer. Studier på rotter og mus viser at benzen har virkninger på det genetiske materialet i cellene. En slik genotoksisk virkning indikerer muligheten for stoffet (benzen) til å forårsake ondartet sykdom selv ved svært lav eksponering. Realistisk sett er imidlertid sjansen for å få leukemi ved svært lave benzenkonsentrasjoner svært liten.

### **2.1.2 Beregnet daglig absorbert dose av benzen**

Concawe har beregnet daglig absorbert dose av benzen for ulike persongrupper som vist i Figur 1. For eksponerte arbeidere er det i beregningene antatt en middelkonsentrasjon på arbeidsplassen på 1 600  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  over 8 timer. I uteluft er det antatt konsentrasjoner på 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  i byer, 1,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  på landet og 7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  i inneluft. Røykere antas å bruke 20 sigaretter pr. dag.

Beregningene viser en daglig dose på vel 8 000  $\mu\text{g}$  for eksponerte arbeidere som røyker, kjører bil og bor i et byområde. En tilsvarende kontoransatt person får en daglig dose på ca. 450  $\mu\text{g}$ , mens en kontoransatt som ikke røyker får en dose på ca. 130  $\mu\text{g}$ .



Population type (as defined in Table 4).

1. Occupationally exposed worker, smoker, driver, urban dweller
2. Occupationally exposed worker, non-smoker, driver, urban dweller
3. Office worker, smoker, driver, urban dweller.
4. Office worker, non-smoker, driver, urban dweller.
5. Non-working, smoker, non-driver, rural dweller.
6. Non-working, non-smoking, non-driver, rural dweller.

Figur 1: Beregnet total daglig absorbert dose av benzen for ulike grupper.

## 2.2 1,3-butadien

1,3-butadien er et kjemisk stoff hvis molekyl består av fire karbon- og seks hydrogenatomer. Ved normal temperatur er den en gass. Den finnes i små mengder i atmosfæren og skyldes forbrenning i bilmotorer, forbrenning av fossile brennstoff og tilfeldige branner.

I utgangspunktet er det lite eller ingenting av 1,3-butadien i diesel eller bensin, men stoffet produseres i forbrenningsprosessen selv. Olefiner i stadig økende konsentrasjoner i drivstoffet er årsaken til utslippene av 1,3-butadien. Imidlertid fjernes stoffet effektivt av katalysatorer på bensinbiler.

1,3-butadien brukes også i industrien, særlig i produksjonen av gummidekk. Enkeltpersoner kan derfor i sitt yrke eksponeres for langt høyere konsentrasjoner enn i uteluft. Stoffet er også tilstede i sigarettøyk.

### 2.2.1 Helsevirkninger

Bevis for helseeffekter fra 1,3-butadien kommer både fra studier av personer eksponert for stoffet på sin arbeidsplass og fra undersøkelser i laboratoriet av rotter, mus og aper. Størst vekt er lagt på arbeidsplass-studiene. Det kan imidlertid være vanskelig å ekstrapolere resultater fra studiet av arbeidere tidligere eksponert for konsentrasjoner opptil 10 000 ppb (ca. 22 000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) til den almenne befolkningen som i byområder i dag kan eksponeres for korttidskonsentrasjoner (time) på opptil 20 ppb (ca. 44  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Inhalasjonsstudiene viser at 1,3-butadien absorberes gjennom lungene og føres til alt vev som er undersøkt. Dyreforsøk viser at opptaket er størst hos mus og minst hos aper.

Metabolisme av 1,3-butadien er studert i dyreforsøk. Dannelse av farlige epoksider er mest hurtig hos mus. Slik dannelse kan også foregå i menneskelig vev.

Korttidseksponering hos mennesker for svært høye konsentrasjoner (flere millioner ppb, eller  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) har forårsaket irritasjon av øyne, nese, strupe og hud. Studier av arbeidere i Øst-Europa eksponert for høye konsentrasjoner tyder på alvorlige virkninger på blodet og nervesystemet.

Det er imidlertid, som for benzen, langtidseksponering for 1,3-butadien som er av størst interesse, da den kan gi kreft i lymfesystemet og i bloddannende vev. Økning i sjansen for å utvikle slike kreftformer er rapportert i grupper av arbeidere i USA som har vært eksponert i sitt arbeid. Også dyreforsøk på rotter og mus har vist slike effekter ved livslang eksponering for 1,3-butadien.

1,3-butadien skader det genetiske materialet i cellene på forskjellige måter, og disse genotoksiske effektene kan medføre ondartede sykdommer selv ved lav eksponering. Realistisk sett er imidlertid sjansen for å få slike kreftformer svært liten ved svært lave konsentrasjoner.

### 2.3 Toluene

Toluene ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$ ) er en ikke-korrosiv flyktig væske med lav løselighet i vann. Den har et kokepunkt på  $110^\circ\text{C}$ . Større mengder toluene (sammen med benzen og xylen, dvs BTX-blanding) anvendes i motorbrennstoff for å øke oktantallet. Toluene har også utstrakt bruk som løsemiddel og har en lang rekke anvendelser i organisk syntese, bl.a. til framstilling av fargestoffer, legemidler, luktstoffer, sprengstoffer og spesielle kjemikalier.

### 2.3.1 Helsevirkninger

Giftigheten til toluen er betinget i at toluen tas lett opp gjennom lungene og at flytende toluen tas opp gjennom huden. Fra opptaksorganet fordeler toluen seg lett via blodbanen, og i leveren metaboliseres ca. 2/3 av det som er tatt opp til hippursyre, som skilles relativt fort ut gjennom urinen. Toluene i luft som pustes inn fører raskt til hodepine når konsentrasjonen er over 1 000 ppm (3 750 mg/m<sup>3</sup>), og etter lengre eksponering på dette nivået kan kvalme og svimmelhet oppstå. Toluene virker også slimhinneirriterende.

Toluene er ikke påvist å ha kreftfremkallende egenskaper.

Toluene har i ren form en luktterskel på ca. 1 000 µg/m<sup>3</sup>.

### 2.3.2 Eksponering

Luftforurensning er hovedkilden for befolkningens eksponering for toluene. Ofte er eksponeringen størst innendørs, særlig i forbindelse med røyking og bruk av maling og tynnere.

Eksponering via drikkevann og mat er liten. Yrkeseksponerte personer kan ha en betydelig høyere eksponering enn den almenne befolkningen.

## 2.4 Xylen

Xylen (C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) er en blanding av tre isomerer: orto-, meta- og paraxylen. De største mengdene anvendes i motorbrennstoff (sammen med benzen og toluene). Xylenene er væsker ved vanlig temperatur med nær samme kokepunkt (138-144°C).

## 3. Retningslinjer/grenseverdier for BTX

### 3.1 Sverige

Sverige har ingen administrative retningslinjer for VOC i uteluft. Institutet för Miljömedicin (IMM) har imidlertid foreslått omgivningshygieniske grenseverdier (lavriskonivåer) bl.a. basert på retningslinjer fra Verdens helseorganisasjon (WHO) og under antagelse av livstidseksponering. De medisinske lavrisikonivåene er gitt i Tabell 1.

Tabell 1: Medisinske lavrisikonivåer for butadien, benzen, toluene og xylen foreslått av Institutet för Miljömedicin.

Stoff	Kritisk effekt	Lavriskonivå
Butadien	Kreft	20-100 ppb (0,05-0,2 µg/m <sup>3</sup> )
Benzen	Leukemi	0,4 ppb (1,3 µg/m <sup>3</sup> )
Toluene	Påvirkning på det sentrale nervesystemet	10 ppb (38 µg/m <sup>3</sup> )
Xylen	Påvirkning på det sentrale nervesystemet	10 ppb (44 µg/m <sup>3</sup> )

### 3.2 Storbritannia

En ekspertgruppe (Expert Panel on Air Quality Standards) nedsatt av Miljøvern-departementet (DoE) har utarbeidet retningslinjer for helsevirkninger av benzen og 1,3-butadien som vist i Tabell 2.

Tabell 2: *Foreslåtte retningslinjer for helsevirkninger av benzen og 1,3-butadien i Storbritannia.*

Stoff	Beskrivelse	Midlingstid	Verdi
Benzen	Helse	Løpende årsmiddel	5 ppb (16 µg/m <sup>3</sup> )
Benzen	Målsetning	Løpende årsmiddel	1 ppb (3,2 µg/m <sup>3</sup> )
1,3-butadien	Helse	Løpende årsmiddel	1 ppb (2,2 µg/m <sup>3</sup> )

Ved daglig informasjon til publikum og varsling av luftforurensninger karakteriseres nivåer under 5 ppb for benzen og under 1 ppb for 1,3-butadien som lave. Høye nivåer er 2-6 ganger over retningslinjene, mens verdier mer enn 6 ganger over retningslinjene karakteriseres som svært høye. Disse klassifiseringskriteriene er fastsatt av Miljøverndepartementet.

### 3.3 Nederland

Grenseverdier og retningslinjer for benzen i Nederland er vist i Tabell 3.

Tabell 3: *Grenseverdier og retningslinjer for benzen i Nederland.*

Beskrivelse	Midlingstid	Verdi
Grenseverdi	År	10 µg/m <sup>3</sup>
Retningslinje	År	5 µg/m <sup>3</sup>
Målsetning	År	1 µg/m <sup>3</sup>

### 3.4 Tyskland

I Tyskland er det for benzen diskutert en grenseverdi for årsmiddel på 2,5 µg/m<sup>3</sup> vurdert ut fra kreftrisikobetraktninger.

I "23. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten - 23. BImSchV)" er følgende verdier gitt for benzen:

- 15 µg/m<sup>3</sup>, årsmiddelverdi, fra 1.7.1995.
- 10 µg/m<sup>3</sup>, årsmiddelverdi, fra 1.7.1998.

I den svenske by/tettstedsrapporten for vinterhalvåret 1995/96 oppgis det for Tyskland en retningslinje på  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  som årsmiddelverdi. Denne verdien er tatt fra en artikkel i tidsskriftet Staub-Reinhalung der Luft i 1993.

### 3.5 Verdens helseorganisasjon (WHO)

#### *Benzen*

I "Air Quality Guidelines for Europe" fra 1987 sier WHO at det ikke finnes en trygg nedre grense for eksponering for benzen, siden dette stoffet har karsinogene virkninger. Ved en livstidseksponering for  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  benzen er det beregnet et livstids risikonivå for leukemi på  $4 \times 10^{-6}$ . I "Revised WHO Air Quality Guidelines for Europe" fra 1997 er livstid risikonivå for leukemi satt til  $6 \times 10^{-6}$ .

#### *Toluen*

For virkninger på helse er det foreslått en retningslinje på  $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for en midlingstid på en uke i "Revised WHO Air Quality Guidelines for Europe".

### 3.6 EU

Det finnes ingen EU-direktiver for grenseverdier for BTEX. Et direktiv for benzen er imidlertid ventet i nær framtid.

## 4. Målinger av BTEX i Norge i 1990-årene

### 4.1 Oslo

I forbindelse med et større forskningsprosjekt ved NILU om nitrogenoksider og oksidanter i tettstedsluft i Norge som startet i 1991, ble det også gjennomført målinger av bl.a. benzen og toluen med DOAS-teknikk i Oslo i vinterhalvåret 1991/92. Det ble da målt langs to løyper (strekninger) fra Oslo helseråd ved St. Olavs plass til henholdsvis SAS-hotellet og Rådhuset. DOAS har kontinuerlig registrering, og dataene ble logget som timemiddelverdier.

Et sammendrag av målinger av benzen og toluen i perioden oktober 1991-mars 1992 med DOAS-instrumentet er vist i henholdsvis Tabell 4 og Tabell 5.

I ettertid, og med dagens krav til akkreditering av måle- og analysemetoder, samt kvalitetssikring av måledata, er det overveiende sannsynlig at disse DOAS-målingene har gitt for høye konsentrasjoner både av benzen og toluen. For benzen synes problemet å være for høyt nullpunkt, som viser seg ved alt for høye konsentrasjoner om natten når utslippene er svært lave. For toluen synes det som utslagene (toppverdiene) er for høye, dvs. at det kan være feil i skaleringsverdiene. På denne bakgrunn vil vi i dag ikke legge alt for stor vekt på disse målingene av benzen og toluen.

Tabell 4: Sammendrag av benzenmålingene i perioden oktober 1991-mars 1992 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Stasjon	Måned	Månedsmiddel	Høyeste døgnmiddel	Ant. døgnmidler	Ant. døgnmidler		Høyeste time-middel	Ant. time-midler	Ant. timemidler	
					>40	>80			>50	>100
Strekningen Oslo helseråd-SAS-hotellet (DOAS 1)	Okt 1991	41	67	22	8	0	101	513	80	1
	Nov	41	70	29	11	0	109	689	134	7
	Des	46	69	23	17	0	123	555	166	4
	Jan 1992	51	102	31	21	4	180	734	267	35
	Feb	42	75	29	16	0	128	687	164	7
	Mar	36	46	31	4	0	74	730	66	0
	Okt-mar	43	102	165	77	4	180	3 908	877	54
Strekningen Oslo helseråd-Rådhuset (DOAS 2)	Okt 1991	23	48	16	1	0	88	296	13	0
	Nov	32	49	10	1	0	111	257	18	1
	Des	27	52	21	1	0	91	445	23	0
	Jan 1992	33	75	28	6	0	166	609	80	8
	Feb	26	43	25	1	0	78	535	36	0
	Mar	20	25	28	0	0	51	598	1	0
	Okt-mar	27	75	128	10	0	166	2 740	171	9

Tabell 5: Sammendrag av toluen-målingene i perioden oktober 1991-mars 1992 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Stasjon	Måned	Månedsmiddel	Høyeste døgnmiddel	Ant. døgnmidler	Ant. døgnmidler		Høyeste time-middel	Ant. time-midler	Ant. timemidler	
					>100	>250			>200	>500
Strekningen Oslo helseråd-SAS-hotellet (DOAS 1)	Okt 1991	90	314	22	6	1	706	486	50	8
	Nov	96	286	29	8	3	617	654	81	8
	Des	120	297	23	11	1	661	538	103	8
	Jan 1992	164	574	31	20	6	1 280	703	195	43
	Feb	101	305	29	10	1	691	640	94	8
	Mar	47	102	31	1	0	371	675	15	0
	Okt-mar	104	574	165	56	12	1 280	3 696	538	75
Strekningen Oslo helseråd-Rådhuset (DOAS 2)	Okt 1991	64	178	16	3	0	495	286	25	0
	Nov	68	229	10	1	0	467	253	23	0
	Des	80	194	21	5	0	476	422	43	0
	Jan 1992	110	402	28	13	4	584	584	102	11
	Feb	68	177	22	7	0	430	470	49	0
	Mar	21	70	22	0	0	304	436	3	0
	Okt-mar	71	402	119	29	4	584	2 452	245	11

#### 4.1.1 Benzen

Månedsmiddelverdiene varierte forholdsvis lite på hver av strekningene, men var høyere på strekningen til SAS-hotellet enn til Rådhuset, dvs. på den strekningen som hadde minst høyde over bakken. Dette antyder at biltrafikken er en viktig kilde til benzen (i motsetning til  $\text{SO}_2$ , hvor fyringsutslippene sannsynligvis har størst betydning).

Halvårsmiddelverdiene var  $43 \mu\text{g}/\text{m}^3$  på strekningen til SAS-hotellet og  $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$  på strekningen til Rådhuset. I årene 1981-1985 ble benzen målt ved Nordahl Bruns gate (takstasjon i bakgård) og i St. Olavs gate (gatestasjon). Vintermiddelverdiene varierte stort sett mellom  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  og  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ved Nordahl Bruns gate

og mellom 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  og 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  i St. Olavs gate. Verdiene vinteren 1991/92 på strekningen fra Oslo helseråd til SAS-hotellet var derfor litt høyere enn det som vanligvis ble målt ved Nordahl Bruns gate tidligere, men samtidig klart lavere enn i St. Olavs gate.

For øvrig henvises det til kommentarer i kapittel 4.1.

#### **4.1.2 Toluen**

Som for benzen var månedsmiddelverdiene høyere over målestrekningen til SAS-hotellet enn til Rådhuset, og forskjellen fra måned til måned var større enn for benzen.

Halvårsmiddelverdiene var 104  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  på strekningen til SAS-hotellet og 71  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  på strekningen til Rådhuset. I årene 1981-1985 var vintermiddelkonsentrasjonene 20-80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  i Nordahl Bruns gate og 80-190  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  i St. Olavs gate. Som for benzen var derfor verdiene av toluen på strekningen til SAS-hotellet høyere enn tidligere målinger i Nordahl Bruns gate, men samtidig lavere enn i St. Olavs gate.

For øvrig henvises det til kommentarer i kapittel 4.1.

#### **4.1.3 Hydrokarboner og aldehyder**

Vinteren 1992, sommeren 1992 og vinteren 1993 ble det tatt i alt 24 prøver av hydrokarboner og 18 prøver av aldehyder på utvalgte stasjoner. Prøvene ble tatt med prøvetakingstid fra 45 minutter til 90 minutter. Prøvene ble tatt dels i morgenrushtid og dels i ettermiddagsrushtid.

Prøvene av hydrokarboner ble analysert med hensyn på følgende 17 komponenter:

1. Etan
2. Eten
3. Acetylen
4. Propan
5. Propen
6. i-Butan
7. n-Butan
8. Sum butener
9. 2-Metylbutan
10. n-Pentan
11. Sum pentener
12. Sum heksaner
13. Benzen
14. Toluen
15. Etylbenzen
16. m- og p-xylen
17. o-xylen

Et sammendrag av målesresultatene er gitt i Tabell 6. Tabellen viser summen av hydrokarboner i hver av prøvene. Målingene viser at de høyeste konsentrasjonene



ble målt ved de mest trafikkbelastede stasjonene Strømsveien og Pilestredet, mens den minst trafikkerte stasjonen Skøyen hadde de laveste verdiene. Også Hovin er en lite trafikkeksponert stasjon.

Tabell 6: Konsentrasjoner av hydrokarboner (sum av 17 komponenter) vinteren 1992, sommeren 1992 og vinteren 1993 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Dato	Start-tidspunkt	Strømsveien	Pilestredet	Nordahl Bruns gt.	Hovin	Skøyen
11.02.1992	0830	607	499*	325		
26.02.1992	0730	360	307	90,7		
29.06.1992	0700	370		74,7	81,5	
30.06.1992	1500	196		91,8		63,4*
02.07.1992	0700	167			83,8	27,8*
22.02.1993	1530	469	870	312		
24.02.1993	0715	491	376	66,5		
02.03.1993	1730	734	835	195		

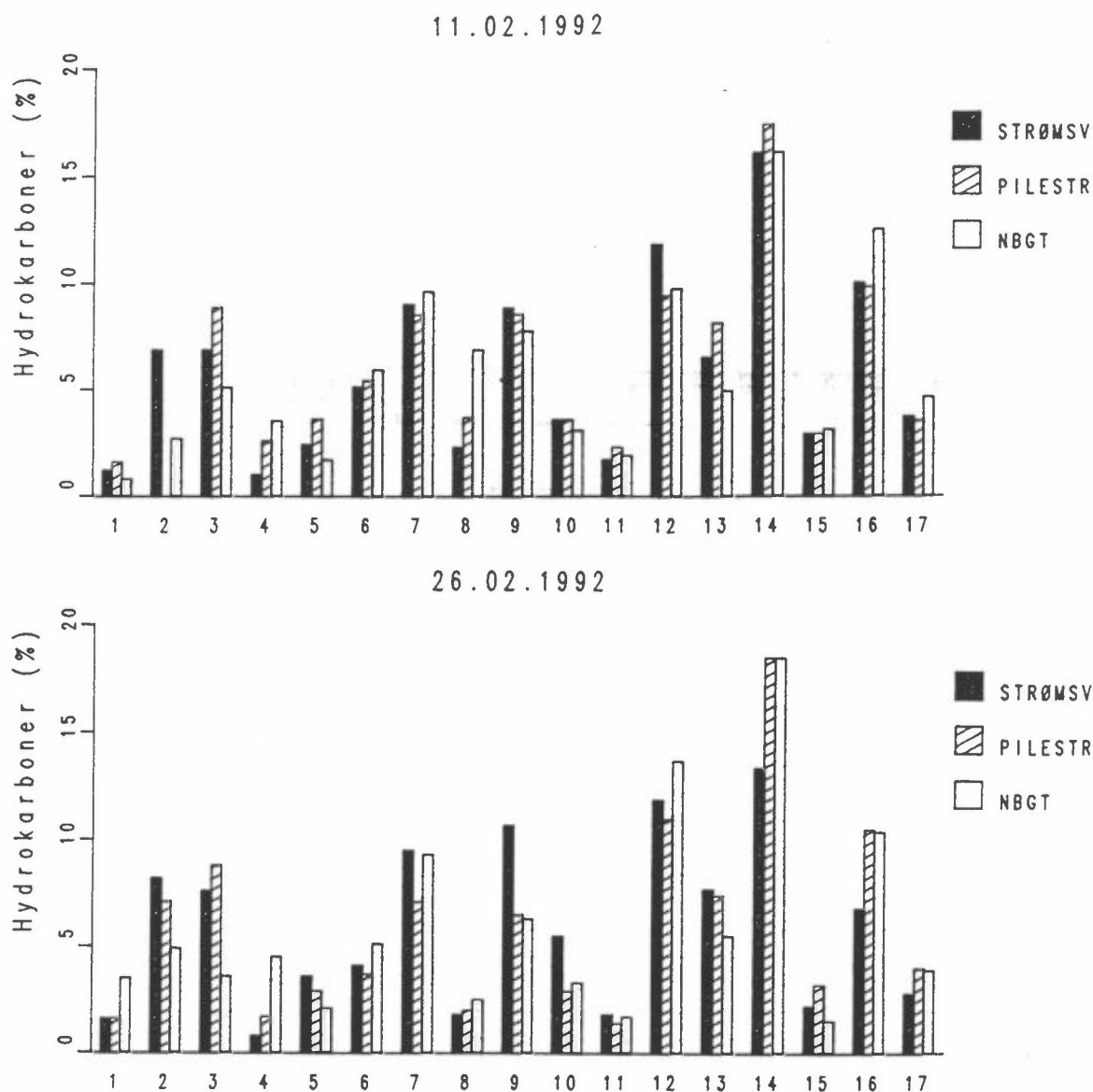
\* Eten mangler. Denne komponenten utgjør som oftest 5-8% av summen av hydrokarboner.

Figur 2 viser som eksempel den prosentvise sammensetningen av hver enkelt hydrokarbonprøve (profilen) fra prøvene i februar 1992. De forskjellige komponentene er definert i teksten foran. Profilene fra gatestasjonene var svært like og varierte også lite fra prøve til prøve på hver enkelt stasjon.

Den 11.2. og 26.2.1992 ble det tatt prøver ved Strømsveien, Pilestredet og Nordahl Bruns gate. Profilene disse to dagene var svært like på alle tre stasjonene. På alle tre stasjonene viste toluen den høyeste konsentrasjonen begge dagene. Toluen slippes ut ved forbrenning av bensin og oljeprodukter. Relativt sett var det omtrent like mye toluen på de tre stasjonene. De absolutte konsentrasjonene var imidlertid betydelig høyere på trafikkstasjonene Strømsveien og Pilestredet enn på taket i en bakgård i Nordahl Bruns gate. Dette viser at biltrafikken er hovedkilden til toluen. Siden profilene på de tre stasjonene var forholdsvis like disse dagene og de absolutte verdiene var høyest på gatestasjonene, antyder dette at biltrafikken er en viktig kilde til de fleste analyserte hydrokarbonene.

Prøvene fra sommeren 1992 viste klart lavere konsentrasjoner enn prøvene fra vinteren 1992 og vinteren 1993. Også sommerstid ble de høyeste konsentrasjonene målt ved gatestasjonen Strømsveien. Av enkeltkomponentene var toluen stort sett høyest også om sommeren.

Prøvene fra februar og mars 1993 viste konsentrasjoner på samme eller noe høyere nivå enn prøvene fra vinteren 1992. De høyeste verdiene ble igjen målt ved gatestasjonene. Profilene var forholdsvis like på alle tre stasjonene, men i særlig grad på de to gatestasjonene.



Figur 2: Hydrokarbonprofiler i prøver fra vinteren 1992 (11.02. og 26.02.) (%).

Mens profilene av hydrokarbonprøvene viser den relative mengden av 17 komponenter, har vi i Tabell 7 presentert konsentrasjonene i  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  for BTEX-komponentene. På grunn av få målinger blir gjennomsnittskonsentrasjonene selvfølgelig usikre, men forskjellen mellom gate-, tak- og bakgrunnsstasjoner kommer likevel tydelig fram.

Vintermålingene viser at de trafikkeksponerte stasjonene hadde 3-4 ganger høyere konsentrasjoner av BTEX enn takstasjonen Nordahl Bruns gate. Dette tyder på at biltrafikken er den dominerende kilden.

Sommerv verdiene i Nordahl Bruns gate var 2-3 ganger lavere enn vinterverdiene. Hovin og Skøyen hadde omtrent samme nivå som Nordahl Bruns gate om sommeren.

Tabell 7: *Middelkonsentrasjoner av BTEX i prøver tatt i morgen- og ettermiddagsrushet på ulike stasjoner i Oslo i februar 1992, juni 1992, juli 1992, februar 1993 og mars 1993 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).*

Stasjon	Periode	Antall prøver	Benzen	Toluen	Etylbenzen	m- og p-xylen	o-xylen
Strømsveien (sterkt eksponert gatestasjon utenfor sentrum)	Feb 92, feb 93, mar 93	5	36,5	93,5	15,5	56,5	19,0
	jun 92, jul 92	3	18,0	39,5	7,5	23,0	9,0
Pilestredet (gatestasjon i sentrum)	Feb 92, feb 93, mar 93	5	41,0	104,5	17,5	62,5	21,0
Nordahl Bruns gate (takstasjon, lite trafikk-eksponert)	Feb 92, feb 93, mar 93	5	10,0	31,5	4,5	16,0	6,5
	Jun 92	2	3,5	10,0	2,0	6,0	2,0
Hovin (områdestasjon utenfor sentrum, lite trafikk-eksponert)	Jun 92, jul 92	2	5,0	15,5	2,0	6,5	2,5
Skøyen (hovedgård) (bakgrunnsstasjon)	Jun 92, jul 92	2	2,0	11,0	3,0	9,0	2,0

## 4.2 Drammen

I Drammen ble det i november 1994 satt igang målinger av bl.a. benzen og toluen med DOAS-teknikk. Det måles over to strekninger på henholdsvis ca. 300 m (over sentrum) og ca. 660 m (fra Bragernes over elva til Strømsø). Målestrekningene er 12-17 m over bakkenivå og er således ikke direkte påvirket av utslippene i gatenivå.

Måleresultatene av benzen og toluen på halvårsbasis er vist i Tabell 8. Målingene viser ingen forskjell mellom vinter og sommer for middelerdi av benzen, mens toluennivået er betydelig lavere om sommeren. Forholdstallet mellom toluen og benzen er 3-4 vinterstid, mens det er rundt 1 om sommeren. Vanligvis pleier dette forholdstallet å være 2-3.

I en åtte-ukers periode fra november 1996 til januar 1997 ble det utført sammenliknende målinger mellom NILUs passive prøvetakere (Tenax) for BTEX og DOAS i Drammen. Seks passive prøvetakere ble plassert langs DOAS-målesøyfa over sentrum, samt en prøvetaker i gatenivå ved Engene, som er E134 retning Kongsberg.

Tabell 8: Måleresultater for benzen og toluen i Drammen i perioden november 1994-mars 1996 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Periode	Benzen				Toluen			
	Middel	Maks. måned	Maks. døgn	Maks. time	Middel	Maks. måned	Maks. døgn	Maks. time
Nov. 1994-mars 1995	12,2	14,9	46,5	114	48,5	58,7	23,5	503
April-aug. 1995	14,4	18,9	28,3	36,6	14,9	15,2	28,0	63,5
Okt. 1995-mars 1996	15	20	34	81	47	73	189	392

Gjennomsnittsverdiene fra denne sammenlikningen er gitt i Tabell 9. Det vil senere bli utarbeidet en egen rapport om denne sammenlikningen. Målingene med passiv prøvetaker på gatestasjonen i Engene viste benzen- og toluenverdier som var vel dobbelt så høye som det de passive prøvetakerne langs DOAS-sløyfa viste. Grunnen til avviket mellom DOAS og passive prøvetakere skal undersøkes nærmere ved også å trekke inn ytterligere en annen målemetode.

Tabell 9: Sammenliknende målinger mellom passive prøvetakere og DOAS i Drammen i åtte uker i perioden november 1996-januar 1997.

Komponent	DOAS strekning i Drammen sentrum		Gatestasjon i Engene
	Tenax	DOAS	Tenax
Benzen	8,5	12,2	18,6
Toluen	22,9	63,5	52,7

## 5. Målinger av BTX i andre land

### 5.1 Sverige

I det svenske tettstedsprogrammet er det gjennomført målinger av VOC med passive prøvetakere basert på Tenax adsorpsjonsrør de fire siste vintersesongene. I vinterhalvåret 1995/96 (1.10.1995-31.3.1996) omfattet målingene 28 tettsteder med en stasjon hvert sted. Målingene er tatt som gjennomsnitt over en uke. Analysene omfattet benzen, toluen, etylbenzen, mp-xylen, o-xylen, butylacetat, oktan og nonan.

I det svenske målenettet er det lagt stor vekt på at målingene i de ulike byene skal være sammenliknbare. Dette stiller strenge krav til stasjonsplasseringen. Det er opprettet stasjoner som

- har sentral beliggenhet (sentrum),
- har høy befolkningstetthet,
- ikke er påvirket av nærliggende kilder som boligoppvarming, trafikk, ventilasjonssystemer og liknende,

- har mulighet for å plassere luftinntaket 4-8 m over bakken uten for lang inn-taksslange.

Som oftest betegnes disse stasjonene som "ovan tak"-stasjoner. De representerer derfor ikke gatemiljø.

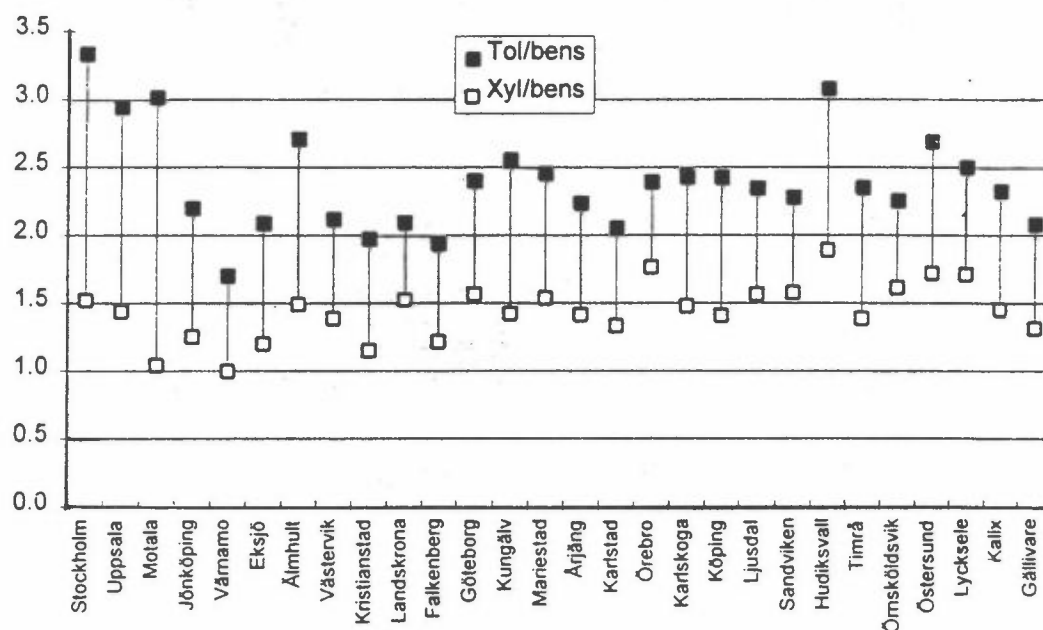
Datatilgangen i det svenske målenettet var ca. 94% vinteren 1995/96.

Tabell 10 viser halvårsmiddelverdier i 28 svenske tettsteder i vinterhalvåret 1995/96 for åtte VOC-komponenter, bl.a. benzen, toluen, etylbenzen og xylener. Disse "ovan-tak"-målingene viste relativt små variasjoner fra by til by. Middelerverdiene på halvårsbasis var 3,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  for benzen, 8,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  for toluen, 3,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  for m- og p-xylene, 1,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  for o-xylene og 1,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  for etylbenzen.

Tabell 10: Vinterhalvårsmiddelverdier av VOC i svenske tettsteder vinteren 1995/96 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Kommun	Benzen ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Toluen ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Oktan ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Butylac ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Etyl- benzen ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	mp- xylene ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	o-xylene ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Nonan ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Stockholm	4,0	13,2	0,3	0,9	1,3	4,4	1,6	0,3
Uppsala	3,2	10,2	0,2	0,2	1,0	3,4	1,3	0,2
Motala	2,1	8,1	0,2	0,2	0,5	1,6	0,6	0,2
Jönköping	2,6	5,6	0,2	0,2	0,6	2,3	0,8	0,4
Värnamo	2,4	4,0	0,2	0,1	0,5	1,7	0,6	0,2
Eksjö	2,7	5,6	0,2	0,2	0,7	2,4	0,8	0,2
Ålmhult	3,4	9,0	0,7	0,6	1,1	3,7	1,4	0,3
Västervik	2,9	6,2	0,2	0,2	0,9	2,9	1,1	0,2
Kristianstad	2,7	5,8	0,2	0,2	0,7	2,3	0,8	0,3
Landskrona	2,9	6,1	0,3	0,2	0,9	3,2	1,2	0,3
Falkenberg	2,8	5,5	0,2	0,2	0,7	2,5	0,9	0,2
Göteborg	4,2	10,3	0,3	0,2	1,4	5,0	1,7	0,3
Kungälv	3,7	10,8	0,4	0,2	1,2	4,2	1,5	0,4
Mariestad	3,7	9,1	0,3	0,2	1,2	4,2	1,5	0,8
Årjäng	4,1	9,5	0,3	0,2	1,3	4,4	1,6	0,2
Karlstad	3,3	6,8	0,3	0,2	0,9	3,2	1,2	0,3
Örebro	3,3	7,8	0,3	0,1	1,2	4,2	1,5	0,3
Karlskoga	4,6	12,1	0,3	0,2	1,5	5,3	1,9	0,2
Köping	3,7	9,8	0,5	0,2	1,1	3,8	1,4	0,3
Ljusdal	4,6	10,7	0,3	0,2	1,5	5,0	2,0	0,3
Sandviken	3,3	7,8	0,3	0,2	1,1	3,8	1,5	0,3
Hudiksvall	5,0	15,5	0,4	0,2	2,0	6,8	2,6	0,3
Timrå	3,1	7,8	0,2	0,2	0,9	3,0	1,2	0,2
Örnsköldsvik	3,5	7,9	0,3	0,1	1,2	4,1	1,5	0,3
Östersund	4,4	10,9	0,3	0,2	1,4	4,6	1,8	0,3
Lycksele	6,4	16,3	0,4	0,2	2,4	7,9	3,1	0,3
Kalix	4,4	10,8	0,3	0,2	1,4	4,7	1,7	0,2
Gällivare	2,8	5,9	0,2	0,2	0,8	2,7	1,0	0,2
Gjennomsnitt	3,6	8,9	0,3	0,2	1,1	3,8	1,4	0,3

I Figur 3 er det vist forholdstall mellom halvårsmiddelverdier (vinteren 1995/96) av henholdsvis toluen/benzen og sum xylener/benzen i svenske tettsteder. Figuren viser at det innbyrdes forholdet mellom de ulike komponentene varierer relativt lite mellom de enkelte tettstedene. Tas det hensyn til de målte konsentrasjonene, er det imidlertid en tendens til at stedene med de høyeste konsentrasjonene også har de høyeste forholdstallene.



Figur 3: Forholdstall toluen/benzen og sum xylener/benzen i svenske tettsteder i vinterhalvåret 1995/96.

I Karlstad og Uppsala ble det også målt på gatestasjoner i tillegg til "ovan-tak"-stasjonen vinteren 1995/96. Resultatene av disse målingene er vist i Tabell 11.

Resultatene antyder at konsentrasjonen av benzen er 2,1-3,1 ganger høyere i gatemiljø enn på de mer område-representative stasjonene. For toluen og sum xylener er de tilsvarende forholdstallene henholdsvis 2,5-4,1 og 1,7-4,6.

Tabell 11: Konsentrasjoner av benzen, toluen, og sum xylener på ulike stasjoner i Karlstad og Uppsala i vinterhalvåret 1995/96 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

By	Stasjon	Benzen	Toluen	Sum xylener
Karlstad	“Ovan tak”	3,3	6,8	4,4
	Drottninggatan (ÅDT = 7 200)	6,9	17,0	11,9
	Östra Torggatan (ÅDT = 10 700)	10,3	28,1	20,2
Uppsala	“Ovan tak”	3,2	10,2	4,7
	Kungsgatan (ÅDT = 20 000)	6,7	30,6	14,1

I følge det svenske petroleumsinstituttet var all bensin som ble solgt i Sverige i 1995 såkalt “miljø”-bensin (miljöklass 2). Det betyr at midlere benzeninnhold i bensin var 2,6-2,8% i 1995, mens den i 1993 var 3,3%. VOC-målinger i svenske byer startet i 1992/93. Målingene de fire siste vintrene viser reduserte nivåer i forhold til den første vinteren. Økte verdier igjen vinteren 1995/96 har sammenheng med kaldere vær og dårlige spredningsforhold enn i de foregående vintrene.

I Sverige brukes også DOAS-teknikk for målinger av BTX i en del svenske byer. I Tabell 12 er det tatt med resultater fra målingene ved noen av stasjonene i Göteborgsområdet for perioden januar-august 1996. Resultatene fra Mölndal og Järntorget er gjennomsnitt over flere strekninger. Gårda er en mobil stasjon plassert svært nær E6 mellom Mölndal og Göteborg sentrum. Målingene nær E6 på Gårda viser klart høyere konsentrasjoner enn i Mölndal og på Järntorget. Også Mölndal og Järntorget synes å ha noe høyere konsentrasjoner enn det passiv prøvetaking på bysentrumsstasjonen i Göteborg har.

Tabell 12: Månedsmiddelverdier av benzen, toluen og p-xylen målt med DOAS-teknikk på noen stasjoner i Göteborg i perioden januar-august 1996 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

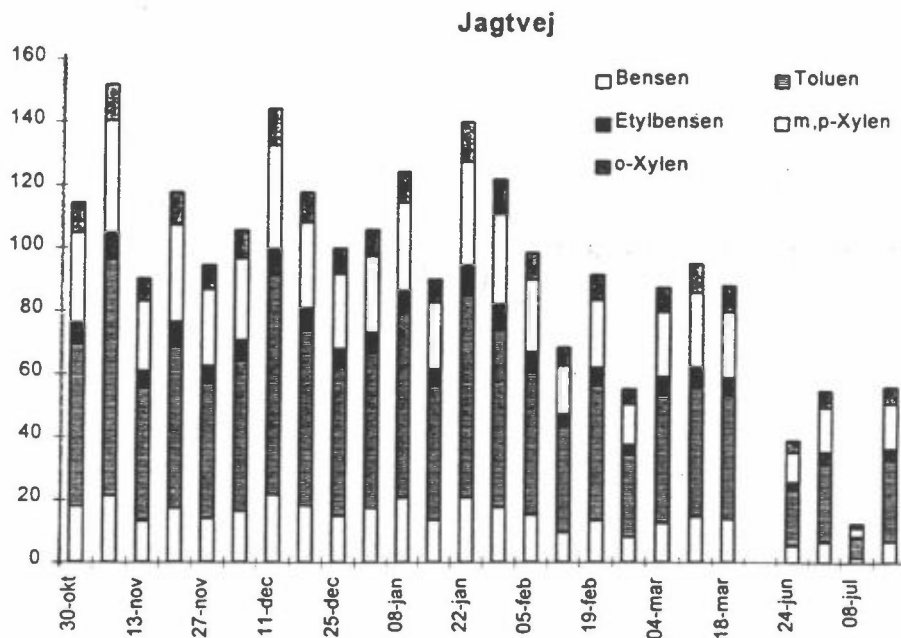
Komponent	Måned	Mölndal	Järntorget	Gårda (E6)
Benzen	Januar 1996	7,9		8,1
	Februar	6,0	6,7	13,9
	Mars			
	April			
	Mai	4,7	5,1	12,7
	Juni	5,0	7,6	13,8
	Juli	6,8	13,9	12,6
	August	5,2	6,6	6,8
	Januar-august	5,9	8,0	11,3
Toluen	Januar 1996	22,8		34,3
	Februar	25,9	13,2	32,1
	Mars	20,3	13,6	27,8
	April	21,8	15,5	32,9
	Mai	14,5	10,1	22,7
	Juni	16,4	11,9	28,4
	Juli	20,4	16,7	36,4
	August	20,0	12,5	21,8
	Januar-august	20,3	13,5	29,6
p-xylen	Januar 1996	5,4		
	Februar	4,3	2,9	
	Mars			
	April			
	Mai	7,1	5,5	
	Juni	4,5	3,6	
	Juli	8,8	4,7	
	August	3,3	2,3	
	Januar-august	5,6	3,8	

## 5.2 Danmark

I samarbeid mellom Institutet for vatten- og luftvårdforskning (IVL) i Göteborg og Danmarks miljøundersøgelser (DMU) er det også gjennomført målinger med passive prøvetakere (Tenax) ved Jagtvej i København i vinterhalvåret 1995/96. Måleresultatene (ukemiddelverdier) er vist i Figur 4. Belastningen ved Jagtvej er høyere enn ved de svenske målestasjonene. Dette har sammenheng med større trafikk og lavere andel katalysatorbiler i Danmark. Middelverdiene av benzen og toluen i perioden november 1995-mars 1996 var henholdsvis  $15,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  og  $48,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , dvs. omtrent samme verdier som NILUs målinger med passive prøvetakere på gatestasjonen Engene i Drammen viste i perioden november 1996-



januar 1997. Fire ukers sommermålinger antyder noe lavere nivå enn vinterstid i København.



Figur 4: Ukemiddelverdier av BTEX ved Jagtvej i København vinteren 1995/96 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

### 5.3 Belgia

I perioden januar-mars 1994 ble det gjennomført en omfattende målekampanje med passive prøvetakere for  $\text{NO}_2$  og BTX i Brussel. For  $\text{NO}_2$  var det ialt 200 målesteder, og 68 av disse ble valgt ut til BTX-målingene. BTX-målepunktene ble valgt ut for å være representative for langtidseksponering for mennesker. Det ble derfor valgt stasjoner i direkte nærhet til bebodde områder. Trafikkbelastede stasjoner ble unngått unntatt hvis det også var boligområder i området.

BTX ble målt i tre 14-dagers perioder i tidsrommet 22.1.-5.3.1994. Målingene omfattet benzen, toluen og m-xylen. Gjennomsnittsverdiene for alle 68 stasjonene er gitt i Tabell 13. Kart med isokonsentrasjonskurver er vist i Figur 5-Figur 7. Isolinjene er beregnet på grunnlag av interpolasjon av måleresultatene.

Midlere benzennivåer var mellom  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  og  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , men med noen områder på rundt  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tilleggsmålinger i en gate i et av områdene med  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  viste verdier på  $10\text{-}15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , med toppkonsentrasjoner over  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i de mest belastede timene.

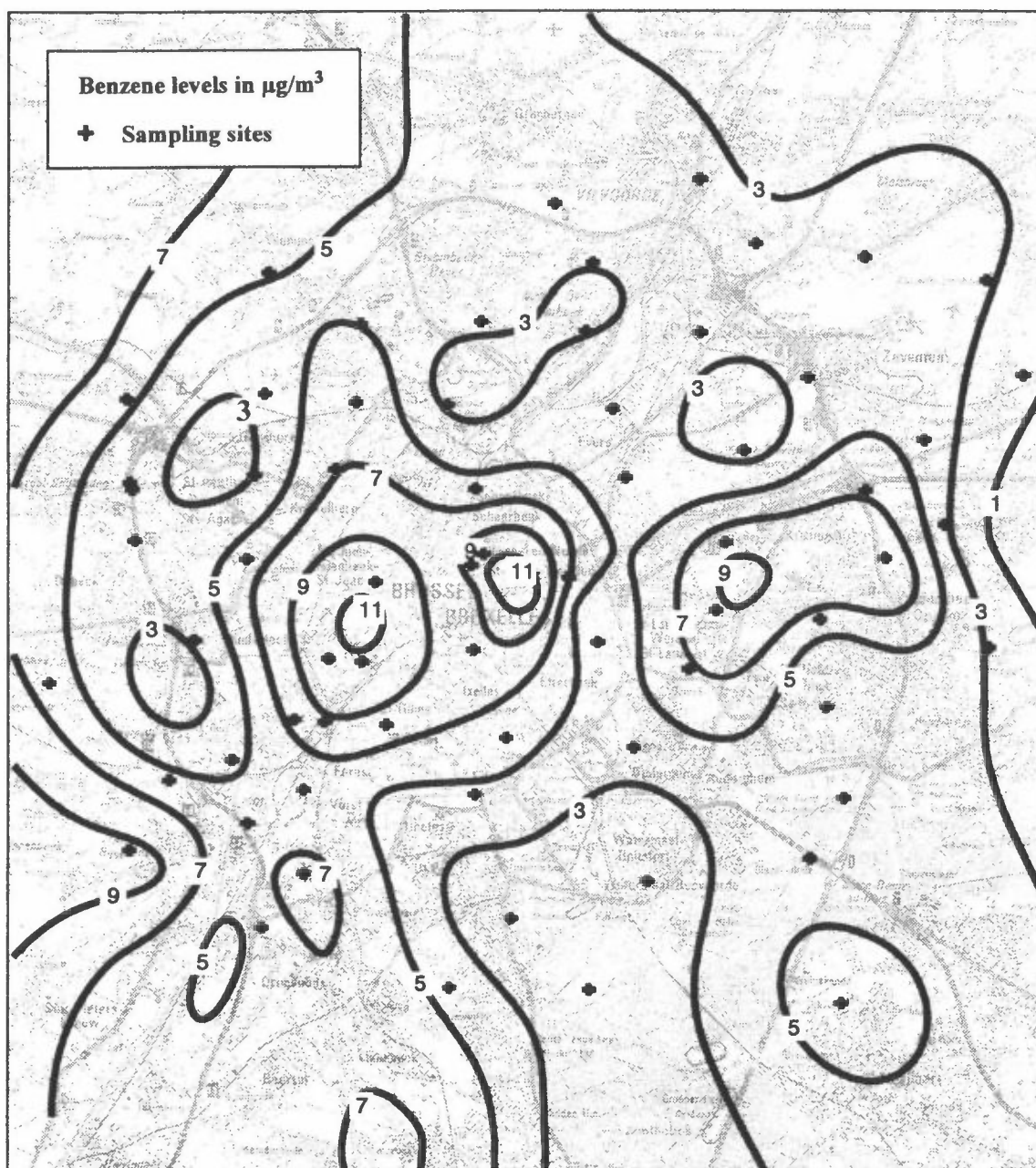
Tabell 13: Gjennomsnittskonsentrasjoner av benzen, toluen og m-xylen på 68 målesteder i Brussel i perioden 22.1.-5.3.1994 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Site number	Benzen	Toluen	m-xylen
8	4,14	12,31	5,14
10	5,69	10,23	4,36
13	2,80	6,67	3,50
14	6,07	14,55	5,50
23	3,31	6,14	4,14
24	3,07	4,54	3,84
26	4,50	10,19	4,87
28	4,49	13,04	6,28
30	2,54	6,87	3,18
31	3,93	8,49	4,91
36	3,53	6,69	4,42
44	3,97	8,49	4,97
46	1,59	4,52	1,99
47	6,24	13,11	5,22
50	6,31	30,87	11,00
52	2,49	8,92	4,42
54	4,36	13,23	6,57
70	2,34	9,85	4,86
72	3,62	12,20	4,52
73	3,88	9,19	3,96
75	2,90	7,70	3,62
77	6,79	25,04	6,87
79	6,12	29,53	13,44
82	3,69	8,31	4,61
84	6,73	15,60	3,15
95	9,99	17,58	7,19
95	6,34	16,92	7,14
97	2,42	9,03	3,55
98	3,89	13,29	5,50
100	6,36	13,16	6,57
102	11,26	48,34	17,35
104	8,55	24,87	10,06
105	11,31	24,93	9,47
106	5,21	14,93	6,27
110	8,02	12,59	4,79
125	2,08	9,14	4,67
127	8,97	19,49	8,62
130	7,36	23,60	9,41
131	4,53	14,12	6,32
134	3,44	7,17	3,20
136	2,60	7,20	3,12
137	8,03	20,54	4,16
145	5,24	13,64	5,21
148	5,67	25,73	10,46
150	4,81	12,37	5,67

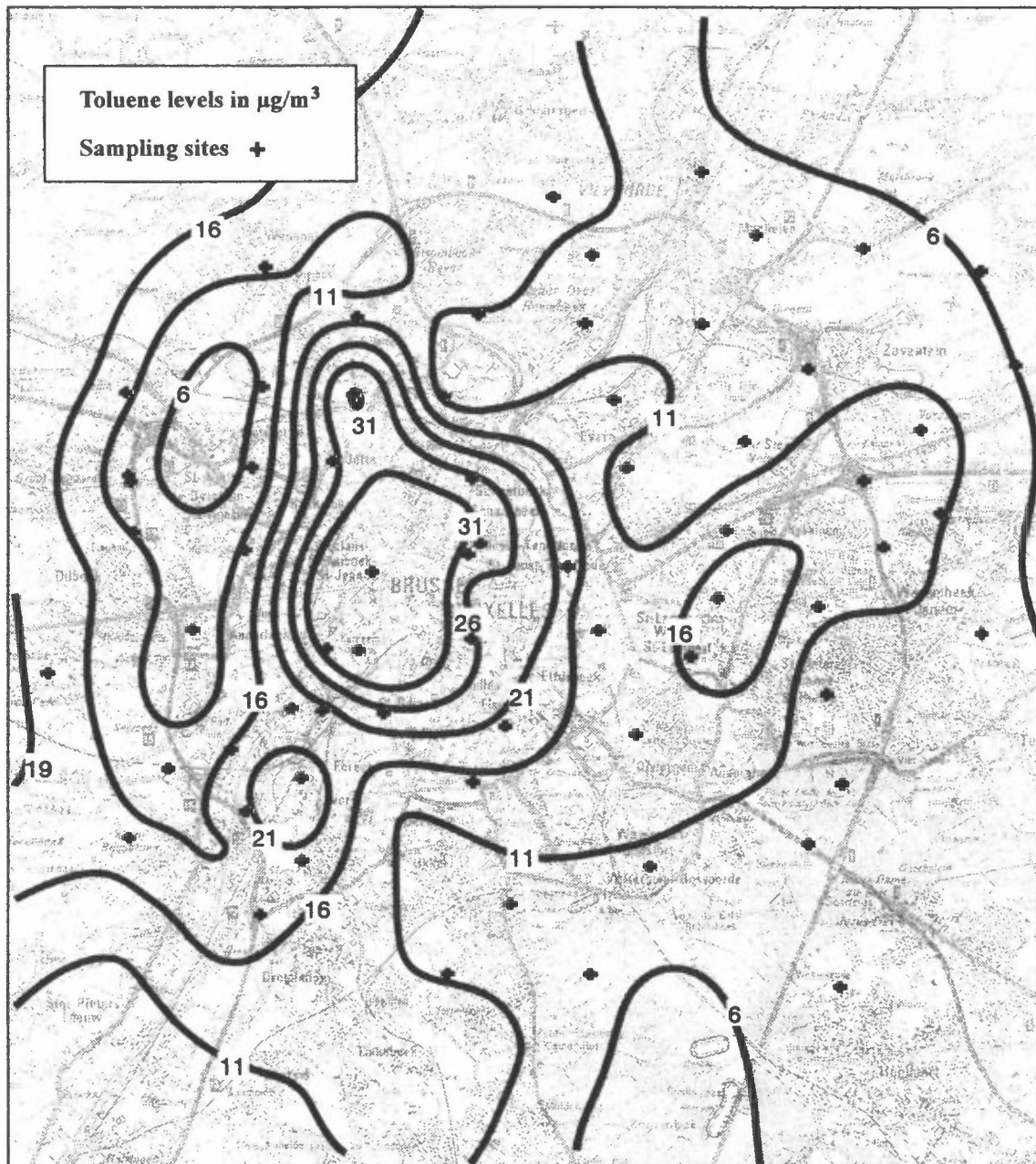
Tabell 13 forts.

Site number	Benzen	Toluen	m-xylen
155	4,26	9,47	3,55
157	6,27	16,15	7,84
160	3,96	12,83	5,13
161	2,04	11,44	5,10
165	9,04	17,01	5,86
166	7,67	17,80	6,28
170	4,43	6,40	2,36
176	7,98	18,80	6,68
178	2,18	9,71	4,54
179	4,86	18,04	5,23
182	6,86	11,07	3,66
183	6,67	12,47	4,68
185	2,31	5,19	2,89
186	5,62	8,30	4,58
189	3,68	8,46	3,70
192	8,00	13,87	4,63
193	5,67	11,25	3,73
195	6,57	12,07	4,58
196	1,55	4,93	1,94
197	4,09	8,31	5,12
198	3,80	12,55	4,39
200	2,79	5,85	3,49
205	10,65	25,49	9,75

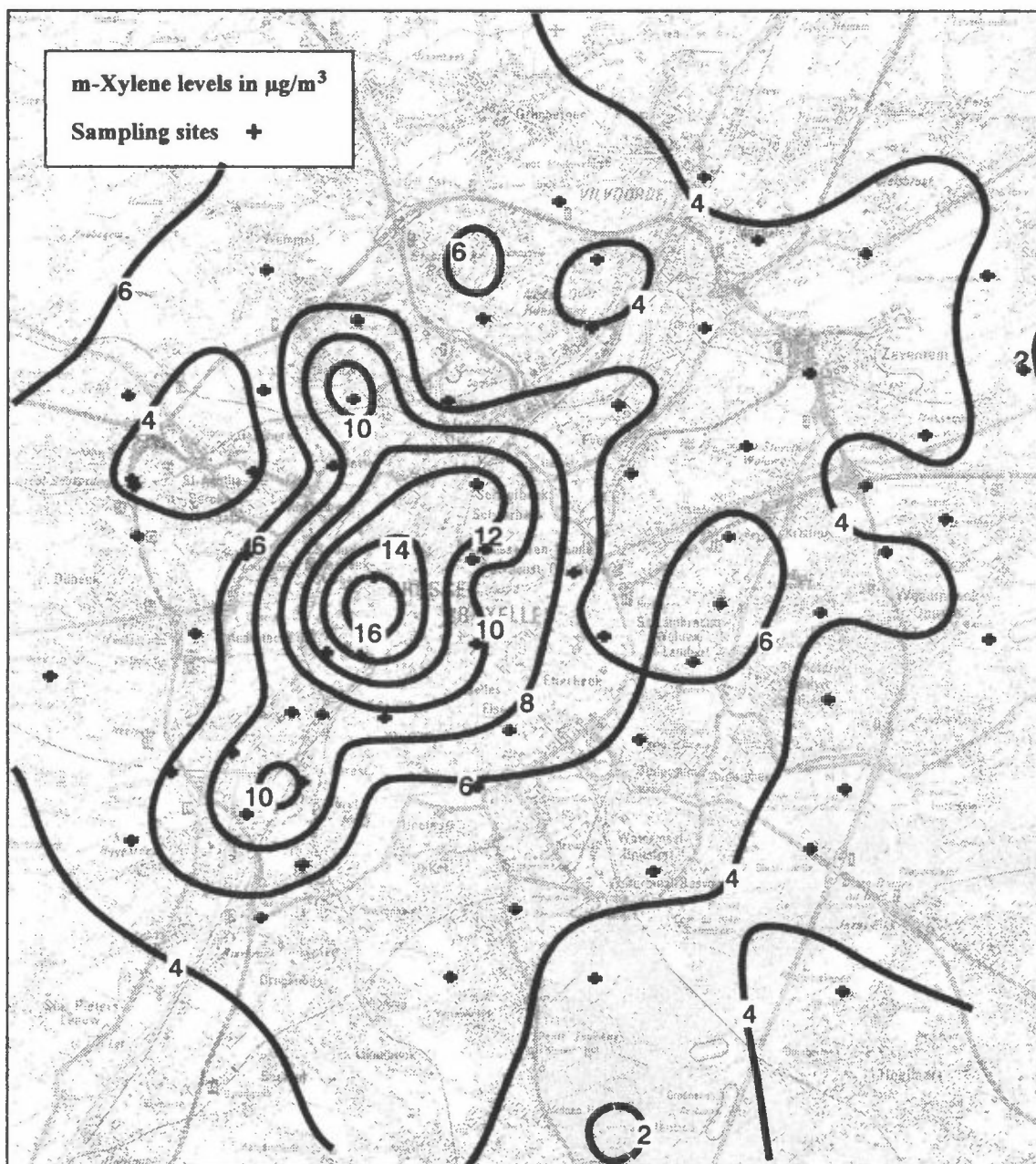
For toluen og m-xylen viser isolinjekartene fordelingsmønstre som er sammenliknbare med benzenfordelingen. De mest belastede områdene hadde konsentrasjoner på 31 µg/m<sup>3</sup> for toluen og 16 µg/m<sup>3</sup> for m-xylen. Forholdstallene mellom toluen/benzen (3,0) og m-xylen/benzen (1,2) var temmelig konstant over hele undersøkelsesområdet.



Figur 5: Fordeling av konsentrasjoner av benzen i Brussel i perioden 22.1.-5.3.1994 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



Figur 6: Fordeling av konsentrasjoner av toluen i Brussel i perioden 22.1.-5.3.1994 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



Figur 7: Fordeling av konsentrasjoner av m-xylen i Brussel i perioden 22.1.-5.3.1994 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

## 5.4 Tyskland

Som eksempel på BTX-målinger i Tyskland har vi tatt med måleresultater fra delstaten Niedersachsen for 1993. Ved to gatestasjoner (Hannover) og en bybakgrunnsstasjon (Braunschweig) blir det målt med kontinuerlig registrerende instrumenter (halvtimeverdier). Ved alle de ca. 40 målestasjonene i delstaten blir det brukt passive prøvetakere på månedsbasis. Tabell 14 gir måleresultater ved de tre stasjonene med kontinuerlig registrerende måleinstrumenter i 1993. I Hannover var årsmiddelkonsentrasjonene rundt  $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for benzen og rundt  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for toluen.

Tabell 15 gir måleresultater fra stasjonene med passive prøvetakere. Av de 40 operative stasjonene var det 19 som hadde målinger minst 10 måneder i året. Gjennomsnittsverdier for 16 av disse stasjonene (tre sterkt trafikkeksponeerte stasjoner utelatt) var  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for benzen,  $4,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for toluen og  $3,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for sum av p-, m- og o-xylen. Gatestasjonene hadde betydelig høyere verdier.

Tabell 14: Månedsmiddelverdier og 98-prosentilverdier (av halvtimeverdier) av benzen og toluen ved stasjoner i Hannover og Braunschweig i 1993 (kontinuierlige målinger) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

1993 Måned	Hannover/Linden Göttinger strasse (gate)				Hannover südstatt Sallstrasse (gate)				Braunschweig/City Bohlweg (bybakgrunn)			
	Benzen		Toluen		Benzen		Toluen		Benzen		Toluen	
	Middel	98-prosentil	Middel	98-prosentil	Middel	98-prosentil	Middel	98-prosentil	Middel	98-prosentil	Middel	98-prosentil
Januar	13	40	27	93	13	40	29	115				
Februar	19	56	40	118	22	59	41	133				
Mars	12	35	28	94	12	43	21	86				
April	8	27	20	64	12	39	29	95				
Mai	10	30	25	74	11	38	28	107				
Juni	13	38	26	74	12	33	30	92				
Juli	12	27	24	65	13	34	34	97				
August	12	31	30	82	15	43	37	105				
September	11	34	23	76	13	43	34	113				
Oktober	14	36	28	81	14	53	33	135	17	56	53	179
November	14	32	26	69	12	40	23	95	22	64	42	139
Desember	13	31	27	67	12	36	28	89	23	64	54	159
Middel	13	36	27	83	13	44	31	110	(21)	(61)	(49)	(158)



Tabell 15: Årsmiddelverdier og maksimale månedsmiddelverdier av benzen, toluen og sum xylener ved målestasjoner i Niedersachsen med minst 10 måneders data i 1993 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Data fra Halle i Sachsen-Anhalt og Leipzig i Sachsen er også tatt med.

By/tettsted	Stasjonsnavn	Områdebeskrivelse	Benzen		Toluen		Sum xylener	
			Årsmiddel	Maks. månedsmiddel	Årsmiddel	Maks. månedsmiddel	Årsmiddel	Maks. månedsmiddel
Braunschweig/City	Schlosspark	Indre by/sentrum	3,7	5,1	6,3	13,1	5,6	10,3
Braunschweig/Broitzem	Am Fernmeldeturm	Utenfor sentrum	2,5	3,9	3,4	4,7	3,1	4,0
Duderstadt	Carl Biermann Strasse	Boligområde	2,6	5,3	3,9	7,5	3,1	3,8
Göttingen	Albrecht Thaer Weg	Boligområde	2,9	5,5	4,0	6,3	3,7	7,9
Halle/Saale	Lenin Park	Boligområde	4,0	7,6	5,4	8,7	6,4	9,8
Herzberg	Am Juessee	Boligområde	2,5	5,2	3,4	5,7	3,1	4,1
Hildesheim	An der Feuerwache	Sentrum/gatekryss	6,4*	9,9*	12,6*	17,5*	13,0*	19,4*
Hannover/City	Wellenplatz	Indre by/sentrum	3,4	5,2	6,2	7,3	4,8	6,7
Hannover/Linden	Göttinger Strasse	Boligområde, 32 m over bakken	3,1	4,2	4,3	5,0	3,6	4,8
Hannover/Linden	Göttinger Strasse*	Gate med tette fasader på begge sider	10,0*	12,7*	21,9*	26,4*	24,1*	28,4*
Hannover/Südstadt	Sallstrasse*	Gate med tette fasader på begge sider	11,9*	19,6*	28,4*	47,4*	29,4*	51,3*
Leipzig	Alex. Schleim Platz	Boligområde	4,9	9,0	7,7	11,7	7,7	13,3
Oker/Harlingerode	Bei der Eiche	Boligområde, industriområde	2,3	3,6	3,5	4,6	<3,0	<3,0
Oker	Im Schleeke	Boligområde, industriområde	2,7	4,2	4,1	6,5	4,9	8,2
Bad Harzburg	Kurpark	Boligområde	2,0	2,1	3,1	3,8	<3,0	<3,0
Osnabrück	Bomblatstrasse	Utenfor sentrum	2,7	3,8	3,8	5,2	<3,0	<3,0
Peine/Ilse	Am Silberkamp	Boligområde	2,9	4,3	3,7	4,5	3,1	3,9
Ilse-Olsburg	Schwarzer Weg	Boligområde	2,9	4,4	3,5	4,5	3,1	4,2
Wolfenbüttel	Am Hallenbad	Boligområde	3,3	4,5	5,2	7,4	3,6	5,8
Middel for 16 stasjoner	Stasjoner merket * ikke med		3,0	4,9	4,5	6,7	3,8	5,7

\* Stasjoner i gater med stor trafikk og tette fasader på begge sider eller ved veikryss.

## 5.5 Nederland

Måleresultater av benzen i det nederlandske landsomfattende målenettet for 1993 og 1994 er vist i Tabell 16.

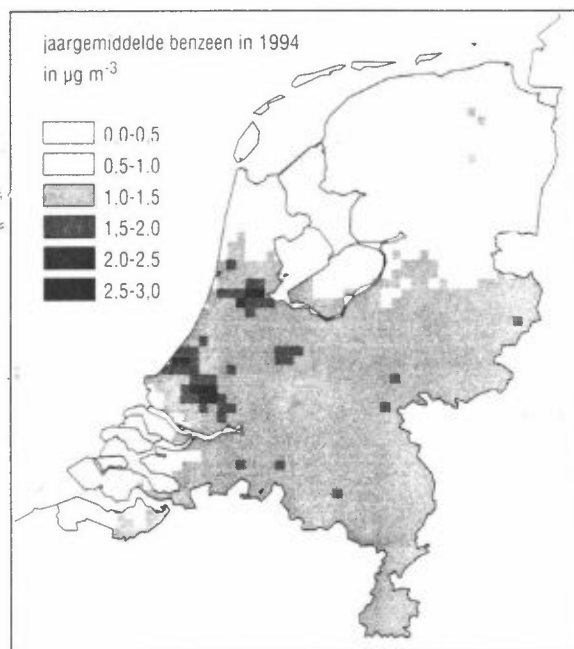
Tabell 16: Benzenkonsentrasjoner på ulike målestasjoner i Nederland i 1993 og 1994 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Type stasjon	Stasjon	1993		1994	
		Årsmiddel	Høyeste ukemiddel	Årsmiddel	Høyeste ukemiddel
Regionale stasjoner (bakgrunn)	Wijnandsrode	1,4	5,7	1,3	2,7
	Houtakker	1,4	4,8	1,3	3,0
	Zegveld	1,1	2,9	1,0	1,8
	Huijbergen	2,1			
	Moerdijk	2,1			
	Vredepeel	1,4			
	Braakman	0,7	3,2	1,2	2,6
	Witteveen	0,8	2,5	0,8	2,4
Bybakgrunnsstasjoner	Rotterdam sentrum	3,1	5,2	2,4	4,3
	Dordrecht	2,4	7,5	2,5	6,6
	Schiedam	4,7		3,3	
Gatestasjoner	Eindhoven-Genovevalaan	5,8	10,0	5,1	11,0
	Utrecht-Wittevrouwenstraat	3,8	8,1	4,0	8,1
	Apeldoorn-Stationsstraat	3,9	11,0	3,5	7,6
	Amsterdam-Pr. Bernhardplein	4,6			
	Amsterdam-Stadhouderskade	8,3		8,7	
	Amsterdam-Van Diemenstraat	6,4		6,8	
	Rotterdam-Statenvweg			8,4	

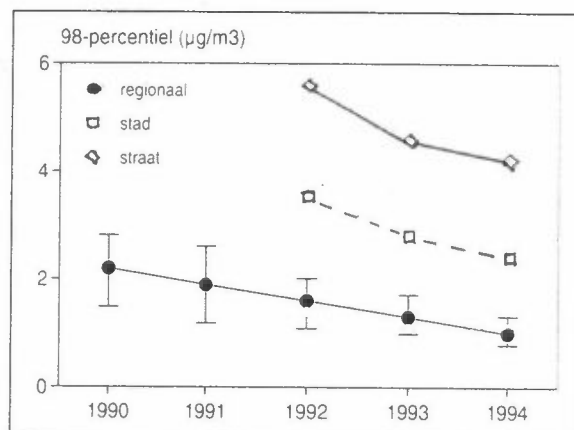
Målingene viser de høyeste konsentrasjonene ved gatestasjonene og de laveste ved de regionale stasjonene (bakgrunnsstasjonene).

Figur 8 viser årsmiddelkonsentrasjoner av benzen for 1994 basert på modellberegninger i et rutenett på  $5 \times 5 \text{ km}^2$ . I de nordlige områdene varierte årsmiddelkonsentrasjonene mellom  $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  og  $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . I de midtre og søndre delene var middelverdiene mellom  $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  og  $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . I enkelte byområder var middelverdiene mellom  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  og  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Modellberegningene (og målingene) viser en betydelig nedgang i konsentrasjonsnivået siden 1990, se Figur 9. På de regionale stasjonene er nivået av benzen redusert fra  $2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i 1990 til  $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i 1994. I byene og på gatestasjoner er også nivået betydelig redusert. Som den viktigste årsaken til dette pekes det på effekten av treveiskatalysatorer i bilene.

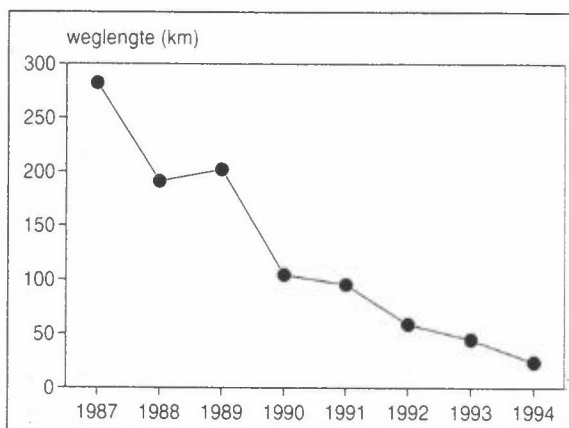


Figur 8: Årsmiddelkonsentrasjoner av benzen i Nederland i 1994 basert på modellberegninger ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



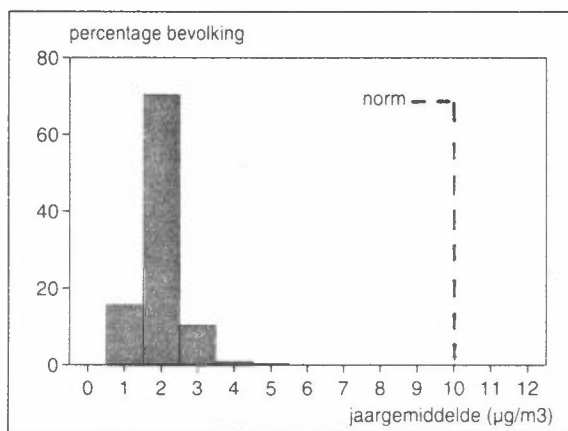
Figur 9: Årsmiddelkonsentrasjoner (modellberegninger) av benzen i Nederland (regionalt, bystasjoner og gater) i perioden 1990-1994 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Den nederlandske grenseverdien på  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  overskrides kun i de mest trafikkerte gatene. Modellberegninger viser (Figur 10) at antall km veilengde med overskridelse av årsgrenseverdien for benzen på  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  er redusert fra ca. 300 km i 1987 til 24 km i 1994.



Figur 10: Beregnet antall km veilengde hvor grenseverdien for årsmiddelverdi av benzen på  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  er overskredet i Nederland i perioden 1987-1994.

Figur 11 viser at nesten hele den nederlandske befolkningen er eksponert for årsmiddelkonsentrasjoner av benzen under  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Bare 0,3% er eksponert for mer enn  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Disse bor i sterkt trafikkerte gater med husrekker på begge sider.



Figur 11: Befolkningseksposering for benzen (årsmiddelkonsentrasjon) i Nederland (1994).

## 5.6 Storbritannia

Storbritannia har et "Automatic Hydrocarbon Monitoring Network" som ved utgangen av 1995 besto av i alt 11 stasjoner i 10 byer. London har to stasjoner, en gatestasjon og en stasjon utenfor sentrum (suburban). De øvrige stasjonene er områderepresentative bybakgrunnsstasjoner (urban background).

Målingene utføres med kontinuerlig registrerende gaskromatografi (Crompack VOCAIR system), og måleresultatene presenteres som timemiddelverdier. I alt måles det 25 komponenter som vist i tabellen nedenfor.

Tabell 17: VOC-komponenter inkludert i måleprogrammet i Storbritannia.

Ethane	trans-2-butene	Hexane
Ethene (ethylene)	1,3-Butadiene	Heptane
Ethyne (acetylene)	2-Methyl-1,3-butadiene (isoprene)	Benzene
Propane	2-Methylbutane (i-pentane)	Methylbenzene (toluene)
Propene (propylene)	Pentane	Ethylbenzene
2-Metylpropane (i-butane)	cis-2-Pentene	1,2-Dimethylbenzene (o-xylene)
Butane	trans-2-Pentene	1,4-Dimethylbenzene (p-xylene)
1-Butene	2-Methyl Pentane	
cis-2-Butene	3-Methyl Pentane	

Data for de to kjente karsinogene stoffene, benzen og 1,3-butadien, er tilgjengelig on-line for publikum via text-TV og internett. I det følgende gis det et sammendrag av målingene for 1994, da data for åtte stasjoner var tilgjengelig.

Et sammendrag av timemiddelverdier av benzen for 1994 er vist i Tabell 18. Verdiene er regnet om fra ppb til  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ved å bruke  $1 \text{ ppb} = 3,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Årsmiddelverdiene varierte fra  $2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i Edinburgh til  $5,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ved gatestasjonen i London. Relativt høyt benzennivå i Middlesbrough skyldes antagelig lokale industriutslipp.

En "Expert Panel on Air Quality Standards"-gruppe nedsatt av Miljøverndepartementet (DoE) har foreslått grenseverdier/retningslinjer for benzen:

- $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (5 ppb), retningslinje for helse, løpende årsmiddelverdi.
- $3,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (1 ppb), målsetning, løpende årsmiddelverdi.

Retningslinjen for helsevirkninger overholdes derfor med god margin, men målsetningsverdien (Target Value) overskrides på de fleste stasjonene.

Tabell 18: Årsstatistikk for benzen i Storbritannia i 1994.

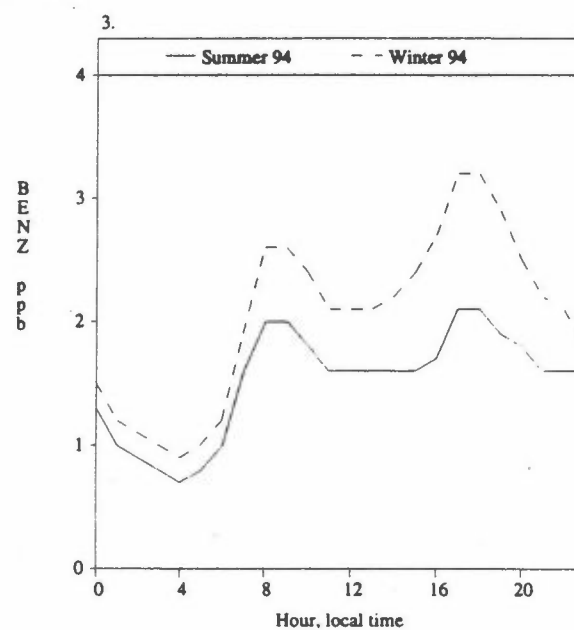
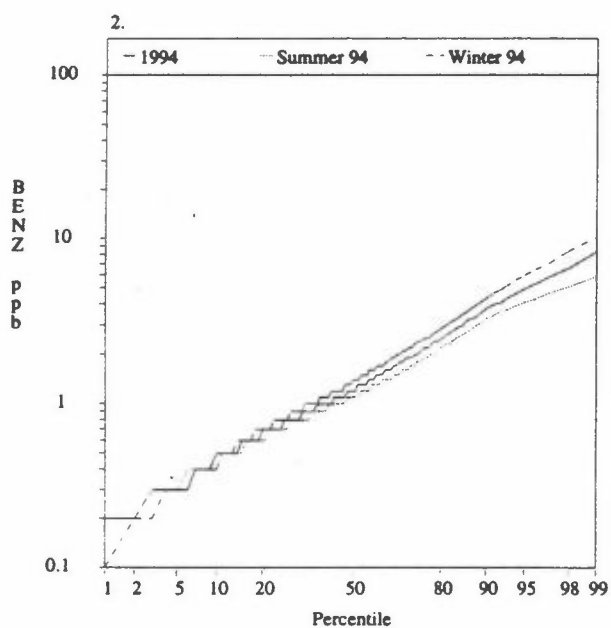
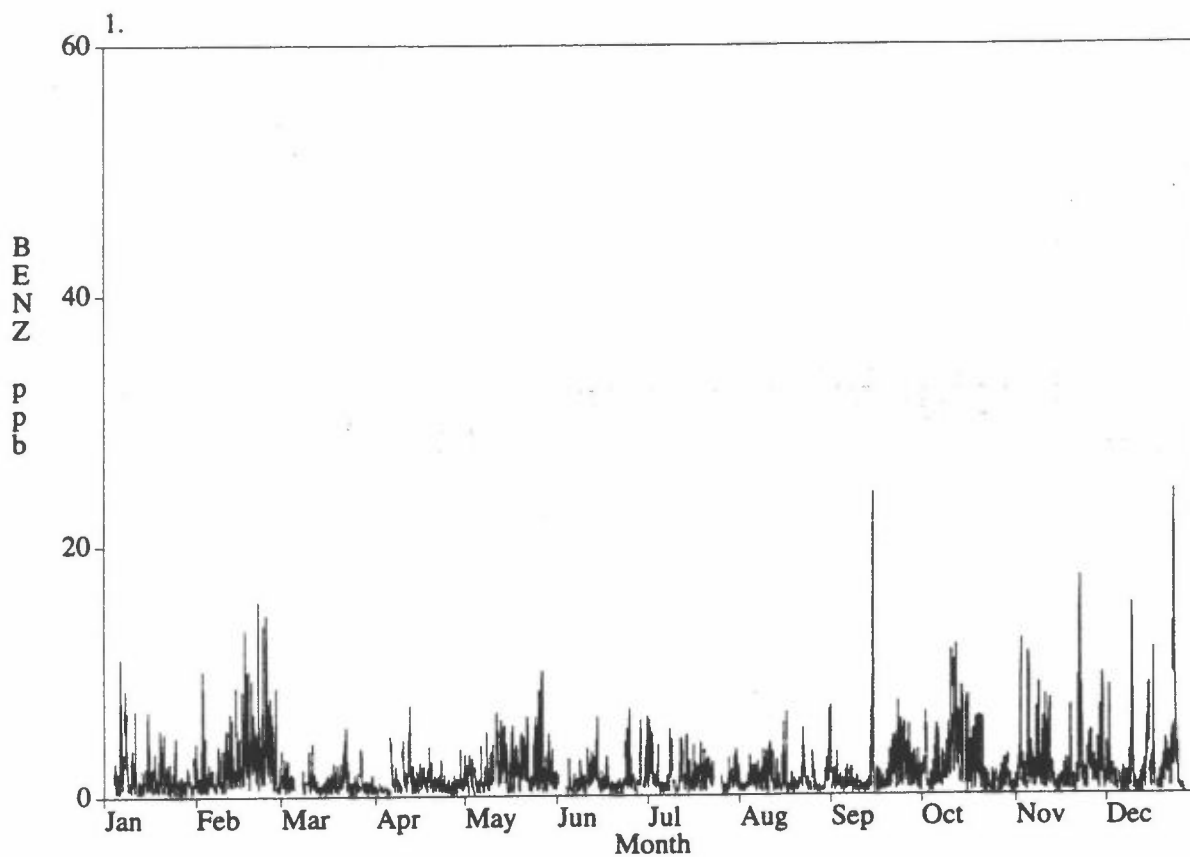
Stasjon	Type stasjon	Årsmiddelverdi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Medianverdi (time) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	98-prosentil- verdi (time) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Maks. timeverdi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Maks. løpende 8-timersverdi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Antall timer over 16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Birmingham East	Bybakgrunn	3,2	1,9	17,0	97,0	83,8	191
Middlesbrough	Bybakgrunn	4,2	2,6	20,2	142,7	69,8	189
London UCL	Gate	5,8	3,8	21,4	77,8	62,1	407
London Eltham	Utenfor sentrum	3,5	2,6	15,4	43,2	33,6	137
Edinburgh Med.Sch.	Bybakgrunn	2,2	1,6	9,3	34,2	23,4	33
Belfast South	Bybakgrunn	3,5	2,2	17,3	84,2	63,0	198
Cardiff East	Bybakgrunn	4,8	3,2	19,8	90,2	45,1	275
Bristol East	Bybakgrunn	3,5	2,2	15,7	43,8	26,2	108

Figur 12 viser tidsserier av timemiddelverdier, kumulativ frekvensfordeling og variasjon over middeldøgnet for benzen ved gatestasjonen i London. På årsbasis var omtrent 5% av timemiddelverdiene over  $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (5 ppb). Variasjonen over døgnet antyder klart at biltrafikken er hovedkilden. I 1994 ble den høyeste middelverdien målt kl 17-18 om vinteren til ca.  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (ca. 3,2 ppb), mens nivået kl 04 om morgenen om vinteren var ca.  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (ca. 1 ppb).

Et sammendrag av timemiddelverdier av 1,3-butadien for 1994 er vist i Tabell 19. Verdiene er regnet om fra ppb til  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ved å bruke  $1 \text{ ppb} = 2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Årsmiddelverdiene varierte fra ca.  $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i Edinburgh og Bristol til ca.  $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ved gatestasjonen i London. Relativt høyt nivå i Middlesbrough skyldes antagelig lokale industriutslipp.

En ekspertgruppe nedsatt av Miljøverndepartementet (DoE) har foreslått en retningslinje for helsevirkninger på  $2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (1 ppb) som løpende årsmiddelverdi. Denne retningslinjen ble overholdt på alle stasjonene i 1994. Gatestasjonen i London hadde den høyeste årsmiddelverdien med  $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Figur 13 viser tidsserier av timemiddelverdier, kumulativ frekvensfordeling og variasjon over middeldøgnet for 1,3-butadien ved gatestasjonen i London. Rundt 5% av timemiddelverdiene var over  $2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (1 ppb). Som for benzen antyder variasjonen over døgnet at biltrafikken er hovedkilden. Middelkonsentrasjonen i ettermiddagsrushet var rundt tre ganger høyere enn i de minst belastede timene om natten.



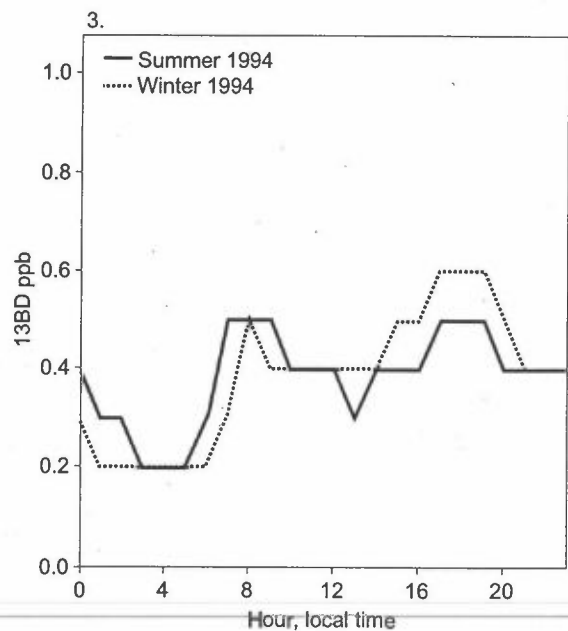
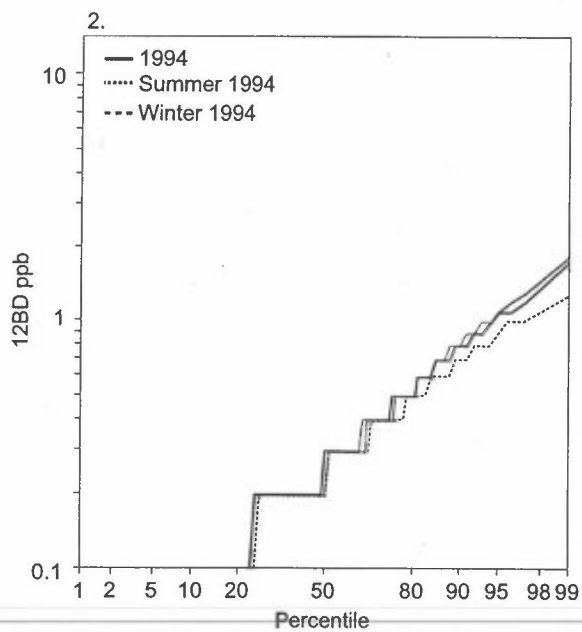
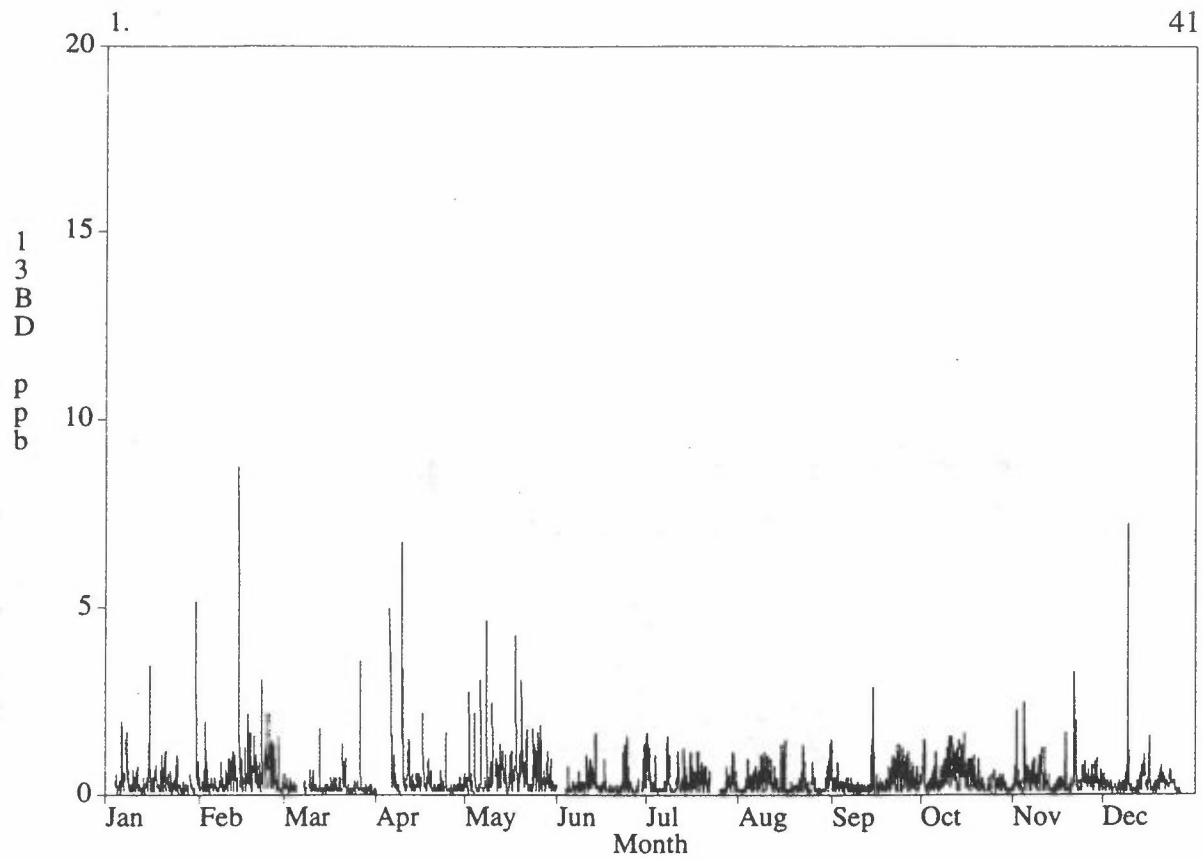
### London UCL Benzene 1994

1. Time Series of Hourly Average Concentrations
2. Cumulative Frequency Distribution
3. Diurnal Average Concentrations



Tabell 19: Årsstatistikk for 1,3-butadien i Storbritannia i 1994.

Stasjon	Type stasjon	Årsmiddelverdi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Medianverdi (time) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	98-prosentil- verdi (time) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Maks. timeverdi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Maks. løpende 8-timersverdi ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Antall timer over 2,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Birmingham East	Bybakgrunn	0,4	0,2	2,6	14,7	11,9	270
Middlesbrough	Bybakgrunn	0,7	0,2	4,8	38,1	10,1	275
London UCL	Gate	0,9	0,7	3,1	19,4	9,7	530
London Eltham	Utenfor sentrum	0,4	0,2	2,6	7,7	5,7	226
Edinburgh Med.Sch.	Bybakgrunn	0,2	0,2	1,1	4,8	3,1	26
Belfast South	Bybakgrunn	0,4	0,2	2,2	12,1	10,3	178
Cardiff East	Bybakgrunn	0,7	0,4	2,9	22,2	7,5	283
Bristol East	Bybakgrunn	0,2	0,4	2,0	5,9	3,3	65

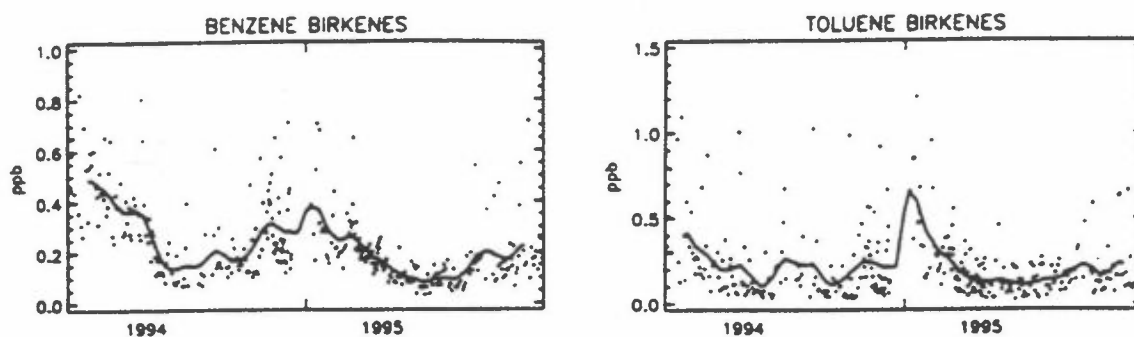


### London UCL 1,2 Butadiene 1994

1. Time Series of Hourly Average Concentrations
2. Cumulative Frequency Distribution
3. Diurnal Average Concentrations

### 5.7 Langtransporterte forurensninger

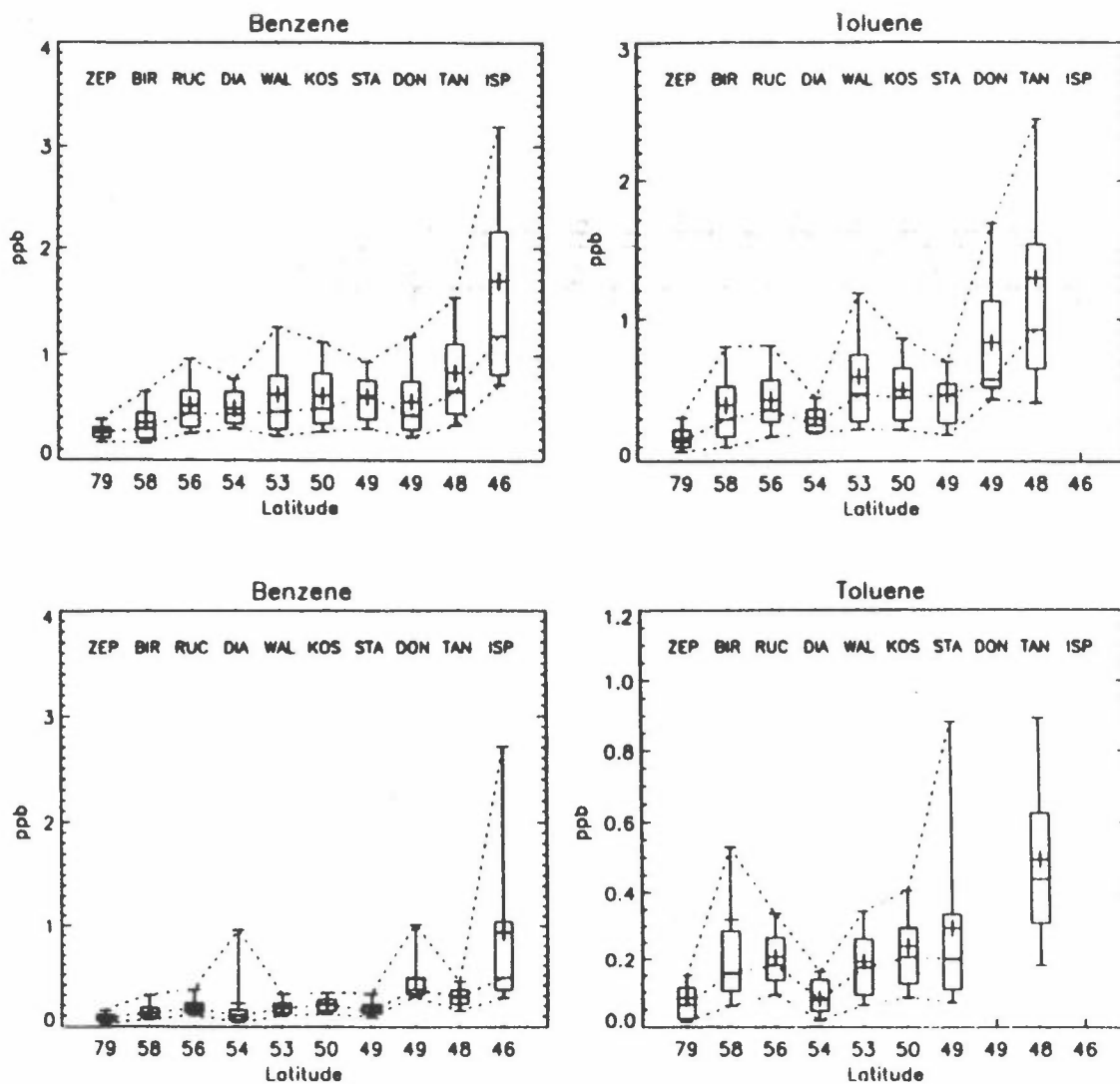
En del flyktige organiske forbindelser, bl.a. benzen og toluen, måles i EMEP-nettet. Resultatene viser konsentrasjoner i bakgrunnsområder. Figur 14 viser måleresultater av benzen og toluen fra Birkenes i Aust-Agder for årene 1994 og 1995. Det gjennomsnittlige benzennivået var rundt  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (0,3-0,4 ppb) om vinteren og knapt  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (0,1-0,15 ppb) om sommeren. Toluennivået var rundt  $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (ca. 0,4 ppb) om vinteren og rundt  $0,7-0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (ca. 0,2 ppb) om sommeren. Enkeltverdier opp mot  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (knapt 1 ppb) for benzen og  $4-5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (vel 1 ppb) for toluen ble målt noen få ganger.



Figur 14: Konsentrasjoner av benzen og toluen ved Birkenes i 1994 og 1995 (ppb).

Figur 15 viser boksplokk av konsentrasjoner av benzen og toluen om vinteren (øverst) og sommeren (nederst) for utvalgte EMEP-stasjoner på ulike breddegrader. Figurene viser en svak økning sørover både i benzen- og toluenkonsentrasjonen både om vinteren og sommeren. Det ser ut til at konsentrasjonene øker vesentlig mer sør for  $50^\circ\text{N}$  enn nordfor.

Målingene på EMEP-stasjonene antyder samlet sett at langtransporterte forurensninger gir klart målbare konsentrasjoner i Norge. Bidraget er likevel relativt lite i forhold til forventede middel- og maksimumskonsentrasjoner i de største byene.



Figur 15: Konsentrasjoner av benzen og toluen ved utvalgte EMEP-stasjoner på ulike breddegrader om vinteren (øverst) og sommeren (nederst) (ppb).

## 6. Utslipp til luft

Benzen slippes ut både fra naturlige og antropogene kilder. Naturlige kilder er vegetasjon, skogbranner og utsiving fra petroleumsreservoarer. De naturlige kildene spres i hele atmosfæren og gir et naturlig bakgrunnsnivå på  $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  eller lavere.

En oversikt utarbeidet av OECD i 1986 over antropogene utslipp fordelt relativt på ulike kilder er vist i Tabell 20. Tabellen viser at direkte utslipp fra biltrafikken (bensin- og dieslbiler), samt distribusjon av drivstoff (fordampning) dominerer med totalt 85-90% i gjennomsnitt for OECD-landene.

Bensinnholdet i bildrivstoff er i Europa begrenset til maksimalt 5% (på volum-basis). I 1994 var gjennomsnittsnivået 3-3,5%. Etter hvert som andelen biler med treveiskatalysator øker, vil de totale utslippene fra biltrafikken bli betydelig redusert.

Tabell 20: Relative bidrag fra antropogene utslippskilder for benzen

Source	% of total man-made emissions
Gasoline-engined vehicles	80 -85
Petroleum refineries	0,3- 1,5
Coke ovens	0,3- 3,0
Chemical industry	1 -11
Domestic heating*	3 - 7
Gasoline distribution	2,6- 6
Solvent uses	1 - 4

Adapted from OECD, 1986.

\* Reported only for Germany.

## 6.1 Storbritannia

En oversikt over utslippene av BTEX fordelt på kilder i Storbritannia i 1991 er vist i Tabell 21. De totale utslippene som kan relateres til biltrafikk (bensineksos, dieseleksos og fordampning fra bensin) utgjør ca. 47 000 tonn/år. Stasjonær forbrenning utgjør i denne oversikten bare ca. 950 tonn. I en annen utslippsoversikt fra 1993 oppgis de stasjonære utslippene til ca. 13 000 tonn/år, hvorav nesten 11 000 tonn fra forbrenning av kull. Dette gir et totalt utslipp i Storbritannia på ca. 60 000 tonn/år. Utslippene fra biltrafikken vil da utgjøre ca. 80%.

Tabell 21: Utslipp av benzen i Storbritannia i 1991 fordelt på kilder (tonn/år).

Kilde	Benzen	Toluen	o-xylen	m-xylen	p-xylen	Etylbenzen
Bensineksos	39 251	88 015	30 584	38 927	38 926	25 493
Deseleksos	4 550	1 400	1 400	1 400	1 400	1 400
Bensinfordampning	3 346	8 094	2 274	2 688	2 688	1 888
Stasjonær forbrenning	943	152	38	38	38	38
Løsningsmidler	0	52 797	23 235	23 235	23 235	0
Bensin, raffinering og distribusjon	1 367	1 166	80	255	121	121
Gasslekkasjer	377	105	9	9	9	1
Sum	49 835	151 729	57 619	66 552	66 417	28 940

## 6.2 Nederland

I Nederland er benzeninnholdet i bensin begrenset til 2%. I følge årsrapporten for det nederlandske overvåkingsprogrammet var utslippene av benzen i 1993:

- Biltrafikk 3 800 tonn
- Fordampning fra biltrafikk 400 tonn
- Øvrig trafikk 200 tonn
- Industri 1 500 tonn
- Øvrige kilder 1 500 tonn  
7 400 tonn

Dette gir en total andel fra biltrafikk på ca. 60% i Nederland.

I den samme nederlandske rapporten er det også gitt utslippstall for noen av nabolandene for 1993:

- Vest-Tyskland 48 000 tonn
- Belgia 5 900 tonn
- Frankrike 46 000 tonn
- Storbritannia 40 000 tonn

Av det tyske utslippet kan over 41 000 tonn relateres til biltrafikk.

## 6.3 Norge

I SFT-rapport nr. 37 (1982) ble det anslått utslipp av benzen til luft i Norge. Det totale estimatet var ca. 3 000 tonn pr. år, hvorav ca. 2 800 tonn tilskrives bensin-eksos, dieseleksos, avdampning fra bensinbiler og distribusjon av bilbensin. Av dette utgjorde utslippet fra bensineksos vel 2 200 tonn. Dette var et anslag ut fra et utslipp på ca. 0,15 g/km, som dels ble målt ved laboratorietester og dels beregnet ut fra samtidige luftkonsentrasjoner av CO og benzen i en sterkt trafikkert gate i Oslo.

Det gjennomsnittlige benzeninnholdet i bensin er i dag lavere enn det maksimalt tillatte på 5%. I følge Norsk Petroleumsinstitutt var benzeninnholdet i blyfri 95 oktan bensin 3,6% i 1993, mens det var 4% i blyholdig bensin og 4,1% i blyfri 98 oktan bensin. I de senere årene har i alle fall et av oljeselskapene gått over til bensin med 2% benzeninnhold. Det er derfor ikke usannsynlig at det faktiske gjennomsnittlige benzeninnholdet i bensin i Norge i dag kan være redusert til ca. 3%.

Fra 1989 ble det i Norge påbudt med katalysator i nye bensindrevne personbiler. I følge tall fra Opplysningsrådet for veitrafikken var ca. 35% av personbilene utstyrt med katalysator ved utgangen av 1996. Katalysatorer antas å rense utslippene av bl.a. benzen med 80-90%.

Tall fra Norsk Petroleumsinstitutt viser at salget av bilbensin har økt med vel 22% fra 1981 (1 867 000 m<sup>3</sup>) til 1996 (2 285 000 m<sup>3</sup>). I samme periode har antall bensindrevne biler økt med vel 28%. Tas det hensyn til at den gjennomsnittlige

kjørelengden pr. år var knapt 12% høyere i 1996 enn i 1981, er gjennomsnittsförbruket av bensin pr. kjøretøy redusert med nesten 15% fra 1981 til 1996.

Et enkelt anslag for utslippet av benzen fra biltrafikken i Norge i dag kan gjøres som vist nedenfor.

a) Utslipp fra bensineksos

- Utslipp av benzen i 1981 var 2 200 tonn.
- Benzeninnhold i bensin er redusert fra 5% i 1981 til 3% i 1996.
- Salget av bilbensin har økt med 22%.
- 35% av bensinbilene har katalysator i 1996.
- Katalysatorens rensesgrad settes til 85% (80-90%).

Utslipp fra bensineksos i 1996:

$$2\,200 \cdot \frac{3}{5} \cdot 1,22 \cdot (0,35 \cdot 0,15 + 0,65 \cdot 1) \text{ tonn} = 1130 \text{ tonn}$$

Utslipet fra bensineksos antas derfor å være omtrent halvert fra 1981 til 1996.

b) Utslipp fra dieseleksos, avdampning fra personbiler og distribusjon av bilbensin

Dette utslippet ble anslått til ca. 600 tonn i 1991. Den alt overveiende delen utgjøres av avdampning og distribusjon. Med antagelse om at benzeninnholdet nå er redusert til 3% og at bensinsalget har økt med 22% siden 1981 blir utslippet fra fordampning og distribusjon i 1996:

$$600 \cdot \frac{3}{5} \cdot 1,22 \text{ tonn} = 440 \text{ tonn}$$

c) Totalt utslipp av benzen fra biltrafikk

Beregningene ovenfor gir et antatt utslipp fra biltrafikk i Norge i 1996 på ca. 1 570 tonn hvorav ca. 1 130 tonn er direkte utslipp i bensineksos.

De direkte utslippene av benzen fra bensineksos var ca. 1 130 tonn i Norge i 1996. Dette utgjør f.eks. ca. 30% av de nederlandske utslippene i 1993. I 1995 utgjorde personbilparken i Norge også ca. 30% av den nederlandske. Selv om de nederlandske utslippene kan være litt lavere i 1996 enn i 1993 på grunn av større andel biler med katalysator, styrker denne sammenlikningen troverdigheten av de beregnede norske utslippstallene.

I årene framover må en anta at utslippene vil reduseres i takt med økende andel katalysatorbiler og eventuelt redusert benzeninnhold i bensinen, samt eventuelt redusert forbruk pr. km.

Dersom det f.eks. antas i år 2010 at det gjennomsnittlige benzeninnholdet i bensin er redusert til 2%, alle bensindrevne biler har katalysator, bilparken har økt med 30% og at det gjennomsnittlige drivstoff-forbruket pr. km er ytterligere redusert med 10%, kan benzenutslippet fra bileksos beregnes til:

$$2200 \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{2}{3} \cdot 1,22 \cdot 1,30 \cdot 0,15 \cdot 0,90 \text{ tonn} \approx 190 \text{ tonn}$$

dvs. en reduksjon med ca. 83% i forhold til 1996.

Hvis det antas at en bensinbil med katalysator i år 2010 bruker 25% mindre drivstoff pr. km enn i 1981 og at benzeninnholdet i bensin er redusert fra 5% i 1981 til 2% i år 2010, blir utslippet pr. bensinbil redusert fra 0,15 g/km i 1981 til ca. 0,007 g/km i år 2010, dvs. til ca. 5% av utslippet i 1981.

## 7. Litteratur

AEA Technology. National Environmental Technology Centre (1995). Air Pollution in the UK: 1994. Abingdon.

Concawe (1994) Exposure and Health Risks associated with non-occupational Sources of Benzene. Brussels (Concawe report no. 1/94).

Concawe (1994) Review of European Oil Industry Benzene Exposure Data (1986-1992). Brussels (Concawe report no. 7/94).

Department of the Environment (1994) Expert Panel on Air Quality Standards. Benzene. A Recommendation for a United Kingdom Air Quality Standard for Benzene. London, HMSO.

Department of the Environment (1994) Expert Panel on Air Quality Standards. 1,3-Butadiene. A Recommendation for a United Kingdom Air Quality Standard for 1,3-Butadiene. London, HMSO.

Drammen kommune. Seksjon for miljørettet helsevern (1995) Luftovervåking i Drammen kommune. Rapport om luftkvaliteten i Drammen. Vinterhalvåret okt. 94-mars 95. Drammen.

Drammen kommune. Helseavdelingen. Seksjon for miljørettet helsevern (1995) Luftovervåking i Drammen kommune. Sommerhalvåret 1995. April-september. Luftkvalitet, helse- og miljøeffekter. Drammen.

---

Drammen kommune. Helseavdelingen. Seksjon for miljørettet helsevern (1996) Luftovervåking i Drammen kommune. Vinterhalvåret 1995/1996. Oktober-mars. Luftkvalitet, helse- og miljøeffekter. Drammen.

European Commission (1995) Air quality measurements in Brussels (1993-1994). NO<sub>2</sub> and BTX monitoring campaigns by diffusive samplers. Luxembourg (EUR 16310).



Hagen, L.O., Haugsbakk, I. og Larssen, S. (1993) Nitrogenoksider og oksidanter i byområder; dannelse og effekter. Målinger av luftkvalitet og meteorologiske forhold i Oslo oktober 1991-juni 1992. Lillestrøm (NILU OR 32/93).

Institutet för vatten- och luftvårdsforskning (1996) Halter av SO<sub>2</sub>, sot, NO<sub>2</sub> och VOC i utomhusluft i svenska tätorter, samt SO<sub>2</sub> och NO<sub>2</sub> på landsbygd, vintern 1995/96. Göteborg.

Miljöförvaltningen - Göteborg (1996) Göteborgsregionens luftkontrollprogram. Luftföroreningar i Göteborg. Månedsrapporter januar-august 1996.

Niedersächsisches Umweltministerium. Niedersächsisches Landesamt für Ökologie (1994) Lufthygienisches Überwachungssystem Niedersachsen. Jahresbericht 1993. Hannover.

Opplysningsrådet for Veitrafikken (1997) Bil og veistatistikk 1997. Oslo. (Publikasjonsnr. 1000-1997).

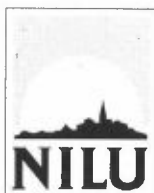
Quality of Urban Air Review Group (1993) Urban Air Quality in the United Kingdom. Prepared at the Request of the Department of the Environment. London.

Rijksinstituut voor volksgezondheid en milieuhygiene (1994) Luchtkwaliteit. Jaaroverzicht 1993. Bilthoven.

Rijksinstituut voor volksgezondheid en milieuhygiene (1996) Luchtkwaliteit. Jaaroverzicht 1994. Bilthoven.

Solberg, S., Dye, C. and Schmidbauer, N. (1996) VOC measurements 1994-1995. Lillestrøm, (NILU EMEP/CCC-Report 6/96).

World Health Organization (1987) Air Quality Guidelines for Europe. Copenhagen (WHO Regional Publications, European Series No. 23).



# Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2007 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAGRAPPORT	RAPPORT NR. OR 60/97	ISBN 82-425-0926-3 ISSN 0807-7207	
DATO 20.11.97	ANSV. SIGN. Øystein Hov	ANT. SIDER 48	PRIS NOK 75,-
TITTEL BTEX og 1,3-butadien som luftforurensningsproblem		PROSJEKTLEDER Leif Otto Hagen	
		NILU PROSJEKT NR. O-96120	
FORFATTER(E) Leif Otto Hagen		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAKSGIVERS REF. O. Glesne, SFT	
OPPDRAKSGIVER Statens forurensningstilsyn Postboks 8100 Dep 0032 OSLO			
STIKKORD BTEX	1,3-butadien	Utredning	
REFERAT Rapporten gir et sammendrag av dagens kunnskapsnivå om BTEX og 1,3-butadien som luftforurensningsproblem med hovedvekt på benzen. Helseundersøkelser har vist at både benzen og 1,3-butadien kan være kreftfremkallende og at det ikke finnes noen sikre nedre eksponeringsgrenser. Norske måledata kan antyde høyere benziennivåer i norske byer enn i andre europeiske land det er naturlig å sammenlikne med. Likevel er utslippene fra biltrafikken, som er hovedkilden, nesten halvert de siste 15 årene. Med en eventuell ytterligere reduksjon av benzeninnholdet i bensin og stadig flere biler med katalysator kan utslippene fortsatt reduseres betydelig.			
TITLE BTEX and 1,3-butadiene as an air pollution problem.			
ABSTRACT			

\* Kategorier: A Åpen - kan bestilles fra NILU  
B Begrenset distribusjon  
C Kan ikke utleveres