



# LUND UNIVERSITY

Spridning av  $\text{NO}_2$  från en naturgaseldad väggpanna

Vannerberg, Christina; Holmstedt, Göran

1989

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*

Vannerberg, C., & Holmstedt, G. (1989). *Spridning av  $\text{NO}_2$  från en naturgaseldad väggpanna*. (LUTVDG/TVBB--3047--SE; Vol. 3047). Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety, Lund University.

*Total number of authors:*

2

## General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

## Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117  
221 00 Lund  
+46 46-222 00 00

LUND UNIVERSITY · SWEDEN  
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY  
DEPARTMENT OF FIRE SAFETY ENGINEERING  
CODEN: SE - LUTVDG/TVBB - 3047  
ISSN 0284 - 933X

CHRISTINA VANNERBERG - GÖRAN HOLMSTEDT

SPRIDNING AV NO<sub>2</sub> FRÅN EN  
NATURGASELDAD VÄGGPANNA

LUND 1989



# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

- 1 INLEDNING
  - 1.1 Bakgrund
  - 1.2 Målsättning
  
- 2 FÖRUTSÄTTNINGAR
  - 2.1 Presentation av mätplatsen
  - 2.2 Bakgrundshalter – påverkan från omgivningen
  - 2.3 Data om villapannan
  - 2.4 Mätpunkternas placering
  - 2.5 Mätsystemet
  - 2.6 NO<sub>x</sub>–analysatorn
  - 2.7 Fel och osäkerheter
  - 2.8 Tidsperiod
  
- 3 RESULTAT FRÅN MÄTNINGARNA
  - 3.1 Medelvärden, percentiler och frekvensfunktioner för hela perioden
  - 3.2 Dygnsmedelvärden av bakgrunds-nivån i området
  - 3.3 Medelvärden över hela perioden uppdelat på vindriktning, vindhastighet och pannans driftförhållande
    - 3.3.1 Medelvärden över hela perioden vid fasaden vid vindhastigheter 2–5m/s för olika vindriktningar
    - 3.3.2 Medelvärden över hela perioden av bakgrunds-nivån i området för olika vindriktningar och vindhastigheter
  - 3.4 Jämförelse med andra mätningar
  - 3.5 Uppskattning av andelen NO<sub>2</sub> av uppmätta NO<sub>x</sub> halter i pannans omgivning
  - 3.6 Drift och utetemperatur under perioden
  - 3.7 En veckas mätningar i december
  - 3.8 Vägghörens bidrag till NO<sub>x</sub>–halten vid fasaden vid vindriktningar inom intervallet NV–N
  
- 4 SLUTSATSER
  - 4.1 Bidraget från vägghörens till NO<sub>x</sub>–medelvärdena
  
- 5 GRÄNSVÄRDEN

6 OMVANDLINGSFAKTORER

7 INOMHUSMÄTNING

SAMMANFATTNING

REFERENSER

## 1 INLEDNING

### 1.1 Bakgrund

Naturgaseldning ger i förhållande till eldning med kol, olja, torv och ved väsentligt mycket mindre emissioner av stoft, svaveloxider, tungmetaller och oförbrända kolväten. När det gäller emission av kväveoxider, (NO<sub>x</sub>), ger naturgaseldning, (med nuvarande teknik), halter av NO<sub>x</sub>/MJ i samma storleksordning som eldning med övriga bränslen, /1/.

Vid vissa konstruktioner av naturgaseldade villapannor krävs korta tillufts- och avgasvägar, varför pannan placeras nära en yttervägg med avgasröret monterat rakt genom väggen, /1/.

För denna typ av utsläppsanordning är man intresserad av att veta hur nära fönster och ventilationsöppningar samt hur nära marken pannans avgasutsläpp kan placeras, utan att man riskerar hälsofarliga halter av NO<sub>2</sub> där människor vistas.

### 1.2 Målsättning

En mätning av NO<sub>x</sub> halten på olika avstånd från avgasutsläppet från en naturgaseldad villapanna, en sk väggpanna, har gjorts under perioden december 1987 – april 1988. Målsättningen med mätningarna har varit att erhålla långtidsvärden för NO<sub>2</sub>, (6 månaders medelvärden). Dessa långtidsvärden skall sedan jämföras med Naturvårdsverkets NO<sub>2</sub>-gränsvärde för 6-månader, och tjäna som underlag för bedömning av riskavstånden från pannans avgasutsläpp till fönster, ventilationsöppningar och mark.

## 2 FÖRUTSÄTTNINGAR

### 2.1 Presentation av mätplatsen

Mätningarna gjordes i ett bostadsområde i Åkarp, ett samhälle som ligger ca 1 mil NV om Malmö. I figur 2.1 visas en karta över bostadområdet.

### 2.2 Bakgrundshalter – påverkan från omgivningen

Bakgrundshalten av NO<sub>x</sub> i området är påverkad av källor från Malmö stad, motorvägarna E6 och E66 samt Lund. En karta som visar E6 och E66 läge i förhållande till mätplatsen visas i figur 2.2. Avståndet från E6 och E66 till mätplatsen är ca 500m resp 1500m. I figur 2.3 visas mätplatsens läge i förhållande till Malmö och Lund.

Bakgrundsnivån i området representeras av mätpunkt 25, vilken även påverkas av de 20 gaseldade pannorna i bostadsområdet. (Placeringen av mätpunkt 25 visas i figur 2.1).

### 2.3 Data om villapannan

Villapannan är av typen Vaillant VC 112 E. Pannan eldas med naturgas och har en maxeffekt på ca 10.5 kW. Vid denna effekt är rökgasvolymen ca 20 Nm<sup>3</sup>/h, dvs brännarens luftöverskottsfaktor eller  $\lambda$ -tal är lika med 1.85. Temperaturen i rökgaserna är ca 120°C. Rökgaserna innehåller ca 65–70 ppm NO<sub>x</sub> varav ca 20% är NO<sub>2</sub>. Koncentrationen av O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> och H<sub>2</sub>O i rökgaserna uppskattades till 9.2, 5.5 resp. 10.4 %.

Avgaserna leds inte upp genom en skorsten utan avgaskanalen mynnar horisontellt direkt i fasaden, sk terminal (se figur 2.4). Utsläppet sker med forcerat drag, vilket innebär att rökgaserna blåses ut horisontellt, med en hastighet på ca 2 m/s. Pannans utsläpp är placerat som visas i figur 2.5 a, på en höjd av ca 2.6 m ovan markplanet och ca 0.6m från hörnet.

## 2.4 Mätpunkternas placering

21 st mätpunkter har placerats invid fasaden på olika avstånd från avgasutsläppet. Se figur 2.5 a–d och figur 2.6. 4 st mätpunkter har också placerats som visas i figur 2.1. (Mätpunkterna 1, 9, 12 och 25). Mätpunkterna 1, 9 och 12 var placerade på 2.5 m höjd ovan mark och mätpunkt 25 var placerad på 1.5 m höjd.

## 2.5 Mätsystemet

Mätsystemets insamlingsenhet bestod av 25 st 3,75 l tuber, som via 6 mm teflonslangar tog in luft från de olika mätpunkterna. Innehållet i tuberna analyserades med en period om 35 minuter. NO<sub>x</sub> analysen för varje tub tog 40 sekunder. Efter analysen evakuerades tuben så att en ny mängd luft kunde sugas in. Samtidigt 'spolades' analysatorn igenom med N<sub>2</sub>, för att en nollnivå för nästa mätning skulle erhållas. Detta gjordes under ytterligare 20 sekunder. Således tog analysen av samtliga tuber 25 minuter.

För att erhålla halvtimmesmedelvärden, dvs en jämnt fördelad luftinsamling under en halvtimme, sögs luften genom förträngningar om 0.15 mm i diameter. Under större delen, ca 80%, av insamlingstiden (35 minuter) skedde luftinsamlingen från mätpunkterna med konstant inflöde. Då tuberna efterhand fylldes, minskade inflödet (resterande 20%) och var ca hälften så stort då insamlingen avbröts efter 35 minuter.

För att NO<sub>2</sub> inte skulle reagera med tubernas insidor, hade dessa behandlats med teflon.

Den uppmätta NO<sub>x</sub>-halten i resp mätpunkt lagrades i en persondator. Från datorn reglerades också de magnetventiler, som styrde gasflödet i mätsystemet. En skiss över mätsystemet visas i figur 2.7.

Förutom NO<sub>x</sub>-halt har vindriktning, vindhastighet, utomhustemperatur och pannans avgastemperatur registrerats kontinuerligt. Mätningen av avgastemperaturen gav en indikation på om pannan var i drift eller inte.



Vindhastighet och vindriktning registrerades med VAISALAs vindmätningssystem. Vindhastighetsmätarens mätområde låg i intervallet 0–60 m/s. Noggrannheten i mätningarna uppgavs till bättre än  $\pm 0.9$  m/s. För vindriktningsmätaren uppgavs en noggrannhet bättre än  $\pm 8.4^\circ$ .

Temperaturen i avgaserna och i utomhusluften mättes med 0.1 mm chromel–alumel termoelement. Noggrannheten i temperaturmätningen uppskattas till  $\pm 1^\circ\text{C}$ .

## 2.6 NO<sub>x</sub>–analysatorn

Instrumentet som har använts vid mätningen av kväveoxider är en 'AAL–model 443, NO/NO<sub>x</sub> chemiluminescent analyser', med mätområde 0–10 ppm.

Mätprincipen för analysatorn bygger på den kemiluminescenta reaktionen mellan kväveoxid och ozon, (1), vilken utsänder ljus med en intensitet som är direkt proportionell mot kväveoxidhalten. Ljusstyrkan mäts med ett fotomultiplikatorrör. Den totala halten av NO och NO<sub>2</sub> i luften erhålls genom att först katalytiskt omvandla NO<sub>2</sub> till NO.



Den valda analysatorn är speciellt konstruerad för att mäta på förbränningsgaser. Vid mätningen kondenseras vattnet ej ut och detektorcellen arbetar vid ett så lågt tryck att inverkan av gassammansättningen (luft – CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O förhållande) på mätsignalen kan försummas.

## 2.7 Fel och osäkerheter

Vid mätning på ren kvävgas med NO<sub>x</sub>–analysatorn observerades i signalen dels en långtidsdrift i storleksordningen 0.1 ppm över 40 timmar och dels en brusnivå på ca 20 ppb, se figur 2.8 a. För att korrigera för långtidsdriften spolades analysatorn igenom med N<sub>2</sub> före analysen för varje mätpunkt.

Vid mätning på kalibreringsgas, ca 0.9 ppm NO<sub>x</sub>, figur 2.8 b, observerades en brusnivå på omkring 30 ppb när korrigering gjorts för analysatorns långtidsdrift.

Vid analysen sög analysatorn från en sluten volym på 3.75 liter, dvs trycket i analysledningen minskade efter hand.

Mätningar med kalibreringsgas, figur 2.8 c, visade emellertid att mätutslaget var oberoende av undertrycket ned till ca  $-220$  mbar.

Vid NO<sub>x</sub>-analysen för resp. mätpunkt låg trycket i mätsystemet mellan  $-100$  och  $-150$  mbar.

## 2.8 Tidsperiod

Mätningarna utfördes under perioden december 1987 till april 1988.



### 3 RESULTAT FRÅN MÄTNINGARNA

#### 3.1 Medelvärden, percentiler och frekvensfunktioner för hela perioden

Melvärden, 99 och 99.9 percentilerna från halvtimmesmedelvärden samt 95 percentilerna för dygnsmedelvärden för uppmätta NO<sub>x</sub>-nivåer under perioden visas i figurerna 3.1 a–d. NO<sub>x</sub>-nivåerna anges i  $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ . I figurerna 3.2.1–25 visas fördelningsfunktionen för halvtimmesmedelvärdet av NO<sub>x</sub>-nivån i respektive mätpunkt. I figurerna 3.3.1–25 visas fördelningsfunktionen för dygnsmedelvärdet av NO<sub>x</sub>-nivån i respektive mätpunkt. (Fördelningsfunktionerna är uppritade i log-normal-diagram).

Data över vindförhållanden, utetemperatur samt temperaturen i avgaserna från pannan redovisas i tabell 3.1 och i figur 3.4 visas frekvensen för olika vindriktningar under perioden.

Tabell 3.1 Data över vindförhållanden, utetemperatur samt avgastemperatur under mätperioden

	Medel	Min	Max	Enhet	Antal obs.
Vindhastighet	3.96	0.00	15.19	(m/s)	111565
Vindriktning	flest observationer i intervallet SO–S				111565
Gastemperatur	48.18	10.31	127.0	(°C)	111565
Utetemperatur	2.97	–11.7	25.0	(°C)	111565

#### 3.2 Dygnsmedelvärden av bakgrunds-nivån i området

I figur 3.5 a–e visas dygnsmedelvärden av NO<sub>x</sub>-halten i mätpunkt 25 för månaderna december–april. Vindrosdiagrammen (figur 3.5 f–j) visar frekvensen för olika vindriktningar under resp månad. I tabell 3.2 visas medeltemperatur och vindens medelhastighet för varje månad.

Tabell 3.2 Medeltemperatur och vindens medelhastighet för månaderna december till april (ref Malmö miljö- och hälsoskyddsförvaltning, sektion för miljödata).

	Dec	Jan	Feb	Mars	April
Medeltemperatur	4.6°C	3.5°C	2.6°C	2.1°C	6.1°C
Vindens medelhastighet	4.7 m/s	3.6 m/s	3.6 m/s	3.8 m/s	3.5 m/s

### 3.3 Medelvärden över hela perioden uppdelat på vindriktning, vindhastighet och pannans driftsförhållande

En undersökning av samtida värden på NO<sub>x</sub>-halt, vindriktning och vindhastighet samt pannans drift har gjorts. Resultaten visas i figurerna 3.6.1–25. Mätdata har indelats i 8 st vindriktningsintervall: N–NO, NO–O, O–SO, SO–S, S–SV, SV–V, V–NV, NV–N. Varje vindriktningsintervall är indelat i tre vindhastighetsklasser, från vänster till höger i figurerna, 0–2 m/s, 2–5 m/s och över 5 m/s. Dessa är i sin tur indelade i två klasser, vit stapel visar NO<sub>x</sub>-halt då medelvärdet av pannans avgastemperatur under en halvtimme är mindre än medelvärdet för hela perioden och svart stapel visar NO<sub>x</sub>-halt då halvtimmesmedelvärdet för avgastemperaturen ligger över medelvärdet för perioden (48°C).

Antal mätningar i varje klass ligger mellan 50 och 200 st.

#### 3.3.1 Medelvärden över hela perioden vid fasaden vid vindhastigheter 2–5 m/s för olika vindriktningar

I figurerna 3.7.1–8 visas NO<sub>x</sub>-halter invid fasaden vid olika vindriktningar och vid vindhastigheter i intervallet 2–5 m/s och då temperaturen i avgaserna under

en halvtimme överstiger medelvärdet för hela perioden.

Vid några tillfällen observerades avgasplymen blåsa runt hörnet, in mellan bostaden och garaget. Vindriktningarna låg vid dessa tillfällen inom intervallet NO–SO. Mätresultaten visar att NO<sub>x</sub>-nivåerna vid fasaden vid dessa vindriktningar är ungefär lika med bakgrundsnivån i området, se figurerna 3.7.2, 3.7.3 och 3.7.4.

Vindriktningar i intervallet SSO–SV, (figur 3.7.4 och 3.7.5), dvs motriktad vind mot fasaden med pannans terminal, ger höga värden i mätpunkten under terminalen, dvs plymen far nedåt. I figur 3.8 visas hur strömningsfältet ser ut kring en friliggande byggnad och hur strömningen är riktad nedåt under "stagnationspunkten" på lovartsidan.

Vid V–vindar, (figur 3.7.6), observerades de högsta nivåerna i mätpunkten öster om terminalen.

Vid vindriktningar mellan NV och NO, (figurerna 3.7.1, 3.7.7 och 3.7.8) fås höga nivåer i mätpunkterna ovanför terminalen, jämför strömningsfältet på läsidan av byggnaden i figur 3.8.

### 3.3.2 Medelvärden över hela perioden av bakgrundsnivån i området för olika vindriktningar och vindhastigheter

I figurerna 3.9 a–d visas hur NO<sub>x</sub>-halten i mätpunkterna 1, 9, 12, belägna på 2.5 m höjd mellan husen (6–14 m från utsläppet) och 25, belägen på 1.5 m höjd bakom huset (20 m från utsläppet), beror av vindriktningen och vindhastigheten.

## 3.4 Jämförelse med andra mätningar

Under mätperioden har NO<sub>x</sub> och NO<sub>2</sub> också uppmätts på andra platser i Skåne: i Malmö (Malmö miljö- och hälsoskyddsförvaltning, sektion för miljödata), i Lund (OPSIS) och i Vavihill (IVL). I tabell 3.3 visas månadsmedelvärden för perioden december – april för de olika platserna.

Tabell 3.3 Månadsmedelvärden av NO<sub>x</sub>- (eller NO<sub>2</sub>) nivån på fyra platser i Skåne ( $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ )

	Dec	Jan	Feb	Mars	April
Lund	29 <sup>1)</sup>	22 <sup>1)</sup>	31 <sup>1)</sup>	25 <sup>1)</sup>	38 <sup>1)</sup>
Lund	41 <sup>3)</sup>	33 <sup>3)</sup>	43 <sup>3)</sup>	33 <sup>3)</sup>	50 <sup>3)</sup>
Malmö	51 <sup>2)</sup>	56 <sup>2)</sup>	35 <sup>2)</sup>	43 <sup>2)</sup>	60 <sup>2)</sup>
Åkarp	62 <sup>2)</sup>	37 <sup>2)</sup>	29 <sup>2)</sup>	25 <sup>2)</sup>	19 <sup>2)</sup>
Vavihill	6.8 <sup>1)</sup>	8.2 <sup>1)</sup>	5.0 <sup>1)</sup>	3.6 <sup>1)</sup>	2.7 <sup>1)</sup>

1) enbart NO<sub>2</sub>

2) total NO<sub>x</sub>

3) beräknat NO<sub>x</sub> med antagandet att NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> förhållandet varje månad är detsamma som i Malmö.

I Lund uppmättes även ozonhalten i luften, vilken låg omkring 30 ppb.

### 3.5 Uppskattning av andelen NO<sub>2</sub> av uppmätta NO<sub>x</sub>-halter i pannans omgivning

I Malmö uppmättes både den totala mängden kväveoxider (NO<sub>x</sub>) och mängden av NO<sub>2</sub>. Andelen NO<sub>2</sub> av den totala mängden NO<sub>x</sub> låg under mätperioden i medeltal omkring 70–80%, vilket också kan vara ett rimligt antagande för NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> förhållandet i bakgrundsluften i Åkarp. Mätdata från Malmö visar dock en betydligt lägre andel NO<sub>2</sub> vid toppnivåer av NO<sub>x</sub>, se tabell 3.4. Tabellen visar maximala halvtimmesmedelvärden för månaderna oktober 1987 till maj 1988 i Malmö.

Tabell 3.4 Maxvärden av uppmätta NO<sub>x</sub> och NO halvtimmesmedelvärden under månaderna okt 1987 – maj 1988 i Malmö. /4/.

	NO <sub>x</sub> (ppb)	NO (ppb)	NO <sub>2</sub> /NO <sub>x</sub> (%)
Oktober	364	293	19.5
November	175	139	20.5
December	644	549	14.8
Januari	148	105	29.1
Februari	81	51	37.0
Mars	116	62	46.6
April	206	145	29.6
Maj	255	104	59.2

För den förhöjda NO<sub>x</sub>-halten i mätpunkterna, som härrör från pannans emission är ca 20% av NO<sub>x</sub>-halten direkt emitterad NO<sub>2</sub>. (Avgaserna från pannan innehåller innan utspädning ca 66 ppm NO<sub>x</sub>, varav 13 ppm är NO<sub>2</sub>).

NO<sub>2</sub> bildas också genom att NO reagerar med antingen syre, enligt (2), eller med ozon enligt (3).



Reaktionen (2) sker dock mycket långsamt vid de NO-halter som det är frågan om varför bidraget från (2) till NO<sub>2</sub>-halten kan bortses ifrån.

Reaktionen mellan NO och ozon (3) är dock mycket snabbare än (2). Vid en ozonhalt på 30 ppb sker omvandlingen från NO till NO<sub>2</sub> med en hastighet på ca 1.2% av NO-halten per sekund. Hastigheten avtar dock efter hand som ozonkoncentrationen minskar. Ozon koncentrationen i luften kommer således att bli avgörande för hur mycket NO som övergår till NO<sub>2</sub>.



Vid solljus sönderdelas  $\text{NO}_2$  till  $\text{NO}$  och en syreatom (4), vilket hämmar omvandlingshastigheten från  $\text{NO}$  till  $\text{NO}_2$  något. Ozon återbildas enligt (5).



I tabell 3.5 visas resultat från beräkning av  $\text{NO}_2/\text{NO}_x$  förhållandet efter 10 s för några olika begynnelsekoncentrationer av  $\text{O}_3$ ,  $\text{NO}$  och  $\text{NO}_2$ .

Vid beräkningarna har följande reaktionshastighetskonstanter använts:

$$k_2 = 6.6 \cdot 10^{-39} \cdot e^{530/T} \text{ (cm}^6/\text{molekyl}^2 \cdot \text{s)}$$

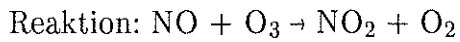
$$k_3 = 2.1 \cdot 10^{-12} \cdot e^{-1450/T} \text{ (cm}^3/\text{molekyl} \cdot \text{s)}$$

$$k_4 = 8.0 \cdot 10^{-3} \text{ (s}^{-1}\text{)}$$

$$k_5 = 6.2 \cdot 10^{-34} \cdot (T/300)^{-2.4} \text{ (cm}^6/\text{molekyl}^2 \cdot \text{s)}$$

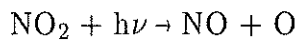
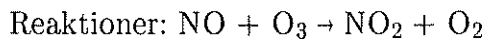
Tabell 3.5  $\text{NO}_2/\text{NO}_x$  förhållandet efter 10 s vid olika startkoncentrationer på  $\text{O}_3$ , NO och  $\text{NO}_2$ .

Natt:



Begynnelsevärden				$\text{NO}_2/\text{NO}_x$ efter
$\text{O}_3$ (ppb)	NO (ppb)	$\text{NO}_2$ (ppb)	$\text{NO}_2/\text{NO}_x$ (%)	10 s (%)
30	1000	266	21	23
30	100	27	21	29

Dag:



Begynnelsevärden				$\text{NO}_2/\text{NO}_x$ efter
$\text{O}_3$ (ppb)	NO (ppb)	$\text{NO}_2$ (ppb)	$\text{NO}_2/\text{NO}_x$ (%)	10 s (%)
30	1000	333	25	27
30	100	33	25	30
30	100	66	40	43.5

10 sekunder har valts som ett mått på den tid avgaserna befinner sig i mätzonen, vid vindhastigheter omkring medel (4m/s). För denna antagna 'uppehållstid' i mätzonen kan  $\text{NO}_2/\text{NO}_x$ -förhållandet för pannans bidrag till  $\text{NO}_x$ -nivån i mätpunkterna grovt uppskattas till 30%.

### 3.6 Drift och utetemperatur under perioden

I tabell 3.6 visas en uppskattning av pannans drifttid för olika utetemperaturer (i procent av total tid).

Tabell 3.6 Andel av tiden med pannan i drift för olika temperaturintervall och utetemperaturens fördelning i intervallen under mätperioden. I tabellen visas också utetemperaturens fördelning i Ängelholm under ett normalt vinterhalvår, (ref 3).

Temperaturintervall (°C)	Andel tid med pannan i drift (%)	Utetemperaturens fördelning för perioden (%)	Normalt vinterhalvår i Ängelholm <sup>1)</sup> 1955–1979
— -9.5	59	0.13	2.4
-9.5 — -4.5	45	1.3	7.9
-4.5 — 0.5	28	19.2	26.1
0.5 — 5.5	20	60.8	38.5
5.5 — 10.5	13	16.0	19.4
10.5 — 17.5	8	2.3	5.7
17.5 —	8	0.3	0.02

<sup>1)</sup> ref SMHI-rapport, /3/

Pannan i drift definierades som då medelvärdet av temperaturen i pannans avgaser under en minut översteg 65°C.

I tabell 3.6 visas också utetemperaturens fördelning i olika intervall under mätperioden samt temperaturdata för ett normalt vinterhalvår i Ängelholm. Jämförelsen med temperaturdata för ett normalt vinterhalvår visar att mätperioden varit något varmare än normalt. Pannan var i drift ca 20.5% av mätperioden. Vid ett normalt vinterhalvår skulle pannan, enligt tabell 3.6, ha varit i drift ca 23% av tiden.

### 3.7 En veckas mätningar i december

I figurerna 3.10 a–f visas uppmätta data under en vecka (från den 12/12 t o m den 18/12. Halvtimmesmedelvärden av NO<sub>x</sub>–nivåerna redovisas för tre mätpunkter (22, 24 och 25). Figur 2.6 visar var mätpunkterna 22 och 24 är placerade. Mät punkt 25, som representerar bakgrunds nivån i området, är placerad enligt figur 2.1.

I figurerna märks ett tydligt samband mellan vindhastighet och höga bakgrunds nivåer. Markanta toppar i bakgrundsvärdena har inträffat vid tidpunkter då vindhastigheten varit mycket låg.

Vid en jämförelse mellan bakgrunds nivån i mät punkt 25 (figur 3.10f), och NO<sub>x</sub>–nivån i mätpunkterna 22 och 24 (figurerna 3.10d och 3.10e) ser man att NO<sub>x</sub>–värdena för punkterna ligger väsentligen högre än bakgrunden under perioden med västlig vind fram till den 16/12. Från och med den 16/12, då vinden byter riktning till syd–östlig vind, minskar NO<sub>x</sub>–nivåerna i punkterna till i stort sett samma nivå som bakgrunden.

En jämförelse mellan NO<sub>x</sub>–halten för mät punkt 22 (figur 3.10d) och halvtimmes–medelvärdena för avgasernas temperatur (figur 3.10c), under perioden 13/12–16/12, visar att topparna i NO<sub>x</sub>–nivån till stor del överensstämmer med max värdena för avgastemperaturens halvtimmesmedelvärden.

### 3.8 Väggnans bidrag till NO<sub>x</sub>–halten vid fasaden vid vindriktningar inom intervallet NV–N

I figur 3.11 a–c visas ungefärliga värden på 50, 90 och 99,8 percentilerna för NO<sub>x</sub>–halten vid perioder med vindriktningar inom intervallet NV–N. Vid dessa vindriktningar är NO<sub>x</sub>–halten i mät punkt 25 som minst påverkad av NO<sub>x</sub> emissionen från de gaseldade pannorna i området och kan därför användas som ett mått på den inkommande bakgrunds nivån.

För att undersöka pannans bidrag till NO<sub>x</sub>–halten i mätpunkterna togs fördelningsfunktionerna för skillnaden mellan resp mät punkt och mät punkt 25 fram. I figur 3.12 a–c visas ungefärliga värden på 50, 99 och 99,8 percentilerna som erhållits från dessa fördelningsfunktioner.

I figurerna 3.13 a och b visas, för mätpunkt 12 resp 24, fördelningsfunktionen för mätdata för hela perioden och fördelningsfunktionen för perioder med vindriktningar inom intervallet NV–N samt fördelningsfunktionen för skillnaden mellan mätpunkt 12 resp 24 och bakgrunshalten (mätpunkt 25) för perioder med NV–N vind. I figur 3.13 c visas för mätpunkt 25 fördelningsfunktionen för mätdata från hela perioden resp fördelningsfunktionen för vindriktningar inom intervallet NV–N.

## 4 SLUTSATSER

Vindhastighet, vindriktning och pannans driftsförhållande har, som visats i t ex figur 3.10, stor inverkan på den uppmätta NO<sub>x</sub>-halten. Av den uppmätta NO<sub>x</sub>-halten är andelen NO<sub>2</sub> av stor betydelse för riskbedömningen.

Tolkningen av bidraget från vägghöghuset till mätdata försvåras av att det förekommer stora utsläpp från andra källor i omgivningen, från bostadshus och industrier i Malmö och Lund och Åkarp samt från fordonstrafik (lokalt, 500m till E6, 1500m till E66).

Dessa utsläpp som ger en hög och varierande bakgrund har dessutom ett annat NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>-förhållande än vägghöghuset. Ofta förekommer för dessa utsläpp mycket varierande NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>-förhållande, tabell 3.4.

Omvandlingen av NO till NO<sub>2</sub> är dessutom beroende av O<sub>3</sub>-koncentrationen i luften.

### 4.1 *Bidraget från vägghöghuset till NO<sub>x</sub>-medelvärdena*

I figur 4.1 visas skillnaderna mellan medelvärdena i resp mätpunkt vid fasaden och medelvärdet i mätpunkt 25. Dessa NO<sub>x</sub>-värden kan tolkas som bidrag direkt från pannans utsläpp under perioden. Pannans utsläpp påverkar dock i viss mån även bakgrundsmätningen i punkt 25, varför siffrorna i figur 4.1 bör korrigeras något uppåt.

Vid vindriktningar i intervallet NV–N kan NO<sub>x</sub>-halten i mätpunkt 25 anses vara opåverkad av NO<sub>x</sub>-utsläppen från de 20 gaseldade pannorna i området och således användas som ett mått på den inkommande bakgrundsnivån. I tabell 4.1 visas medelvärdena av NO<sub>x</sub>-halten i mätpunkterna 1, 9, 12 och 25 för perioder med vindriktningar i intervallet NV–N.

Tabell 4.1 NO<sub>x</sub>-medel i mätpunkterna 1,9,12 och 25 för vindriktningsintervallet NV-N. ( $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ ).

Mätpunkt	1	9	12	25
Avstånd från pannans avgasutsläpp (m)	11	14	6.5	20
NO <sub>x</sub> -medel för perioder med NV-N vind	28(9) <sup>1</sup>	24(5) <sup>1</sup>	31(12) <sup>1</sup>	19
NO <sub>x</sub> -medel för perioder med NV-N vind med vindhastigheter 2-5m/s	31(14) <sup>1</sup>	25(8) <sup>1</sup>	32(15) <sup>1</sup>	17
NO <sub>x</sub> -medel vid NV-N vind, hastigheter 2-5m/s och pannans drift över medel	35(15) <sup>1</sup>	28(8) <sup>1</sup>	38(18) <sup>1</sup>	20

(<sup>1</sup>) skillnad mellan NO<sub>x</sub> halt i aktuell mätpunkt och bakgrundshalt (mätpunkt 25).

Om man tar skillnaden mellan NO<sub>x</sub>-halten i mätpunkterna 1, 9 resp 12 och NO<sub>x</sub>-halten i mätpunkt 25, fås ett mått på bidraget från de gaseldade pannorna till NO<sub>x</sub>-halten i dessa mätpunkter. Bidraget är ca 10-15 $\mu\text{g}/\text{m}^2$  varav omkring 30% är NO<sub>2</sub>.

Korrektionen till figur 4.1 är för vindriktningar NV-N högst 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Korrektionen för andra vindriktningar kan ej beräknas ur mätdata men är rimligen av samma storleksordning. T ex skiljer sig medelvärdet över hela perioden endast marginellt från medelvärdet i perioden med vindriktningar i intervallet NV-N för mätpunkterna 1, 9 och 12. Detta medför att väggpannorna i gatan bidrar till bakgrundsnivån enligt tabell 4.2.

Tabell 4.2 Bidraget från källor till bakgrunds-nivån i gatan, ( $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ ).

	NO <sub>x</sub>	NO <sub>2</sub>
Vägghannor	15	4.5
Övrig bakgrund	23 <sup>1)</sup>	17.5 <sup>2)</sup>

1) Medelvärde för punkterna 1, 9 och 12

2) NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> som i Malmö, 70–80 %

Av tabellen framgår att vägghannorna bidrar med ca 20% av NO<sub>2</sub>-halten i gatuplanet och med en nivå som är ca 1/10 av Naturgårdsverkets gränsvärde.

I figur 4.2 presenteras en motsvarande beräkning av bidraget till NO<sub>2</sub> på fasaden. Ur figuren framgår att bidraget till medelvärdet av NO<sub>2</sub> halten från vägghannan är  $\leq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  på 1 m avstånd från utsläppet och  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , dvs i nivå med bidraget till bakgrunden i gatan, på 2m avstånd från utsläppet.

Hypotesen att mätpunkt 25 kan anses vara ett mått på den inkommande bakgrunds-nivån för vindriktningar mellan NV – N testades genom att studera korrelationen mellan NO<sub>x</sub> – värdena i mätpunkterna 12 och 15 vid ungefär samma tidpunkt. Korrelationen given i Fig 3, 4 visar att antagandet är rimligt med hänsyn tagen till en mätonoggranhet på c:a 30 ppb NO<sub>x</sub>.



## 5 NATURVÅRDSVERKETS GRÄNSVÄRDEN FÖR NO<sub>2</sub>

Statens Naturvårdsverk har lagt fram följande förslag till riktlinjer för NO<sub>2</sub> halter i andningsluft:

Långtidsvärde – 6 månaders medelvärde, oktober tom mars, (eller april tom september), 50 µg NO<sub>2</sub>/kubikmeter.

Korttidsvärde – 1 timme, 99,9 percentil, 190 µg/kubikmeter.

WHO:s riktlinjer för en månad ligger på 190 µg/kubikmeter, (99,9 percentil).

## 6 OMVANDLINGSAKTORER

I rapporten ges NO<sub>x</sub>-koncentrationerna både i ppm (eller ppb), och i µg NO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>. NO<sub>x</sub>-halten, som har uppmätts i ppm har omräknats till µg NO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> enligt:

$$1 \text{ ppm} = 1000 \text{ ppb}$$

$$1 \text{ ppb} = 1.88 \text{ µg NO}_2/\text{m}^3$$

vilket gäller vid 25°C.

## 7 INOMHUSMÄTNING

I figur 7.1 a visas resultat från en mätning av NO<sub>x</sub>-halten i en avgasplym under vindstilla förhållanden (inomhus). (NO<sub>x</sub>-halterna beräknades som medelvärdet av den uppmätta NO<sub>x</sub>-halten under 100 s). I respektive mätpunkt uppmättes också NO-halten, CO<sub>2</sub>-, O<sub>2</sub>-halterna samt temperaturen. Dessa värden visas i figurerna 7.1 b–e.

I referens /3/ redovisas en metod att teoretiskt beräkna NO<sub>2</sub>-halten i den momentana avgasplymen från pannor med forcerat drag. I figur 7.2, som är hämtad från referens /3/, visas en jämförelse mellan uppmätta NO<sub>2</sub>-halter och beräknade NO<sub>2</sub>-halter efter den föreslagna teorin. Från den aktuella inomhusmätningen har den uppmätta NO<sub>x</sub>-halten (i centrum av plymen), vid tre höjder ovan avgasutsläppet ritats ut. (Vid 0,5, 1,0 och 1,5 m). Dessa är markerade med \*. Som synes i figuren stämmer mätresultaten ganska väl överens med den föreslagna teorin för stillastående avgasplym.

Modellen för NO<sub>2</sub>-halten i den momentana avgasplymen från pannor med forcerat drag har följande utseende:

$$\frac{\kappa F_0^{1/3}}{Q_0} = \frac{0.2873}{Z^{1.1667}}$$

där

$\kappa$  = NO<sub>2</sub>-halt (NO<sub>x</sub>-halt) i ppm

Z = höjd ovan avgasutsläppet i m

Q<sub>0</sub> = utsläpp av NO<sub>2</sub> i g/h

F<sub>0</sub> = värmeemission i m<sup>4</sup>/s<sup>3</sup>, beräknas enligt

$$Fo = \frac{g}{T_o} (T_o - T_E) V_o$$

där

$T_o$  = avgasernas mynningstemperatur i K

$T_E$  = omgivande lufts temperatur i K

$V_o$  = utblåst rökgasmängd i  $m^3/s$  vid temperaturen  $T_o$ , dividerat med  $\pi$

$g$  = tyngdaccelerationen

Under den aktuella mätningen rådde följande värden på  $Fo$  och  $Q_o$ :

$$Fo = \frac{g}{393} (393-293) V_o = 6.35 \cdot 10^{-3} (m^4/s^3)$$

Avgasmängden från pannan (vid 10.5 kW) är ungefär 20  $Nm^3/h$ , vilket ger

$$V_o = \frac{1}{\pi} \frac{20}{3600} \frac{393}{273} = 2.55 \cdot 10^{-3} (m^3/s)$$

$$Q_o = 2.5 \text{ g NO}_x/h$$

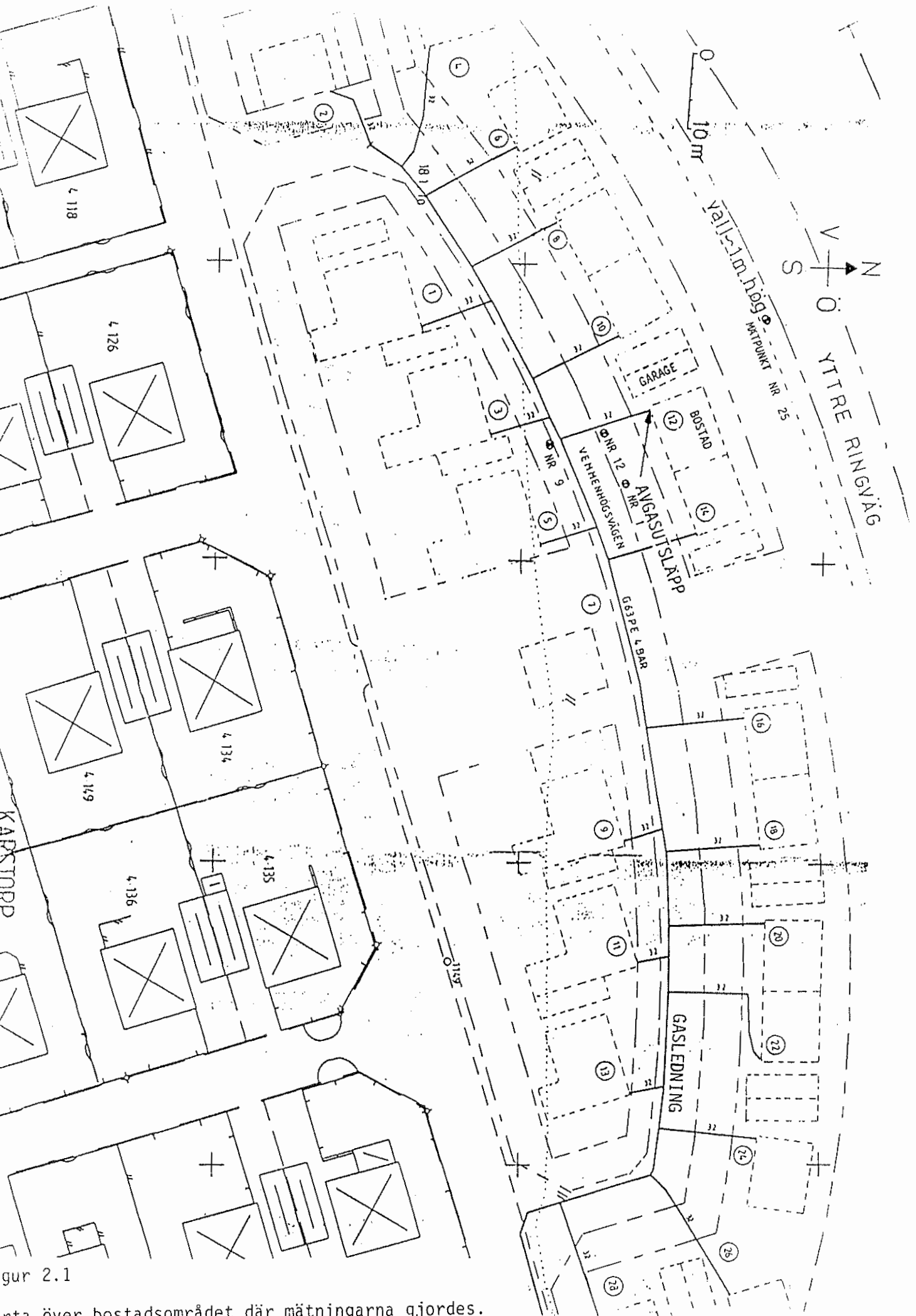
## SAMMANFATTNING

I rapporten presenteras mätningar, som har gjorts under perioden december 1987 till april 1988, av NO<sub>x</sub>-halten i luften i omgivningen av avgasutsläppet från en naturgaseldad villapanna.

Bl a redovisas hur olika vindhastigheter och vindriktningar inverkar på NO<sub>x</sub>-halten i pannans omgivning.

## REFERENSER

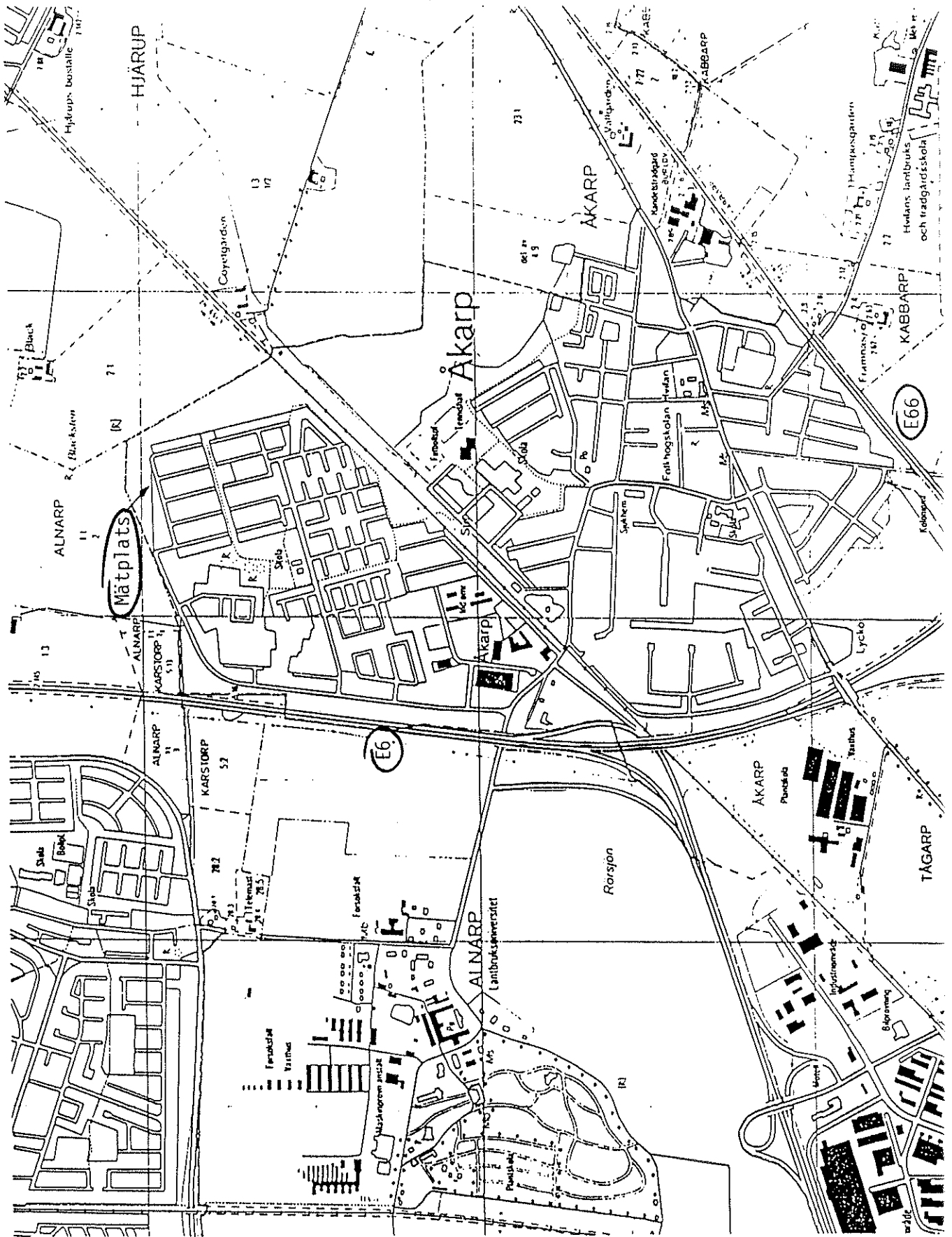
- 1 "Risker vid eldning av naturgas i värmeanläggningar för bostadshus. Etapp 1. Beskrivning av naturgas och värmeanläggningar", Löfgren, D – Holmstedt, G, Lund, Augusti 1988
- 2 "Luftströmning", A.– C. Andersson, Inst. för Byggnadsteknik, LTH Lund.
- 3 "Beräkning av utomhushalter av NO<sub>2</sub> kring gaseldade vägghärdar", SMHI, april 1985
- 4 Malmö miljö- och hälsoskyddsförvaltning, sektion för miljödata, Malmö.
- 5 OPSIS, Lund.
- 6 IVL, Göteborg.



Figur 2.1  
 Karta över bostadsområdet där mätningarna gjordes.

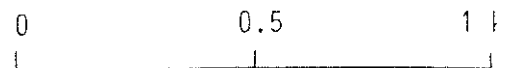
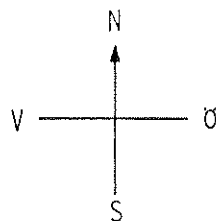
- mätpunkter





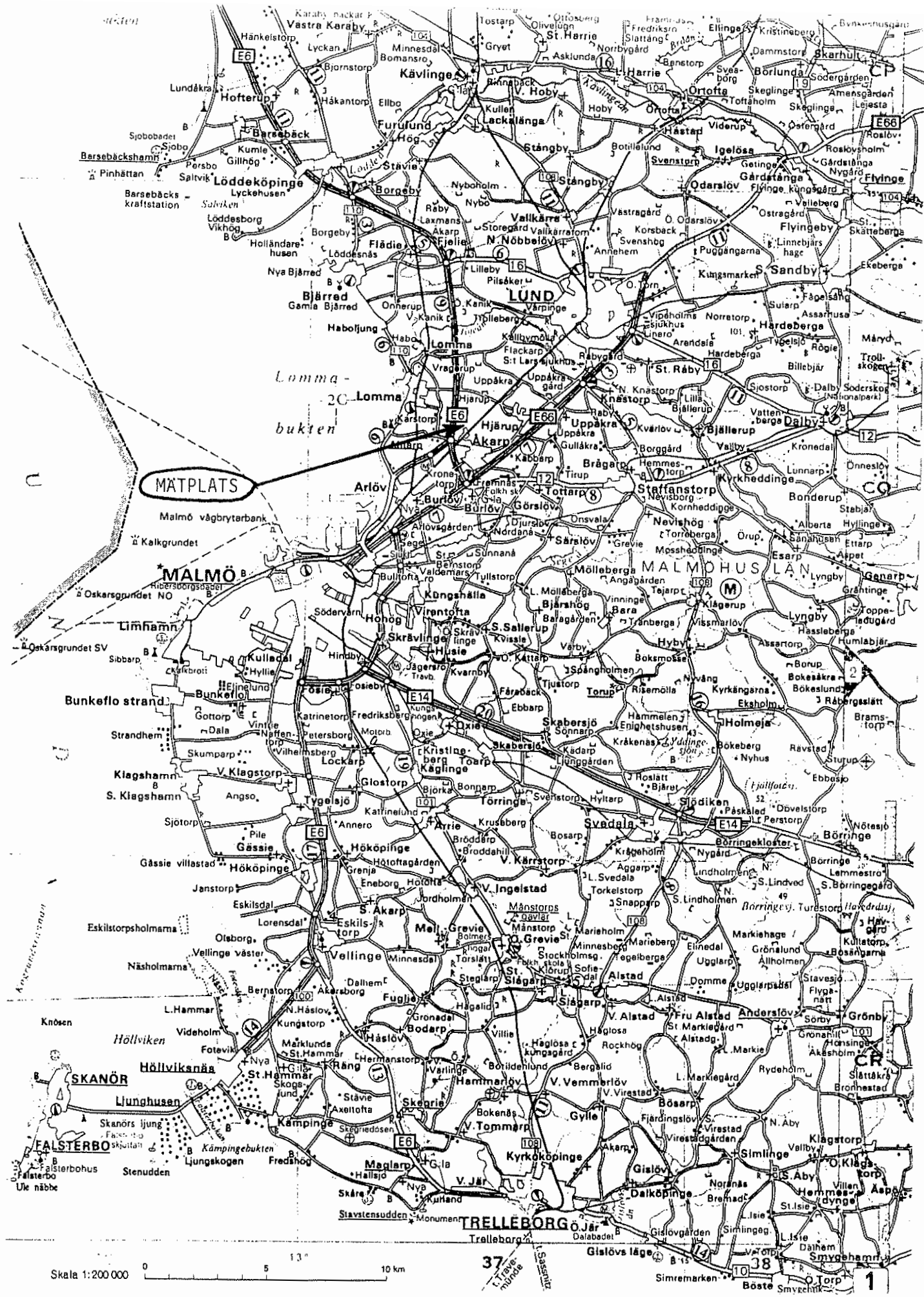
Figur 2.2

Karta över vägarna E6:s  
och E66:s lägen i för-  
hållande till mätplatsen





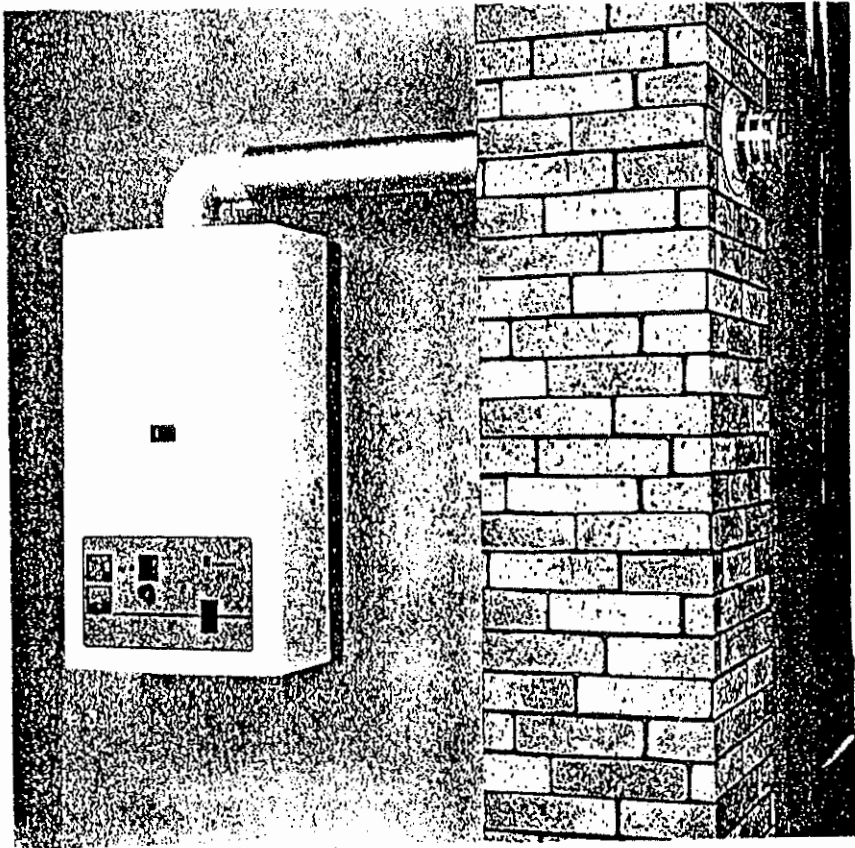




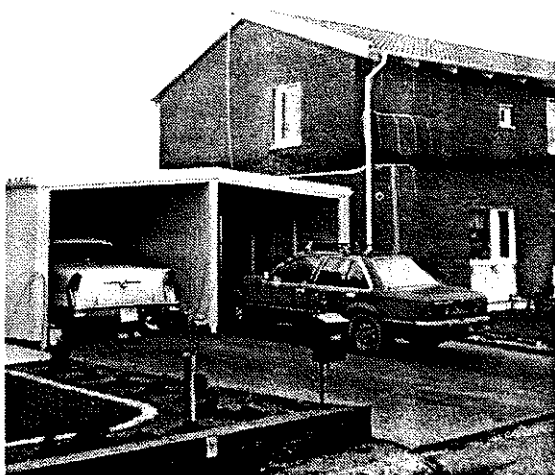
Figur 2.3

Karta över mätplatsens läge och avstånd i förhållande till Malmö och Lund.

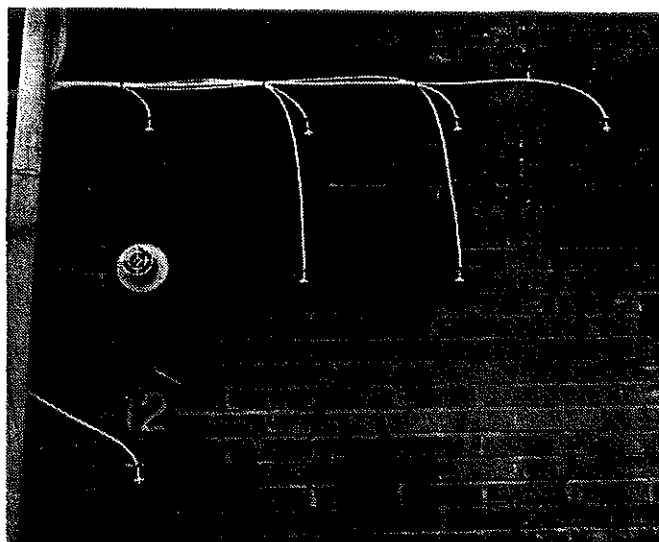




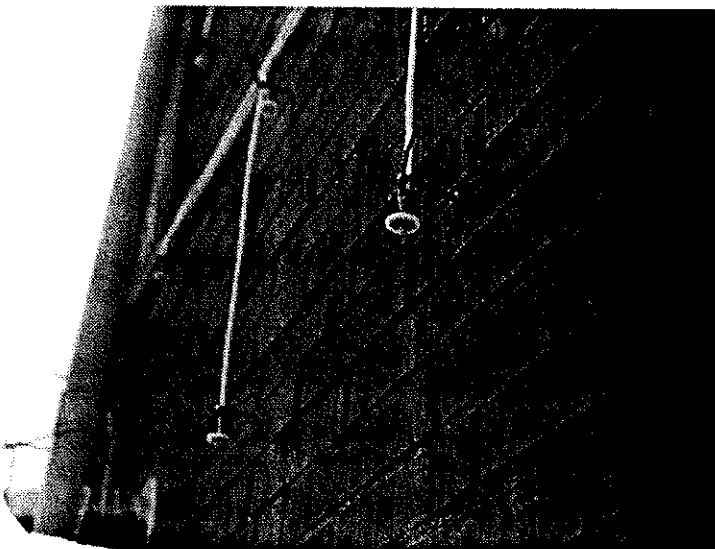
Figur 2.4 Terminal (Vaillant)



Figur 2.5 a



Figur 2.5 b



Figur 2.5 c

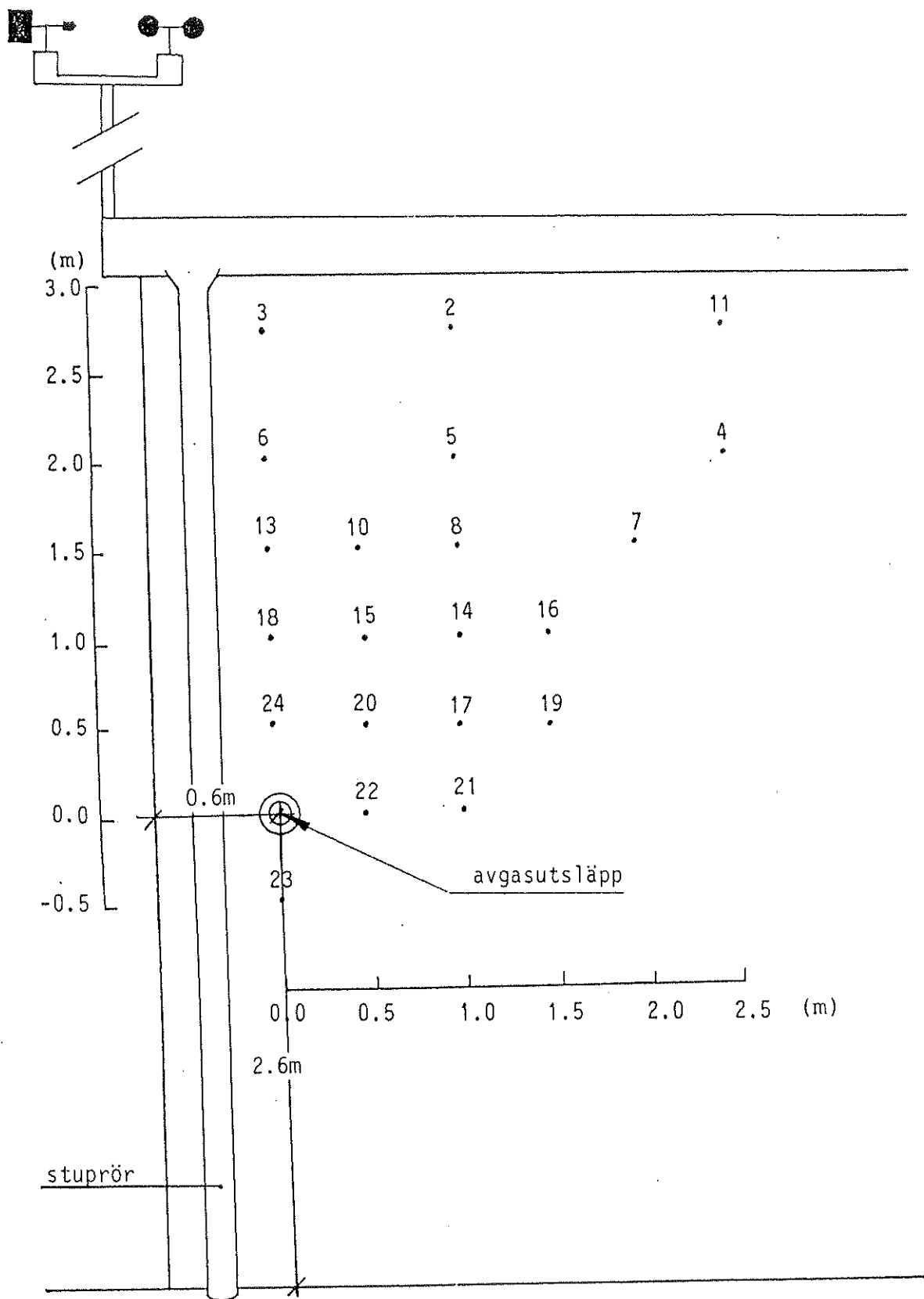


Figur 2.5 d

Figur 2.5 a-d

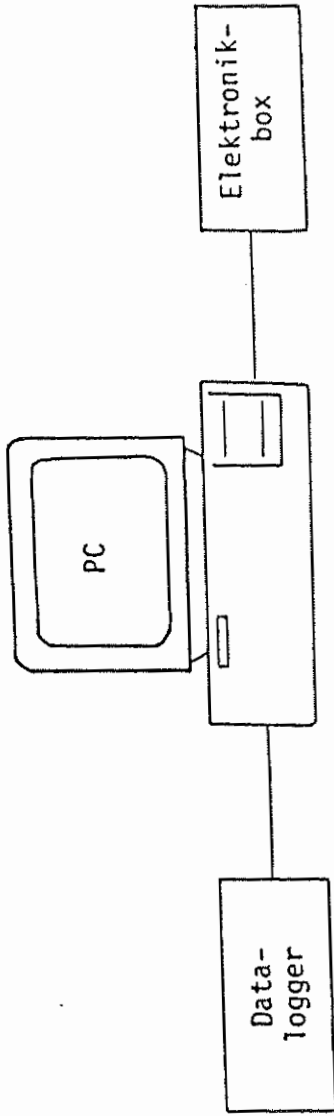
Placering av pannans avgasutsläpp och mätpunkter på husfasaden

- a - Placering av vindmätningssystem 2m över taknivå
- b - Mätpunkternas placering kring terminalmynningen
- c - Mätpunkt med filterhatt
- d - Mätpunkternas placering på fasaden samt mätpunkterna 12 och 1 fästa på 2.5m höga stolpar vid väggkanten



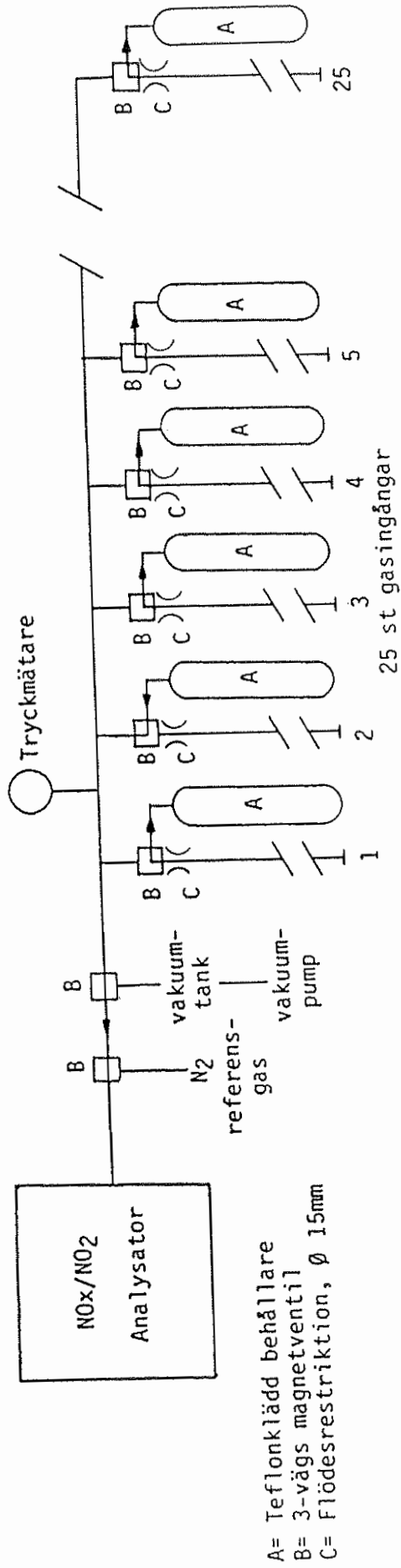
Figur 2.6

Mätpunkternas placering på fasaden

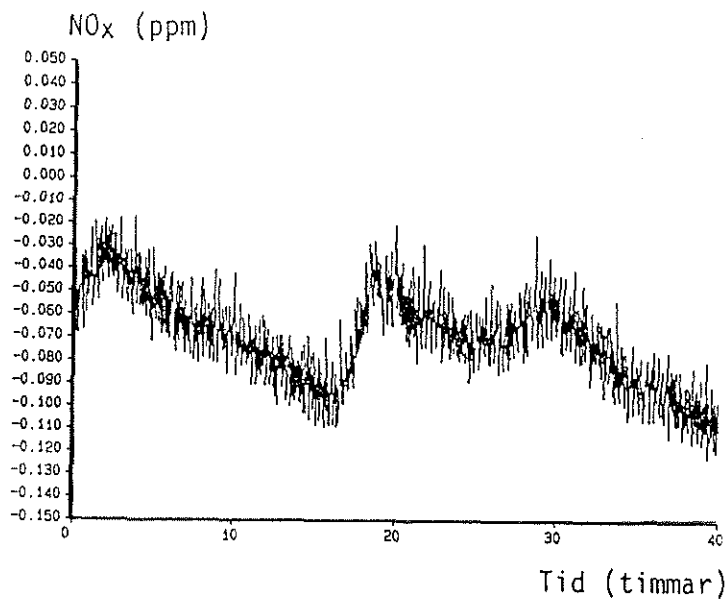


Registrering av:

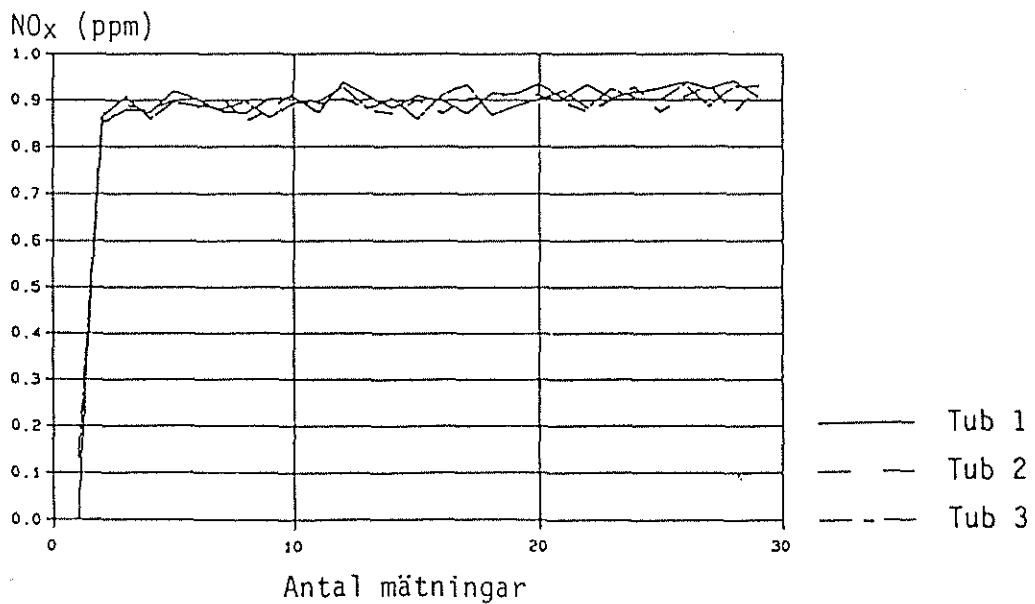
- NOx-halt
- vindhastighet
- vindriktning
- utetemperatur
- temeperatur i rökgaserna
- tryck i mätsystemet



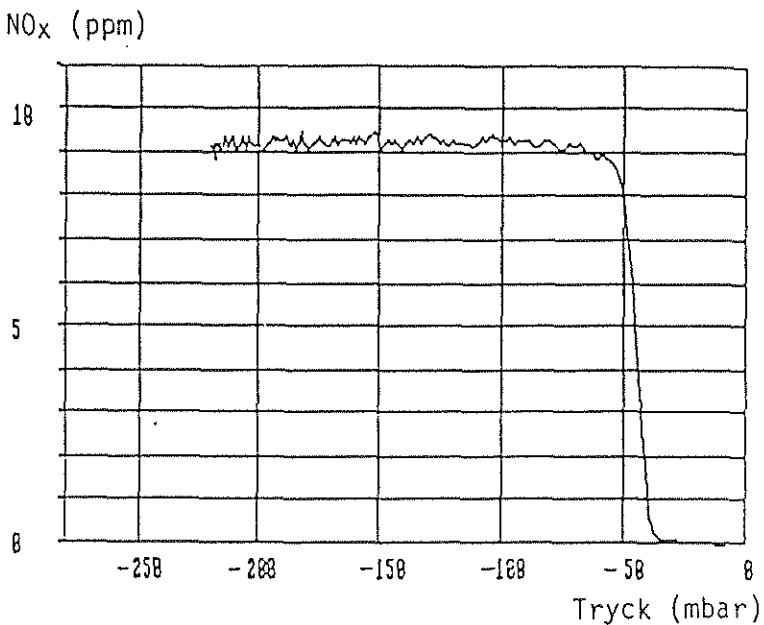
Figur 2.7 Mätssystem för gasanalys



Figur 2.8a Signalens brus och långtidsvariation vid mätning på  $N_2$  under ett och ett halvt dygn

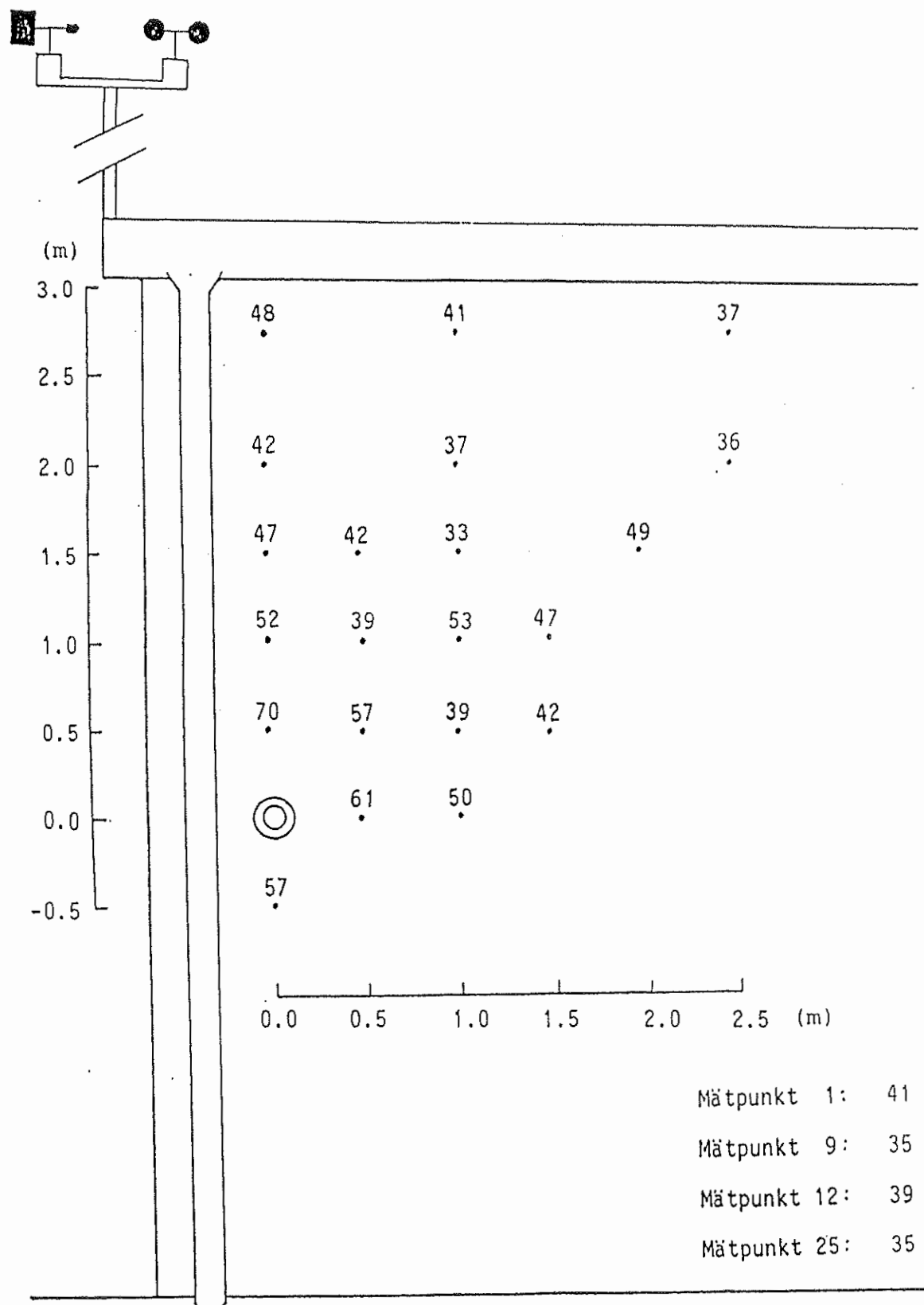


Figur 2.8b Mätning på kalibreringsgas ca 0.9 ppm



Figur 2.8c Tryckoberoende mätsignal

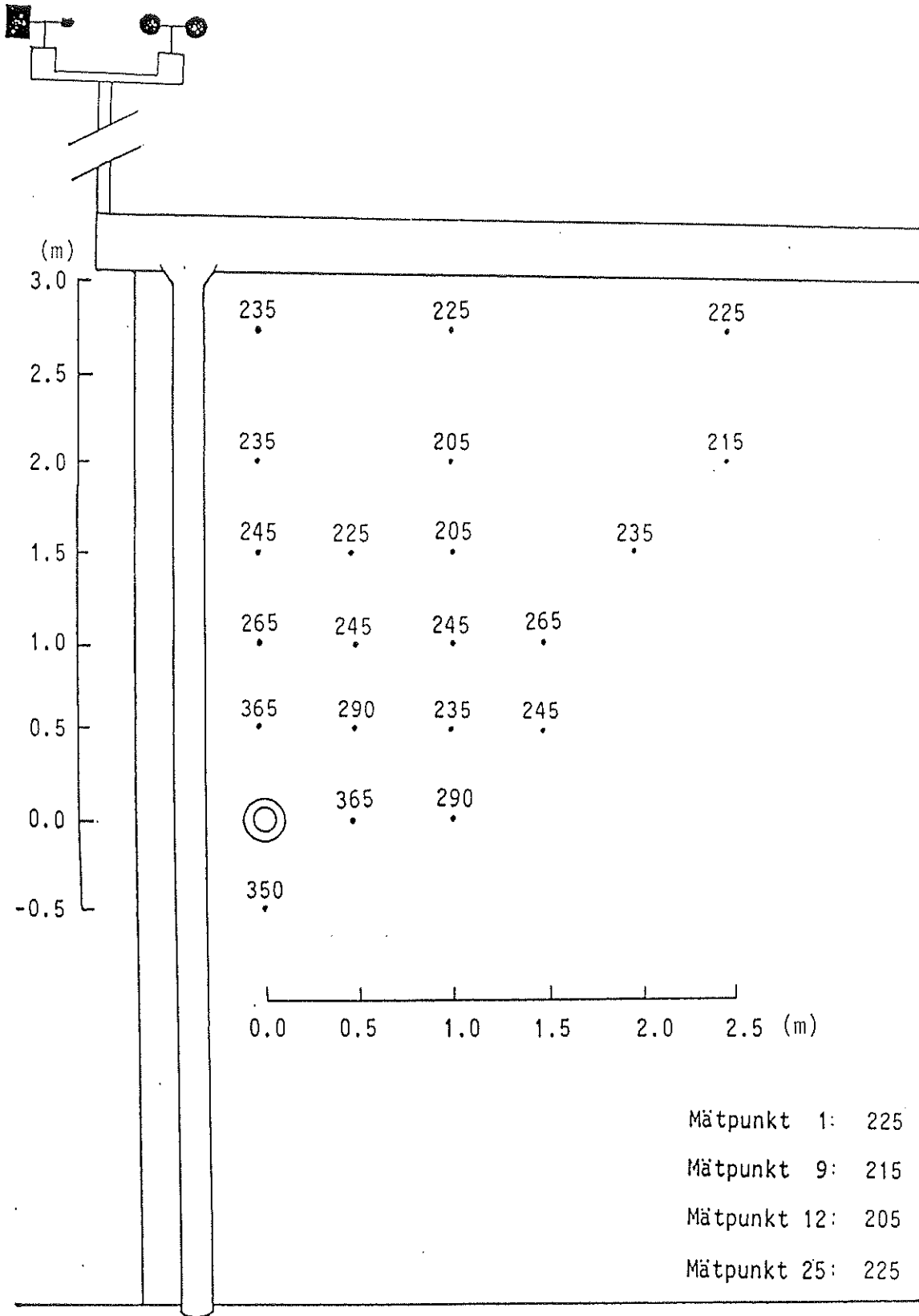




Mät punkt 1: 41  
 Mät punkt 9: 35  
 Mät punkt 12: 39  
 Mät punkt 25: 35

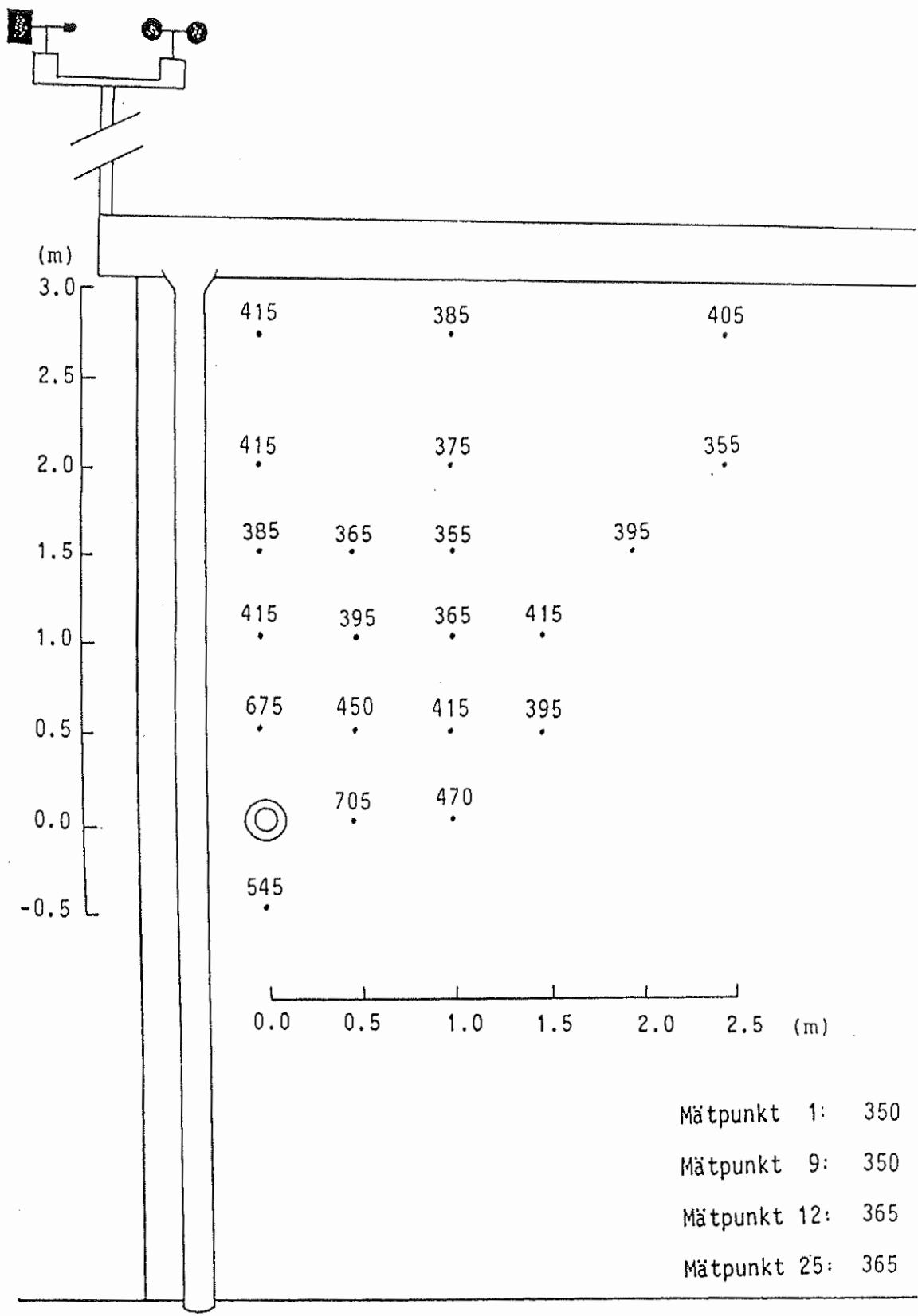
Figur 3.1 a

Nox-medelvärden för hela perioden i respektive mät punkt.  
 Värdena är angivna i  $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ .



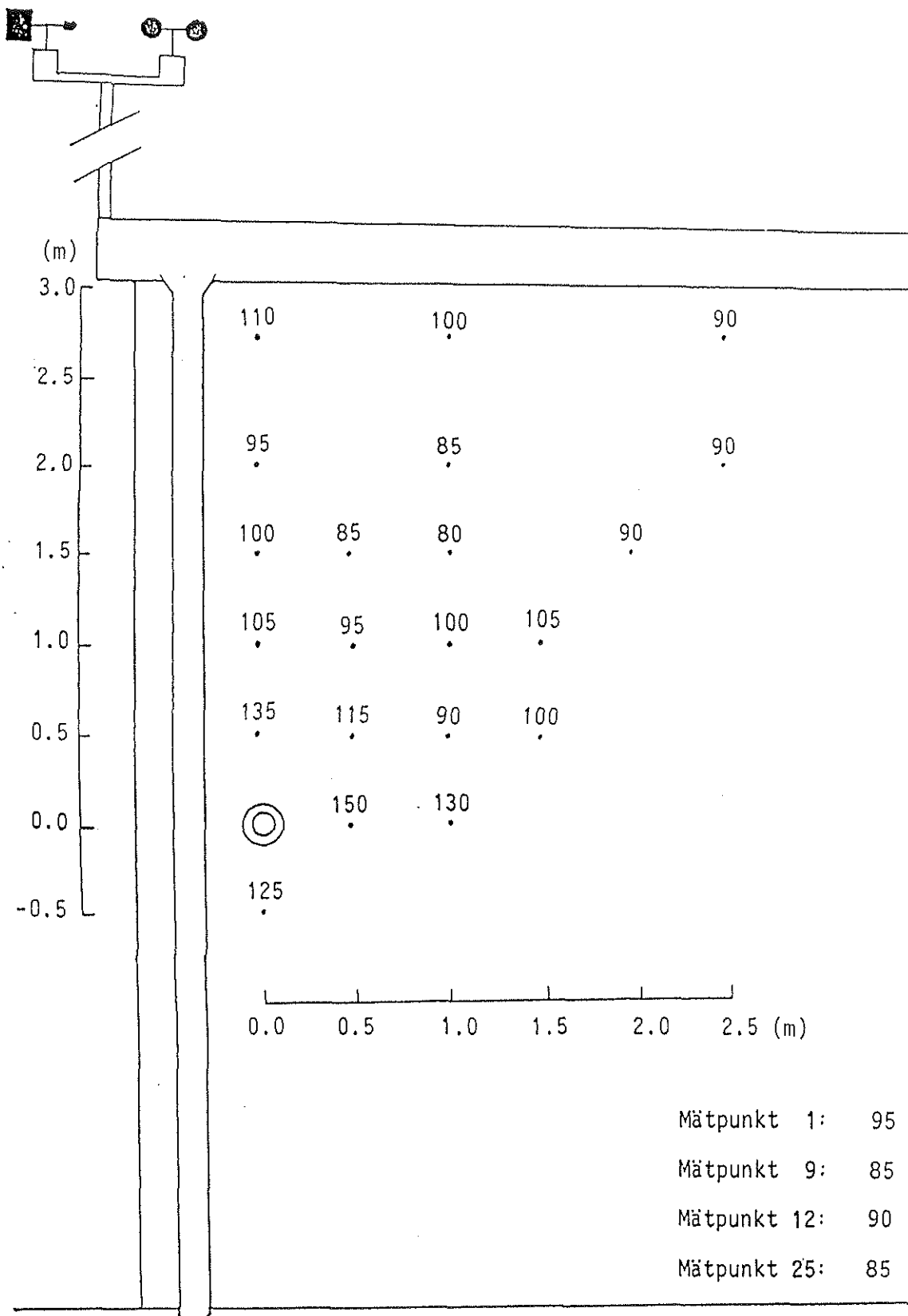
Figur 3.1 b

99-percentilerna för uppmätta halvtimmes medelvärden av NO<sub>x</sub>-halten (µg NO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>).



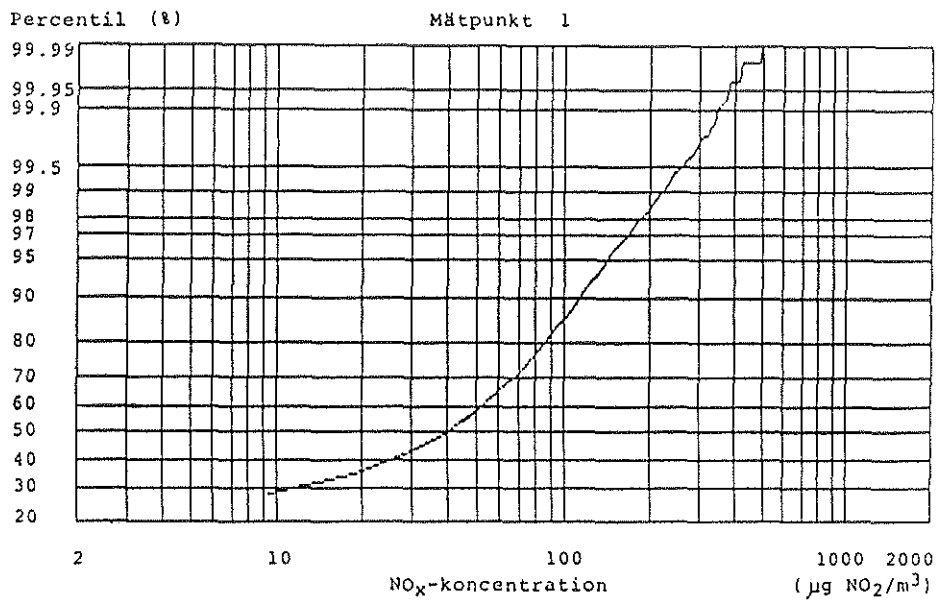
Figur 3.1 c

99,9-percentilerna för halvtimmes medelvärden av NO<sub>x</sub>-halten (µg NO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>).



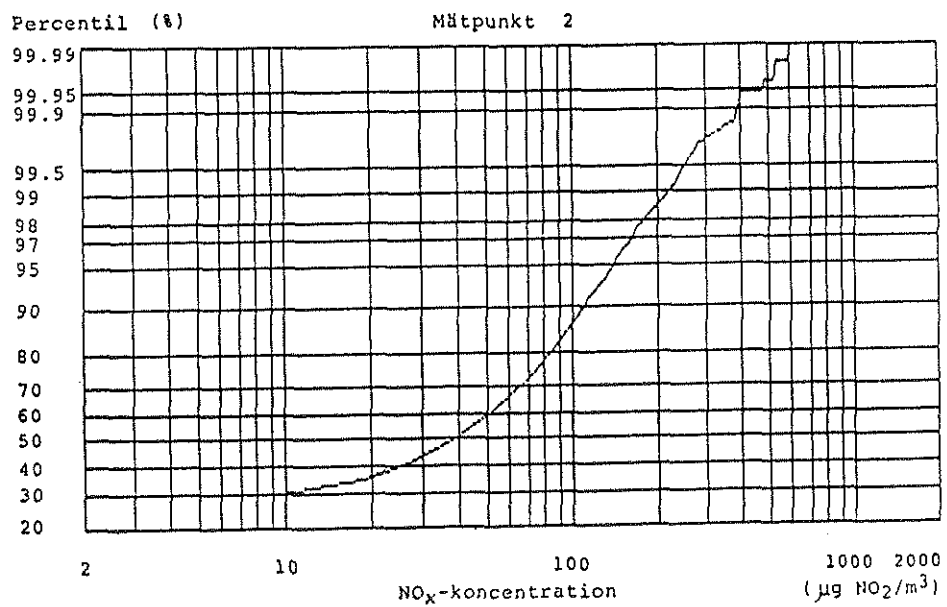
Figur 3.1 d

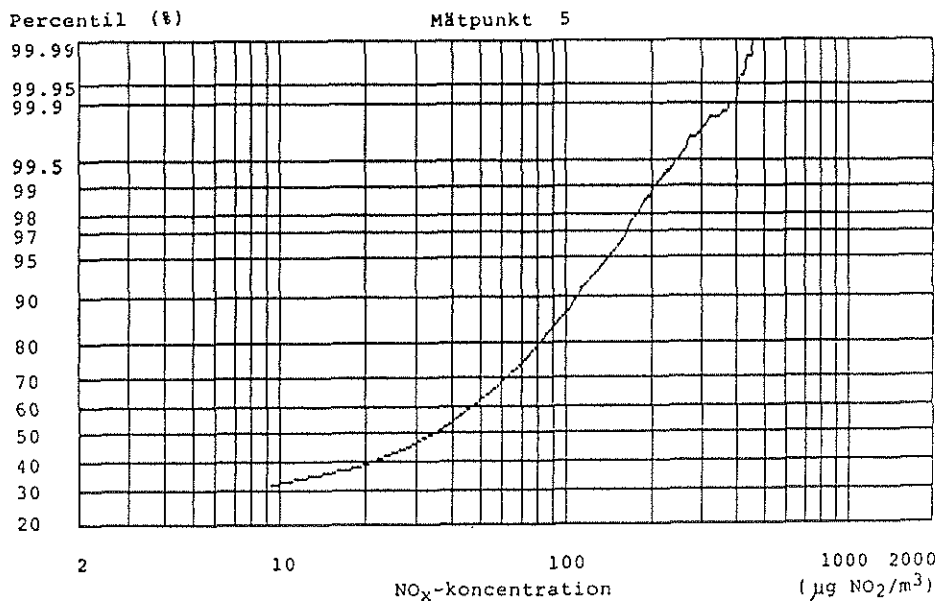
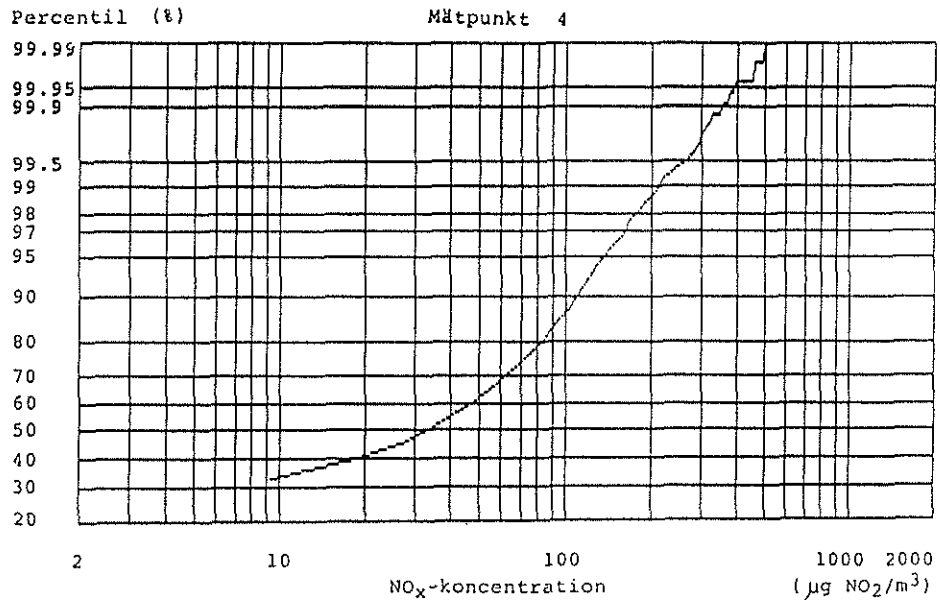
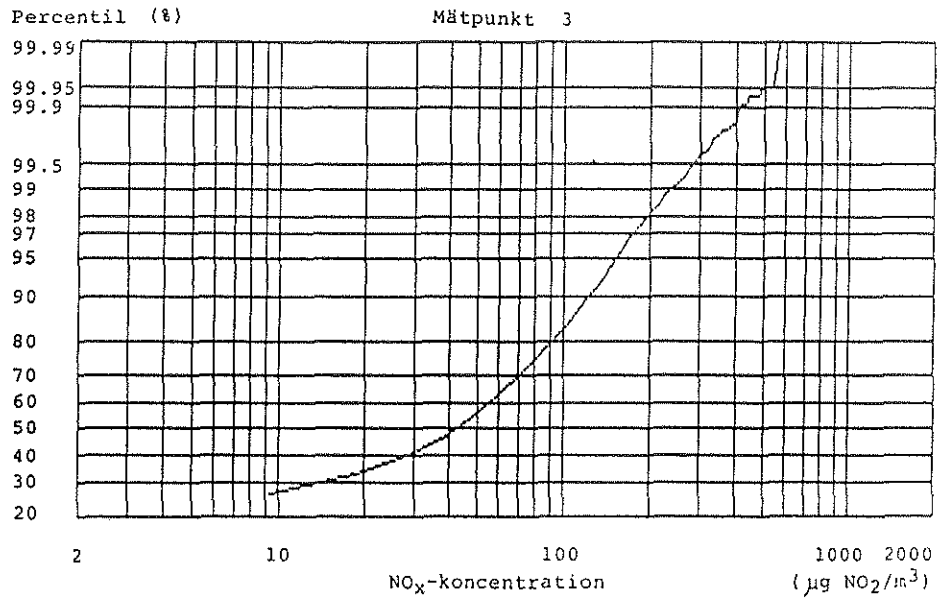
95-percentilerna för dygnsmedelvärden av NO<sub>x</sub>-halten (µg NO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>).



Figur 3.2.1-25

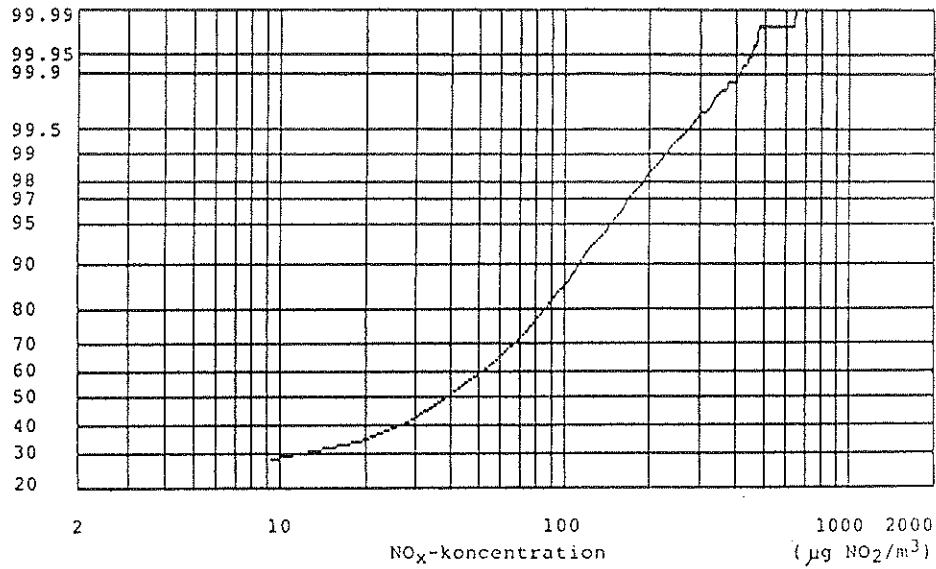
Fördelningsfunktioner för uppmätta halvtimmesmedelvärden.





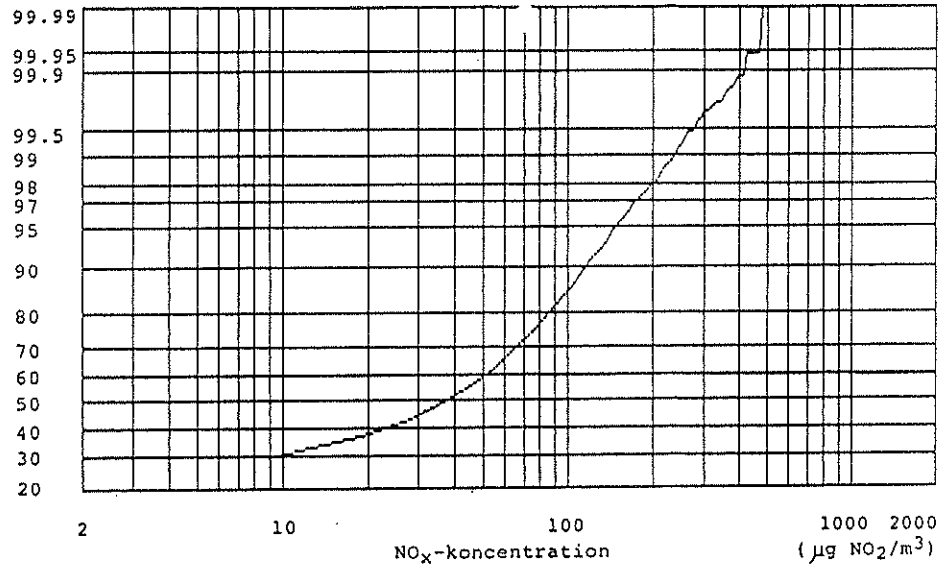
Percentil (%)

Mät punkt 6



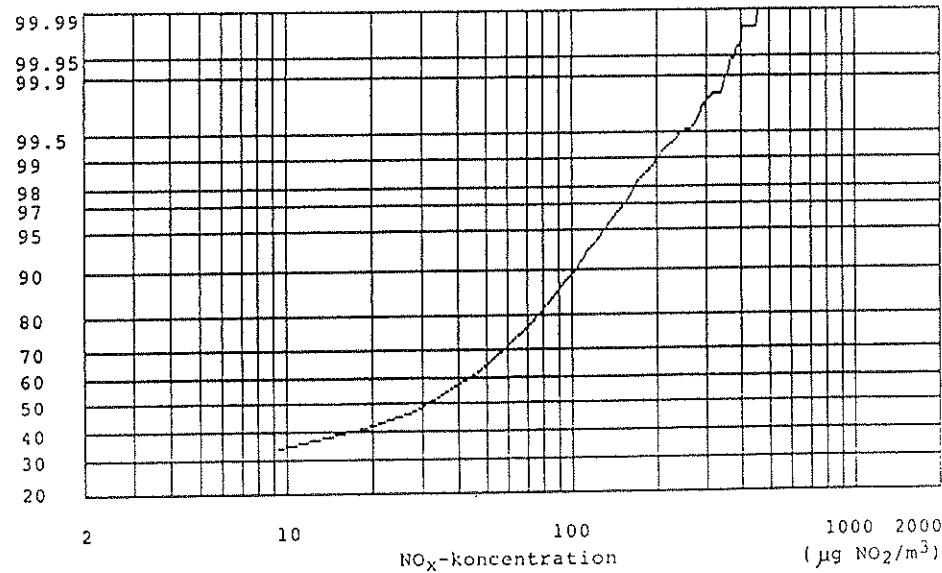
Percentil (%)

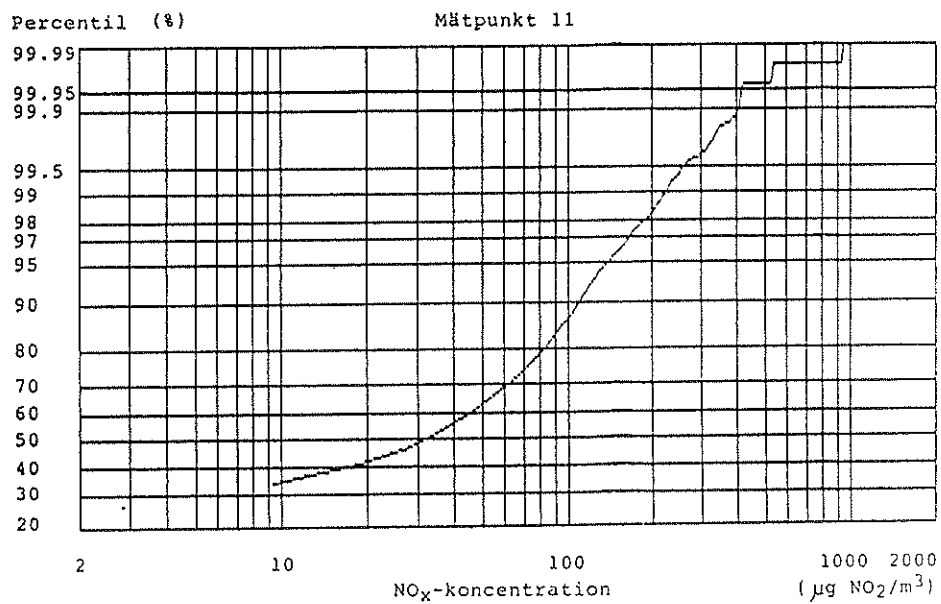
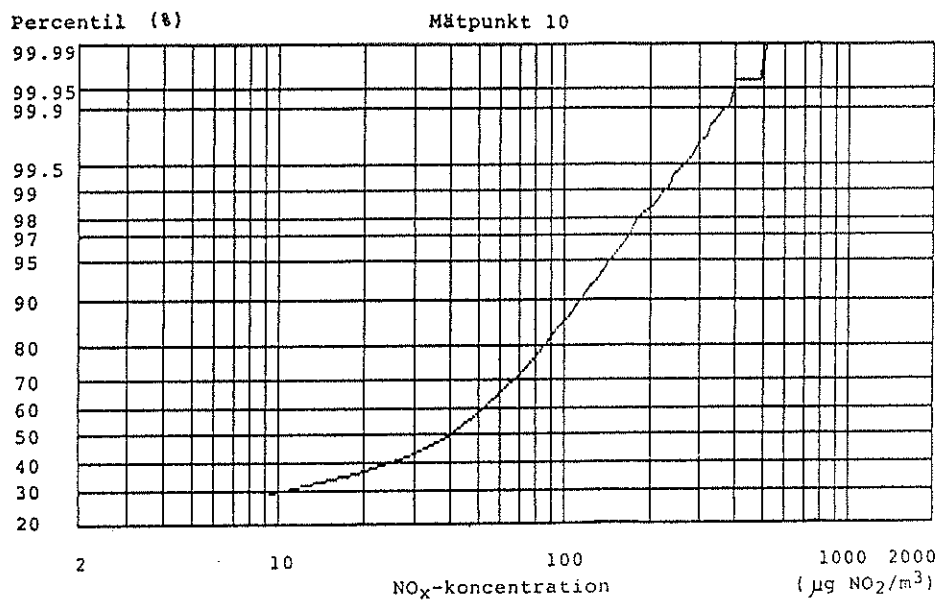
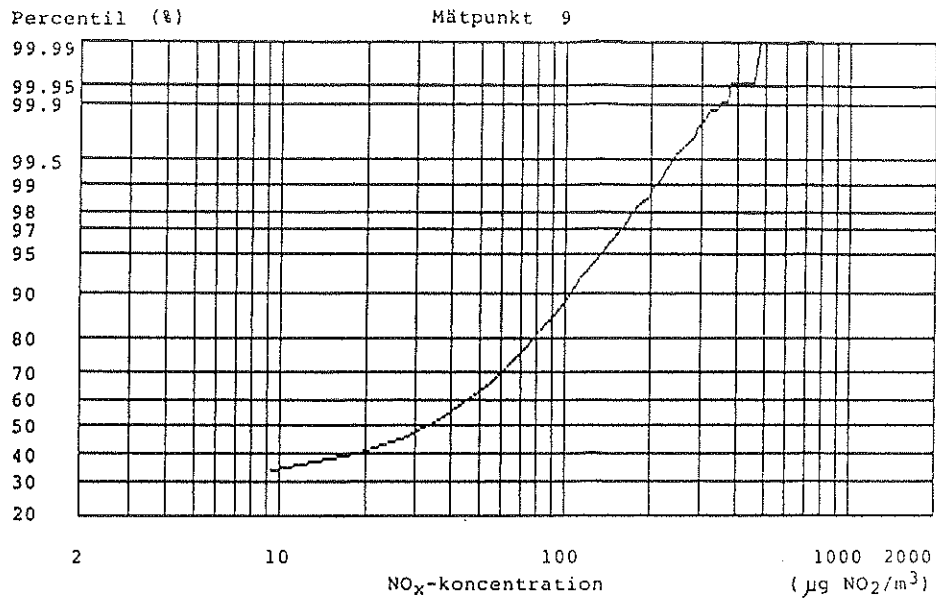
Mät punkt 7



Percentil (%)

Mät punkt 8

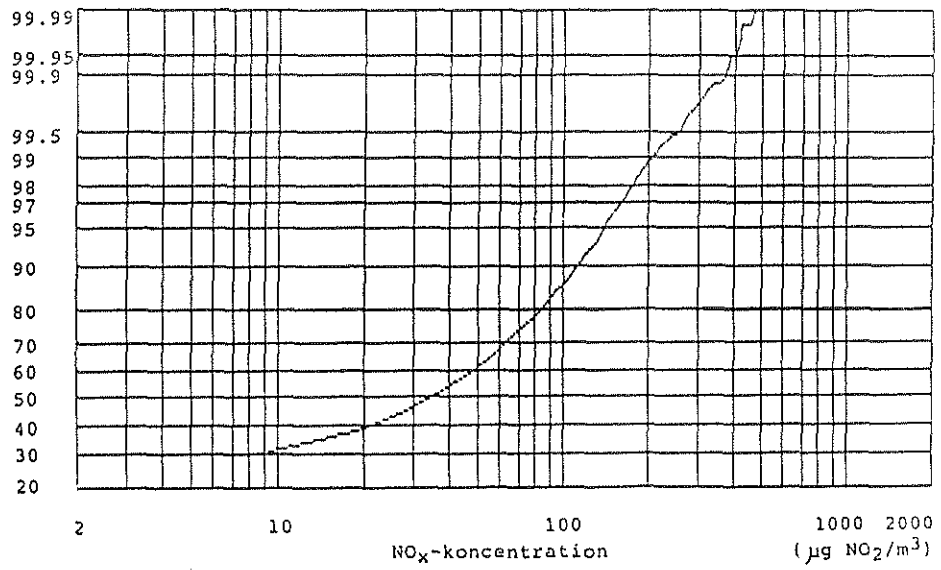






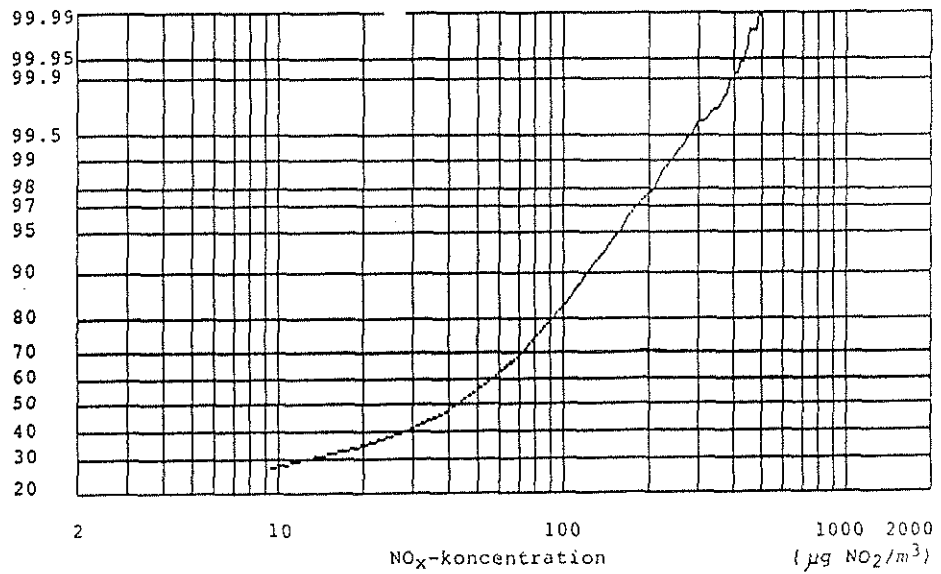
Percentil (%)

Mät punkt 12



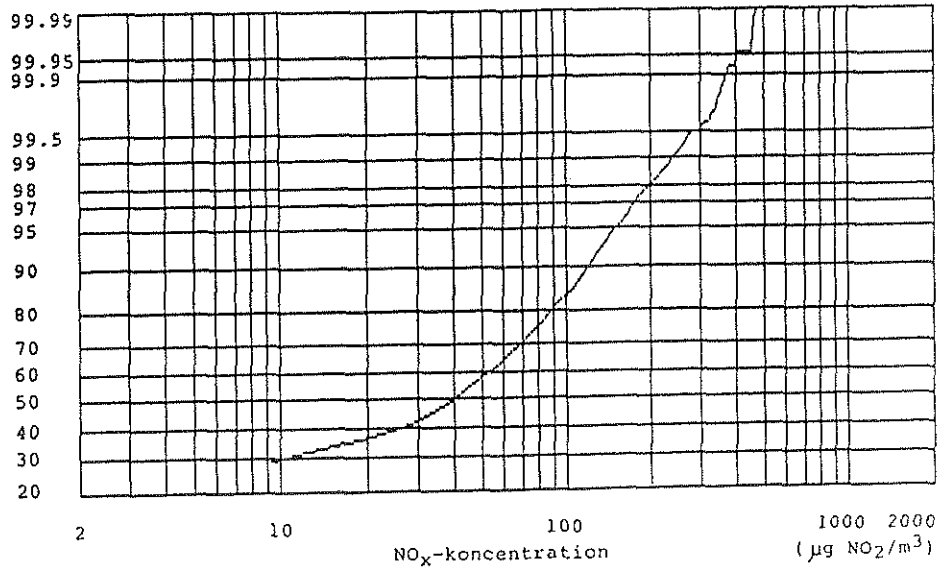
Percentil (%)

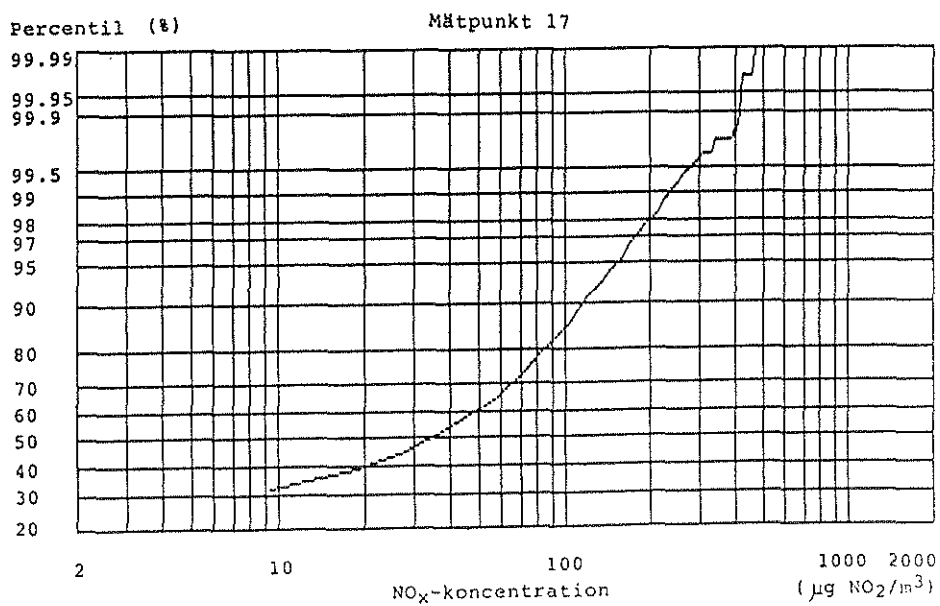
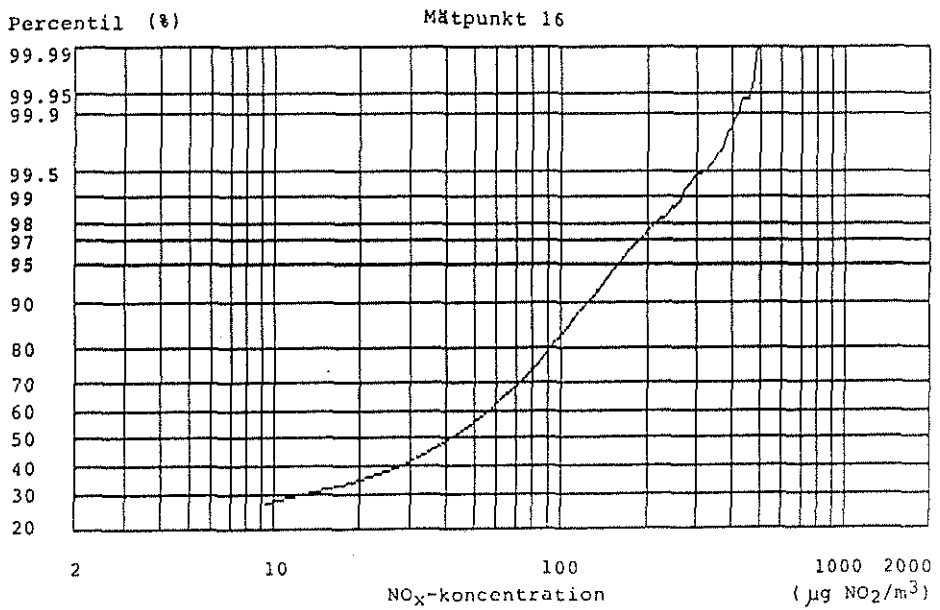
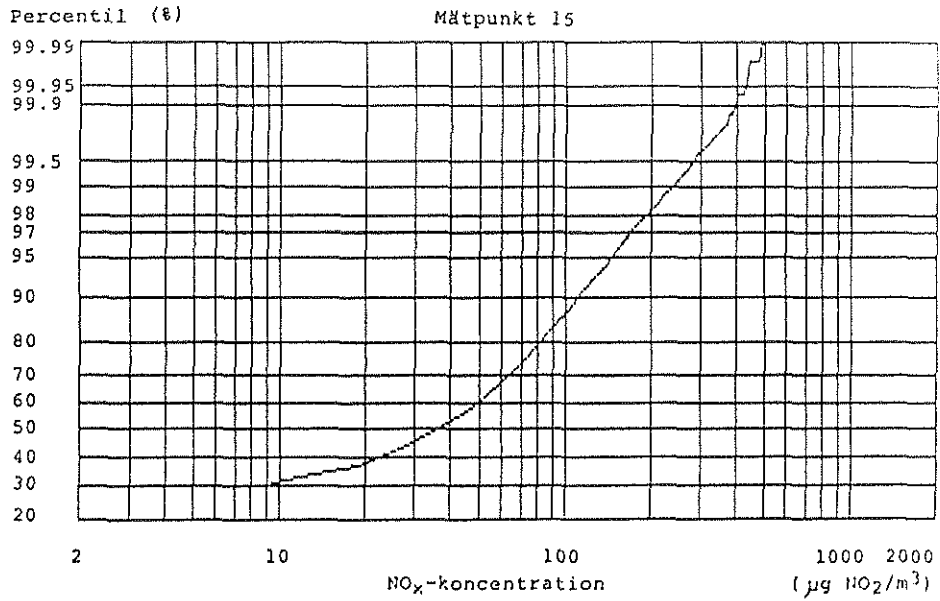
Mät punkt 13



Percentil (%)

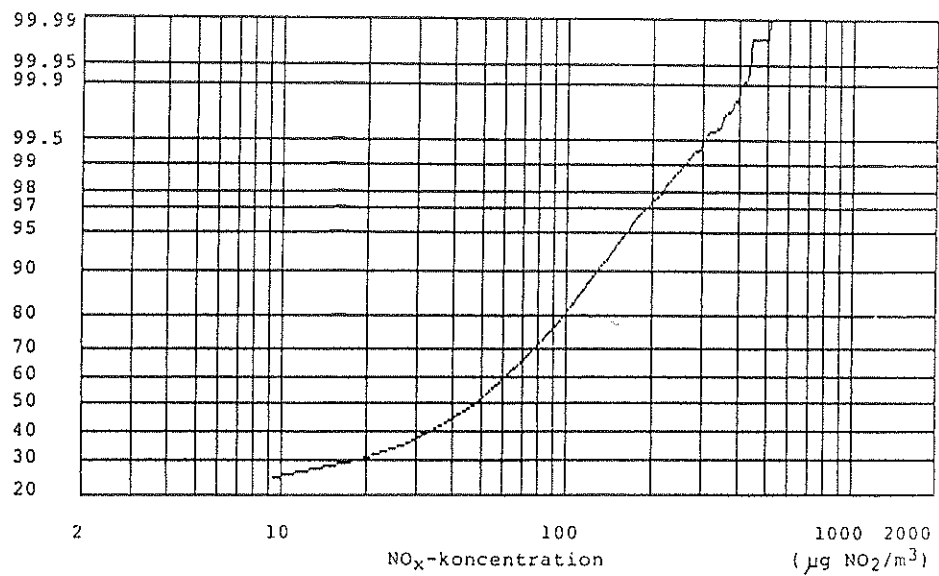
Mät punkt 14





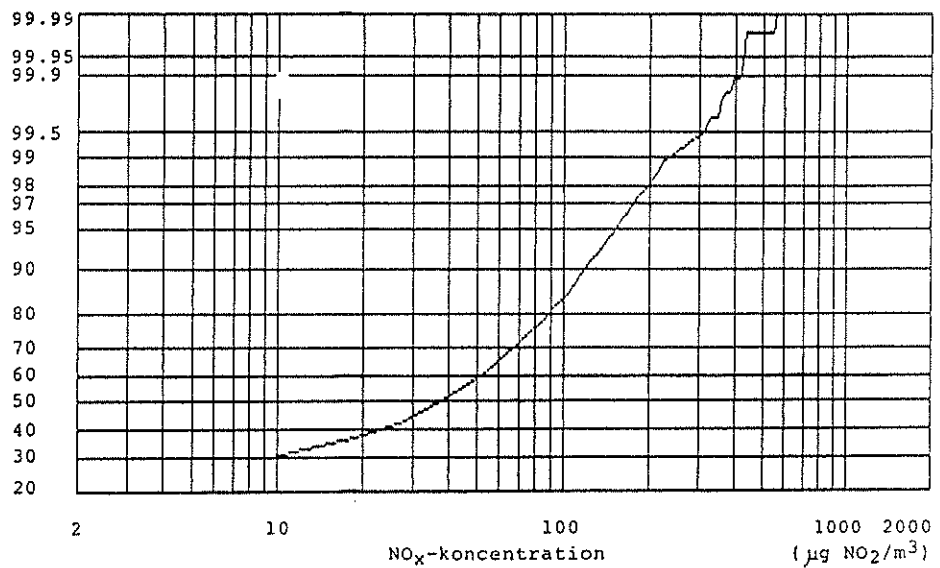
Percentil (%)

Mät punkt 18



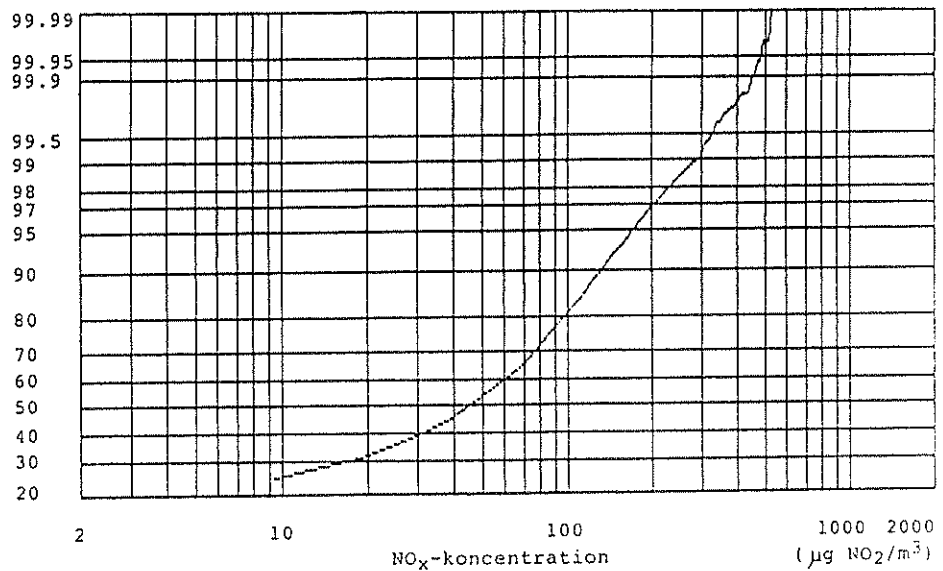
Percentil (%)

Mät punkt 19



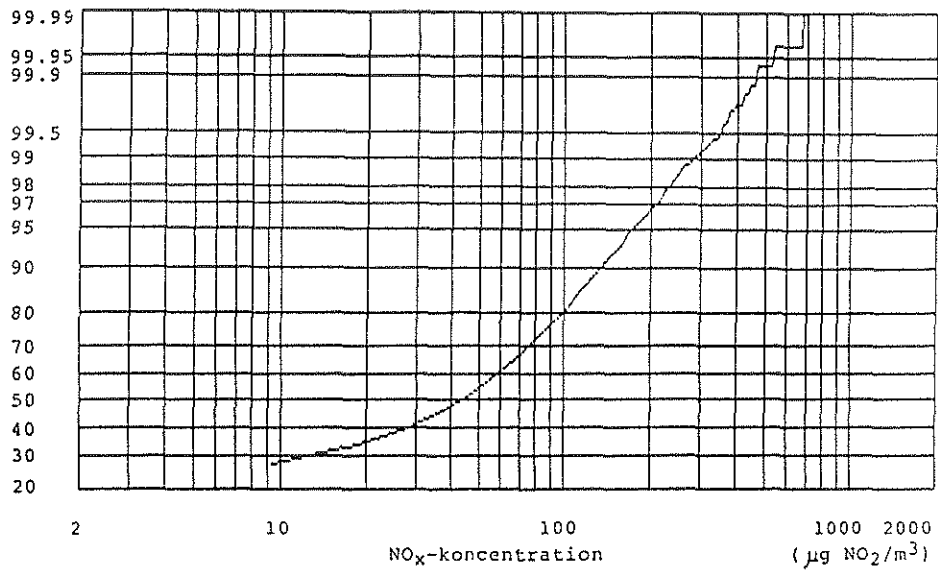
Percentil (%)

Mät punkt 20



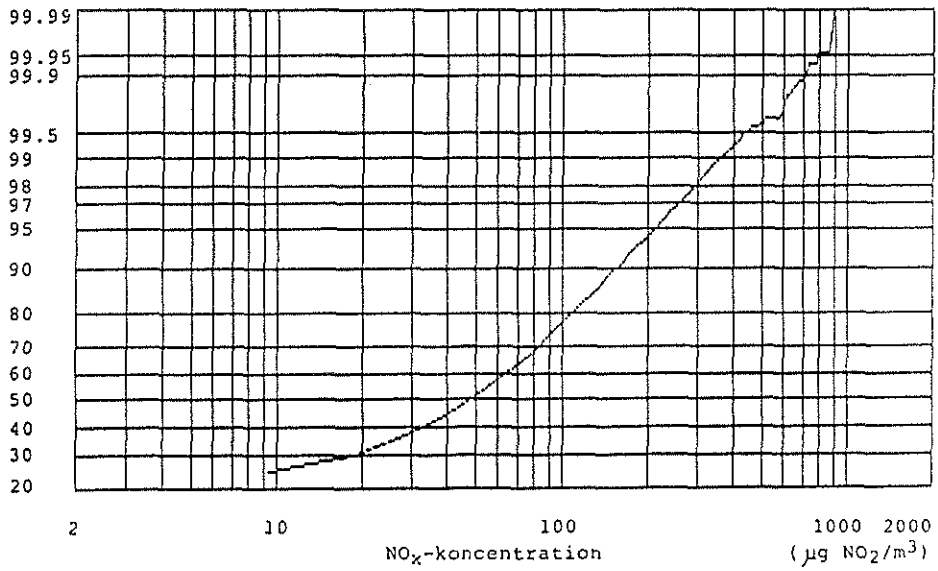
Percentil (%)

Mätpunkt 21



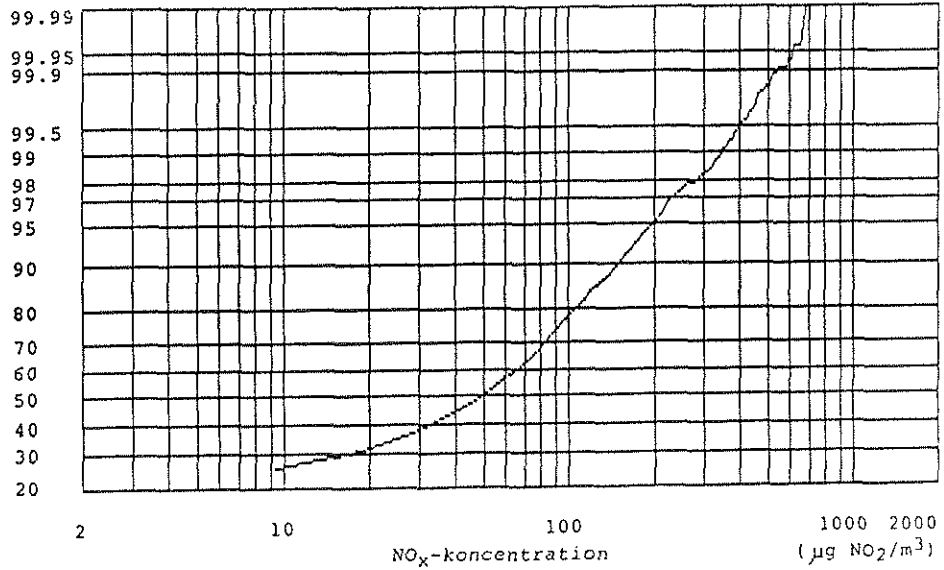
Percentil (%)

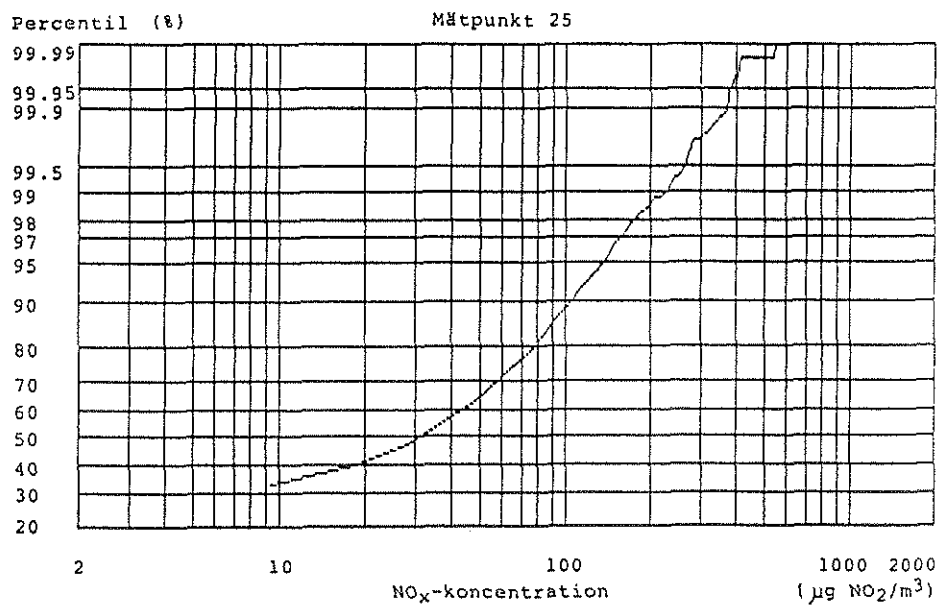
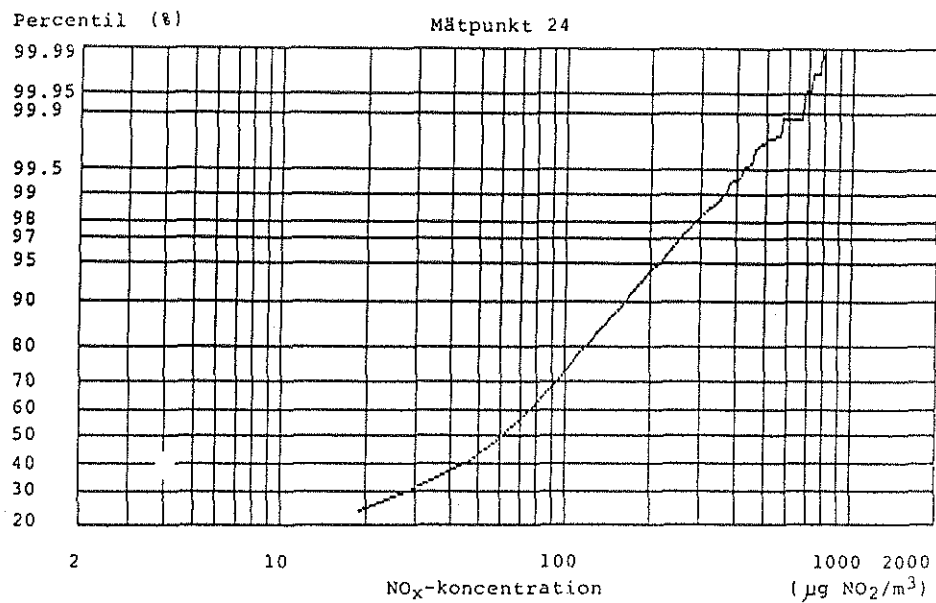
Mätpunkt 22

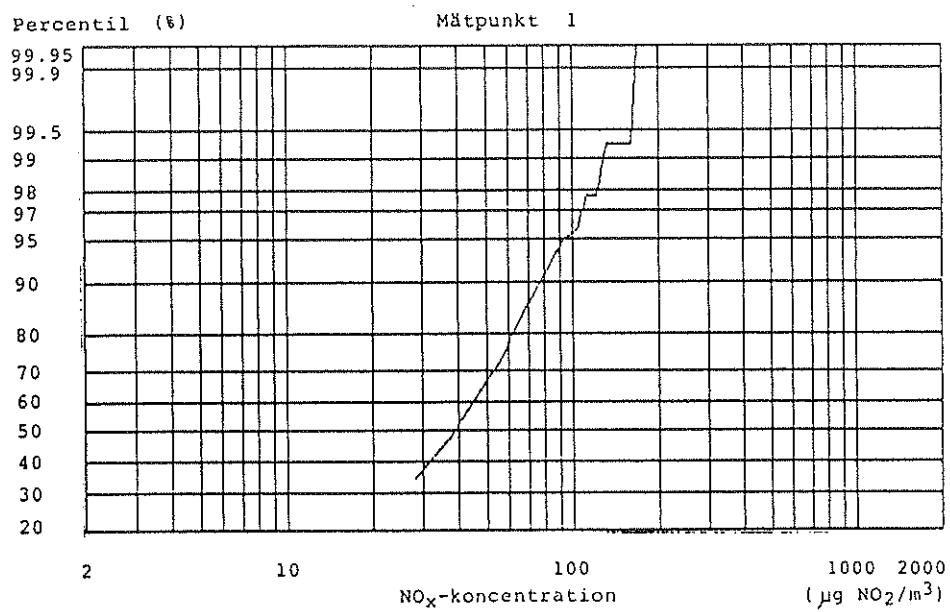


Percentil (%)

Mätpunkt 23

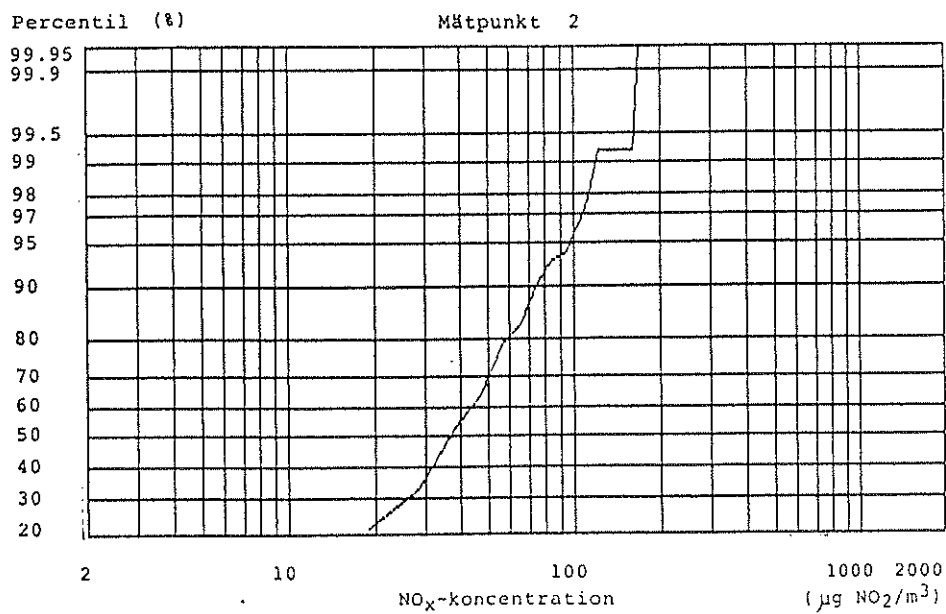


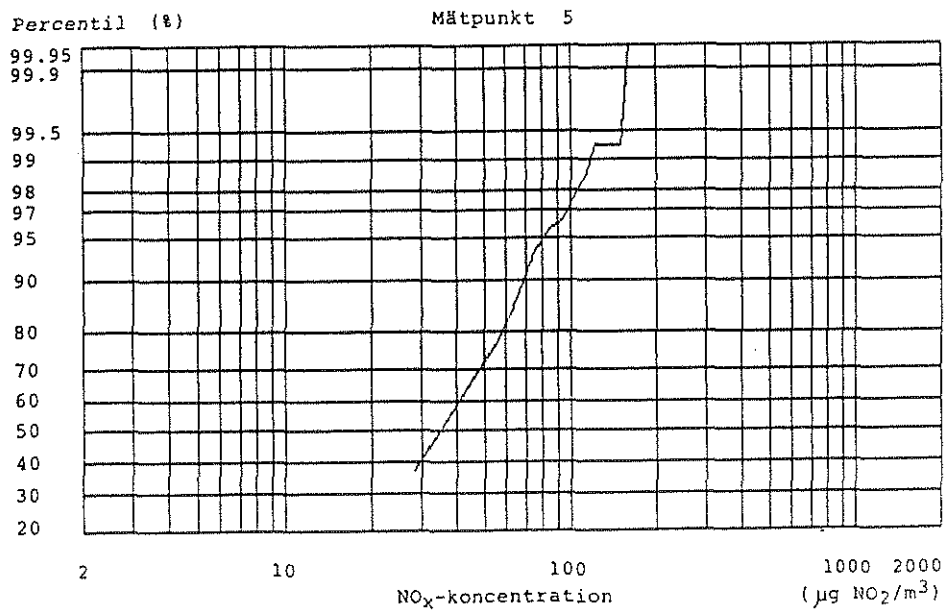
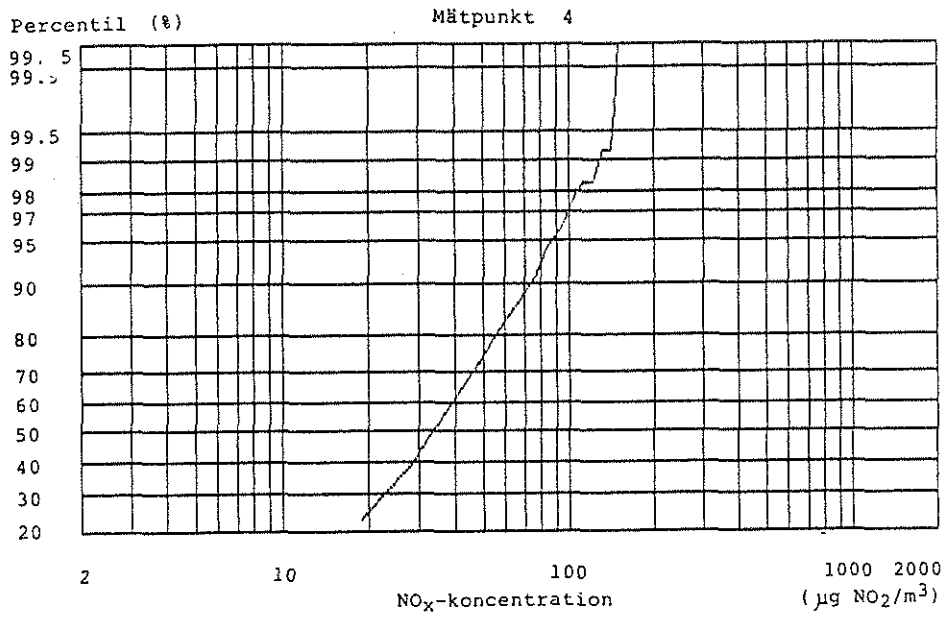
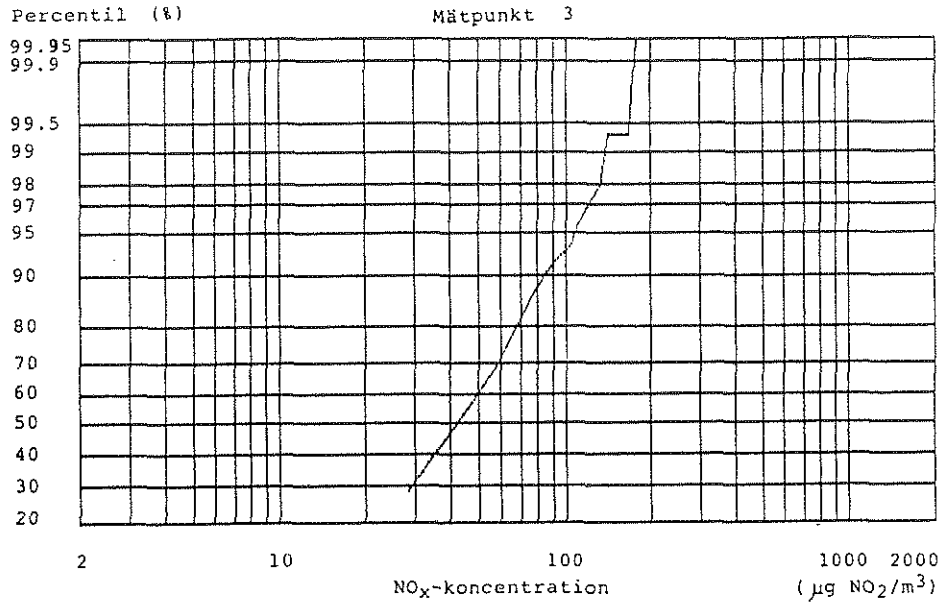




Figur 3.3.1-25

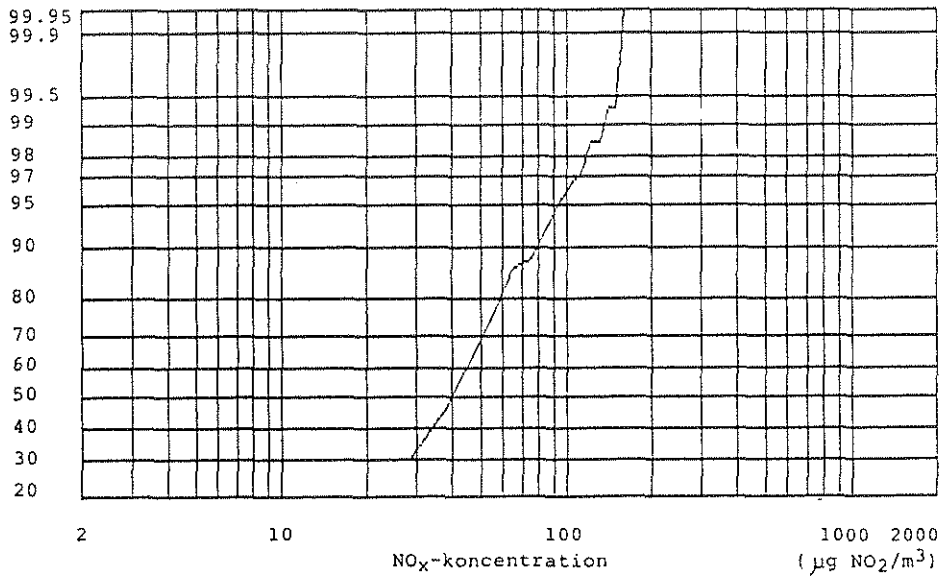
Fördelningsfunktioner för dygnsmedelvärden.





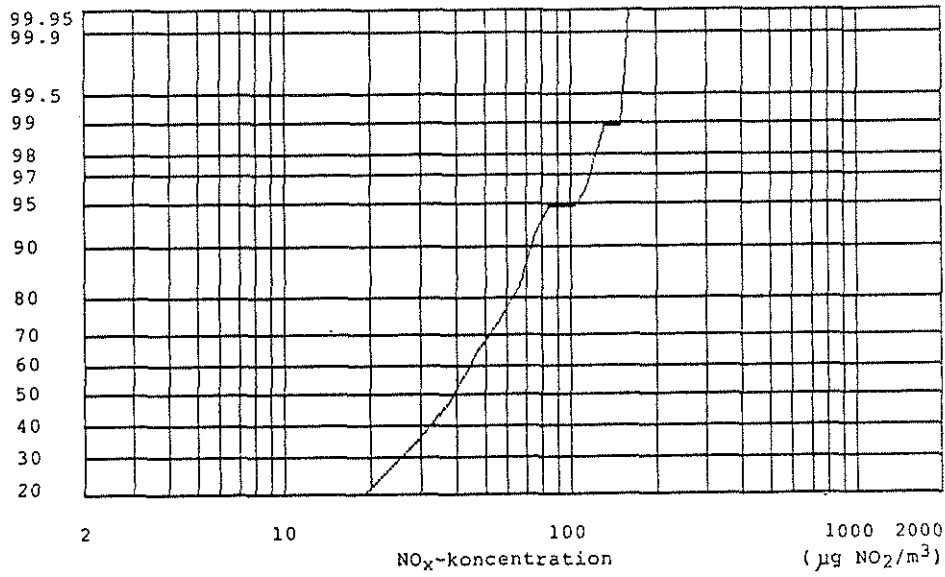
Percentil (%)

Mät punkt 6



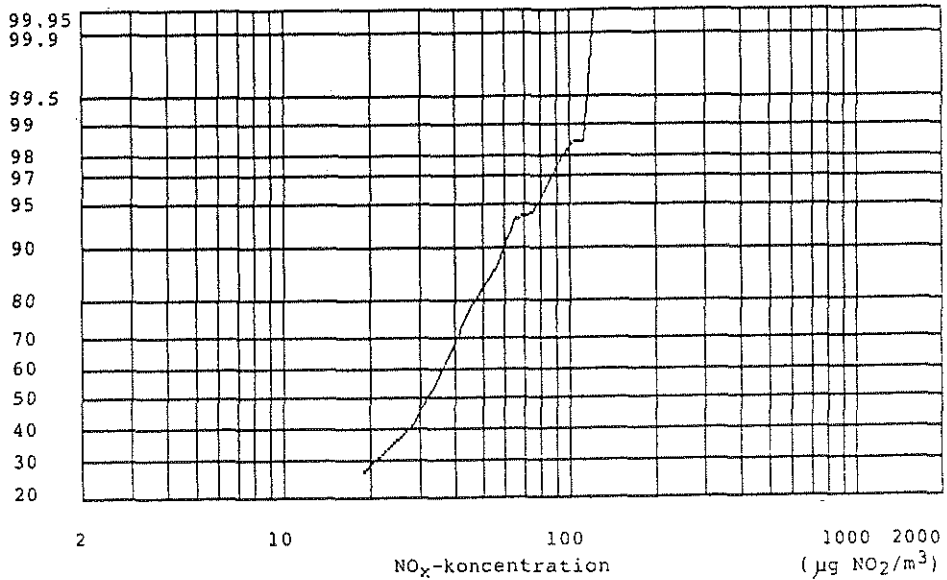
Percentil (%)

Mät punkt 7

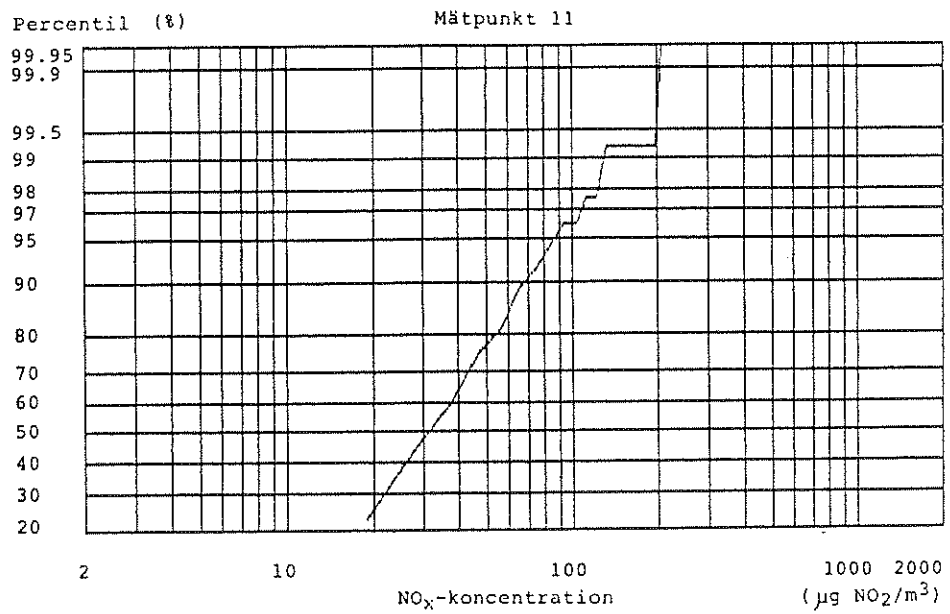
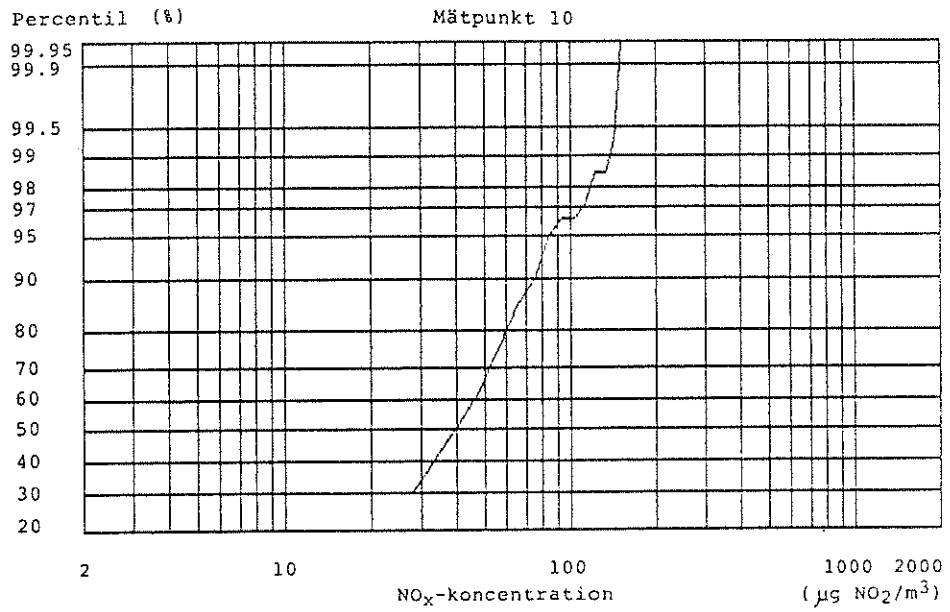
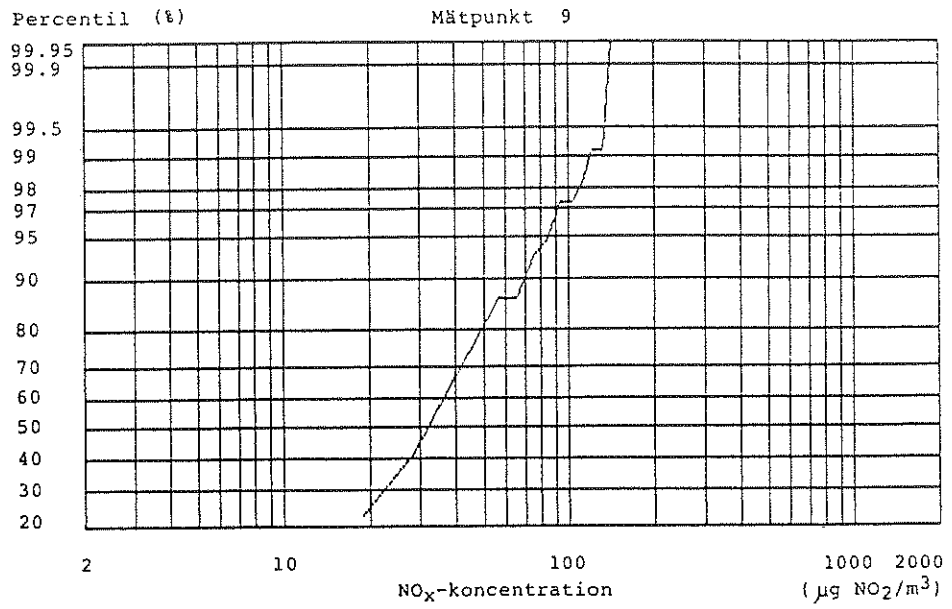


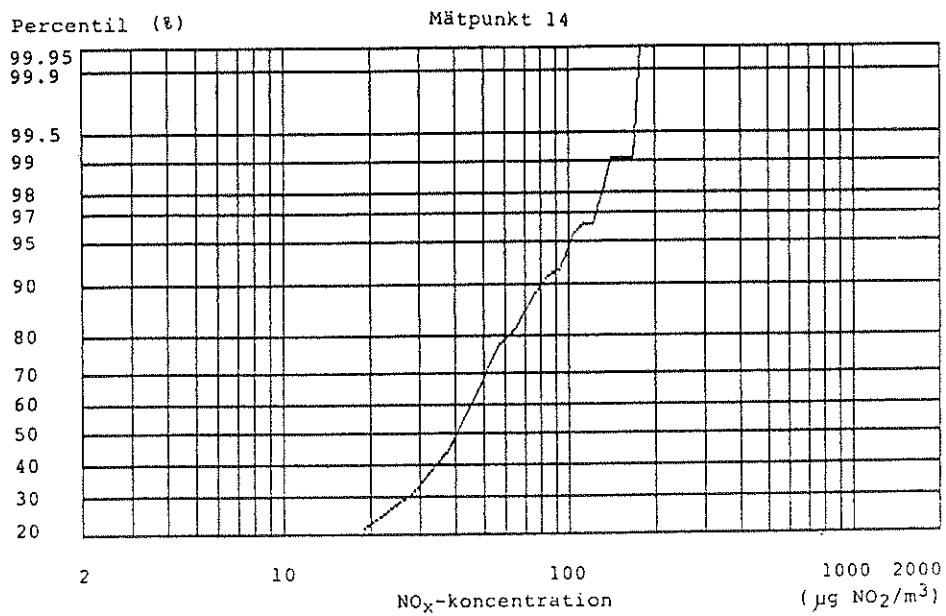
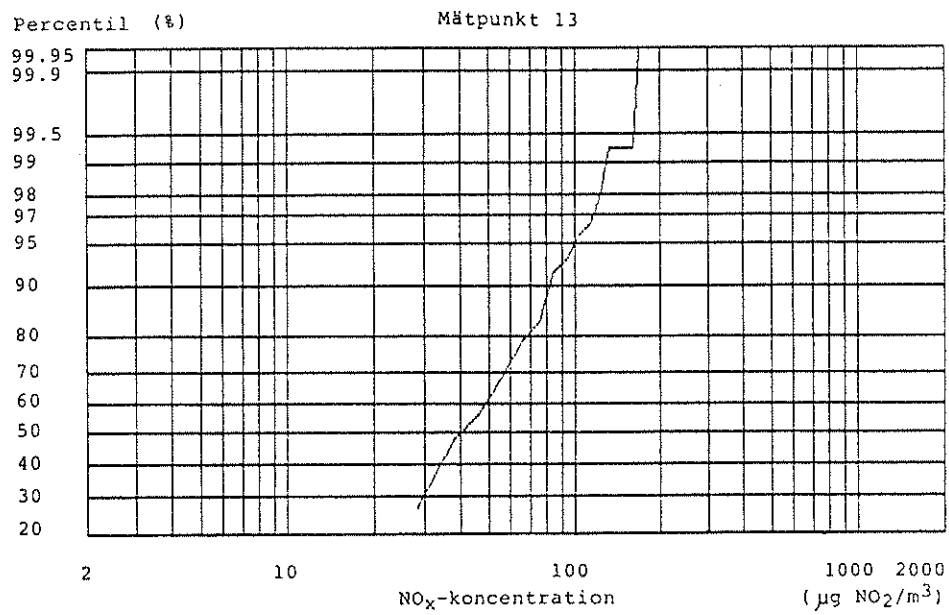
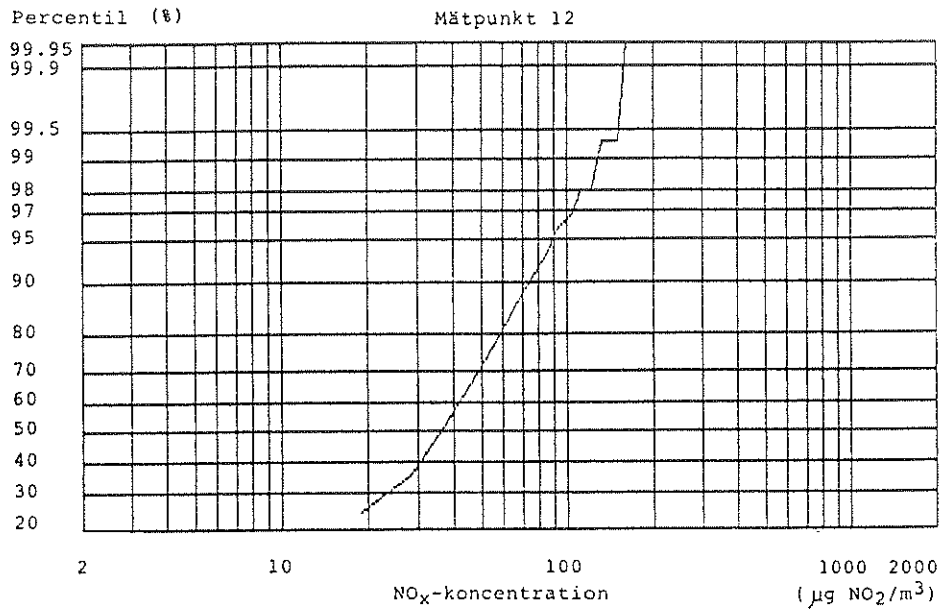
Percentil (%)

Mät punkt 8



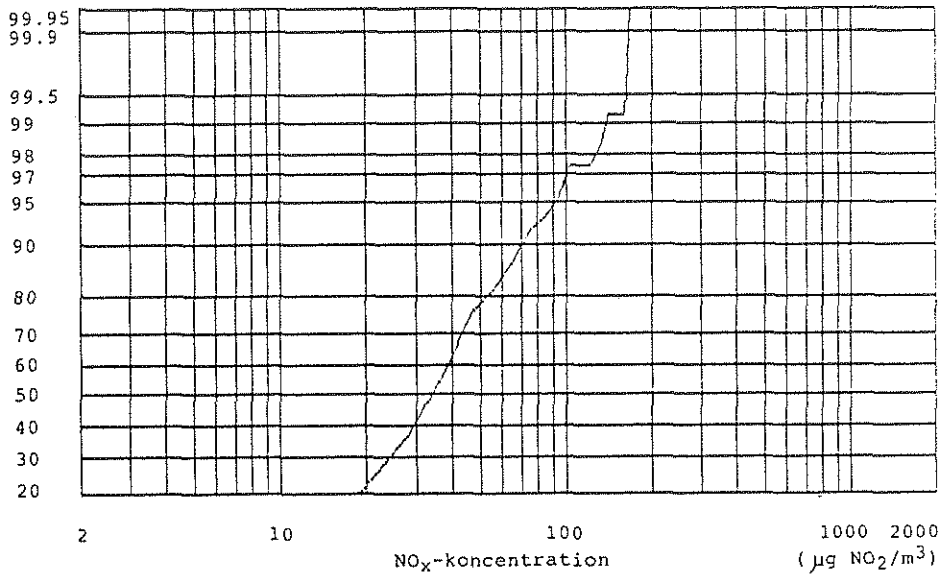






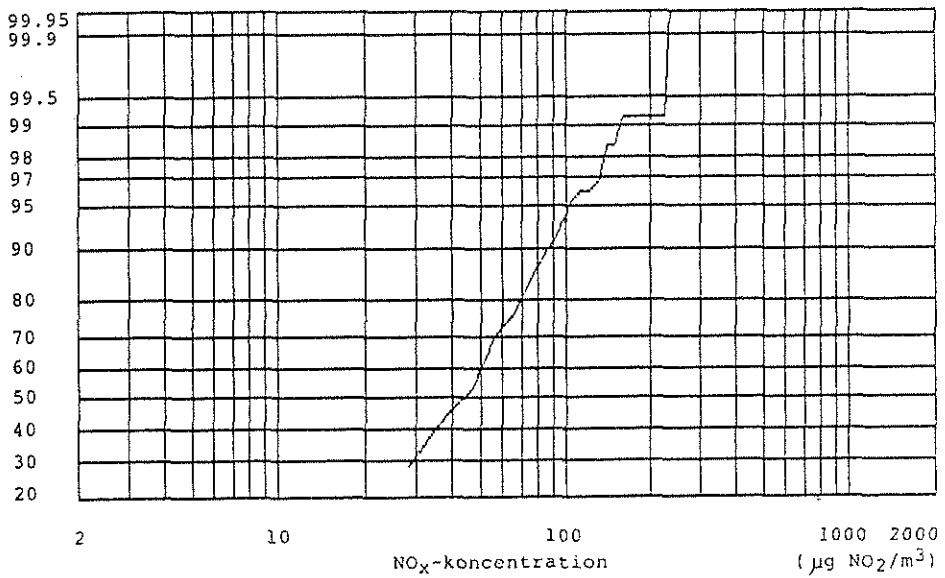
Percentil (%)

Mätpunkt 15



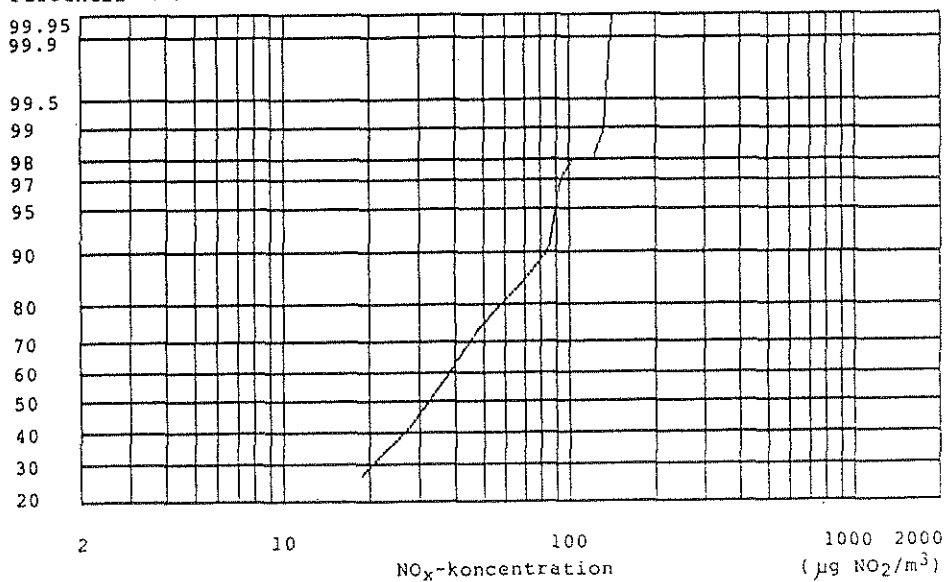
Percentil (%)

Mätpunkt 16



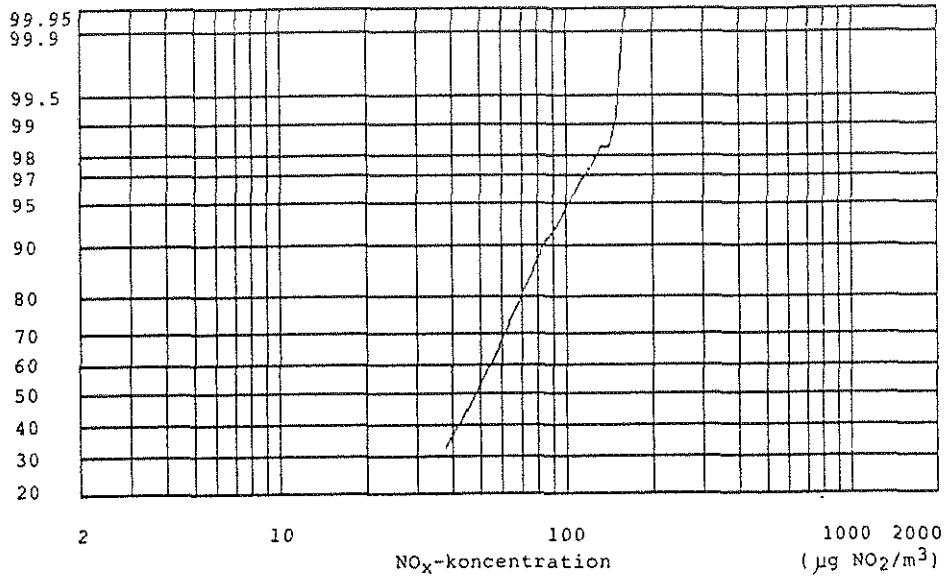
Percentil (%)

Mätpunkt 17



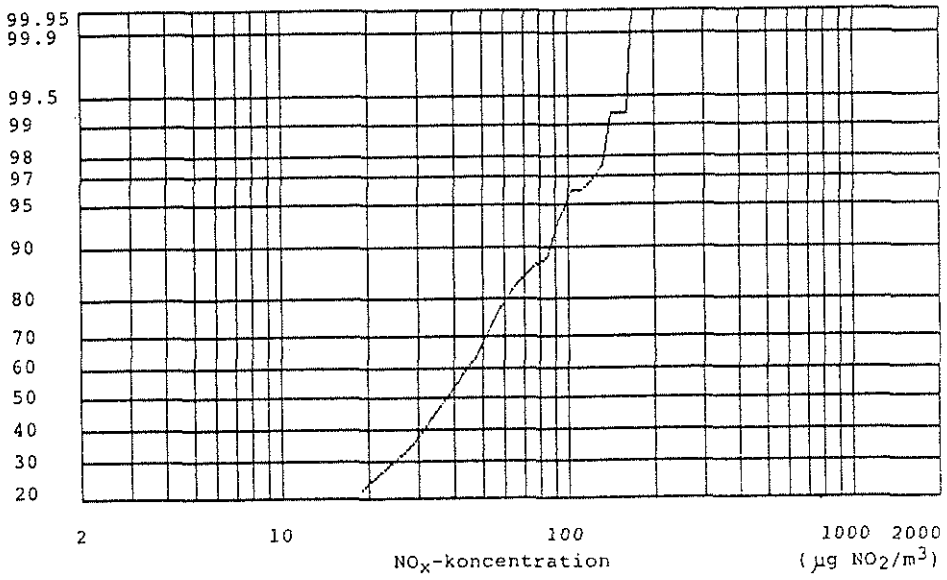
Percentil (%)

Mät punkt 18



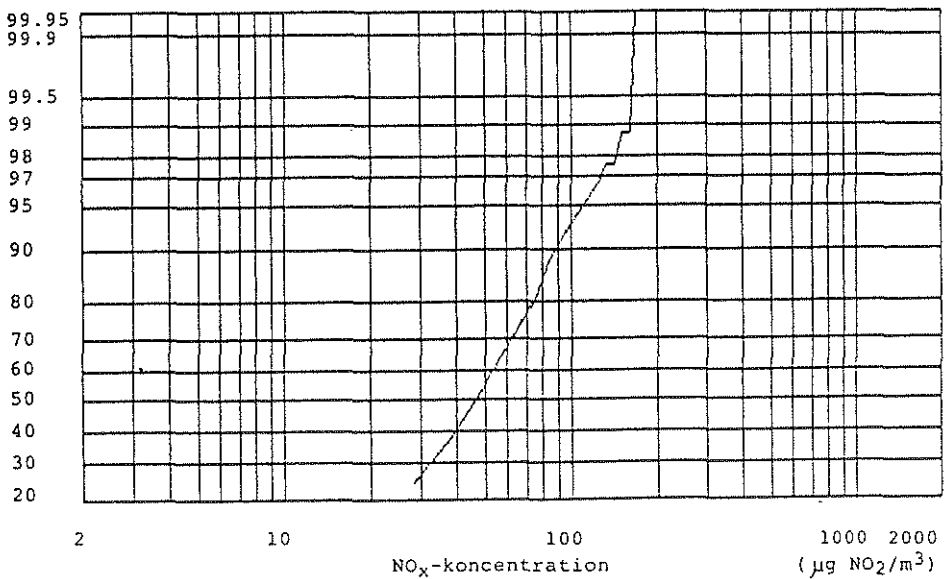
Percentil (%)

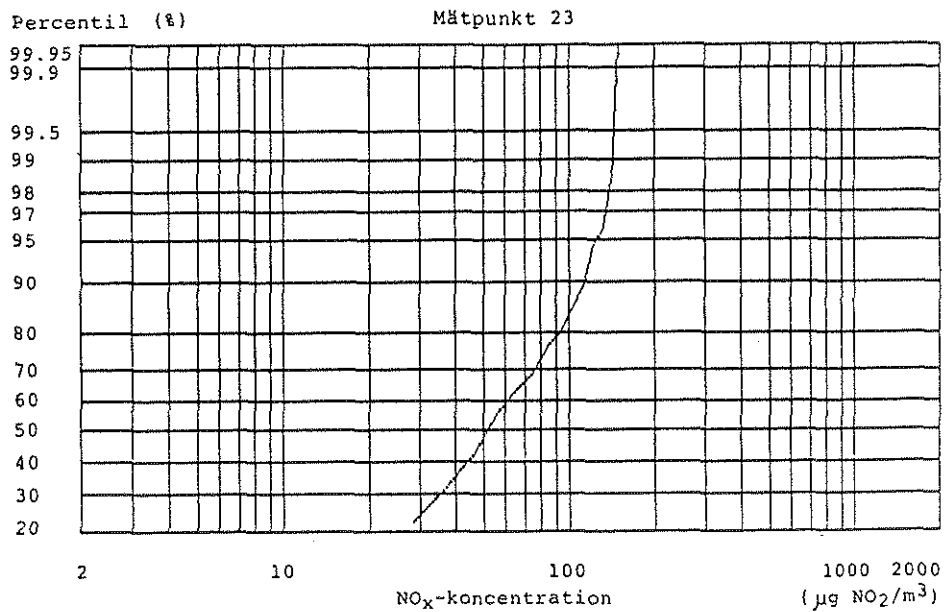
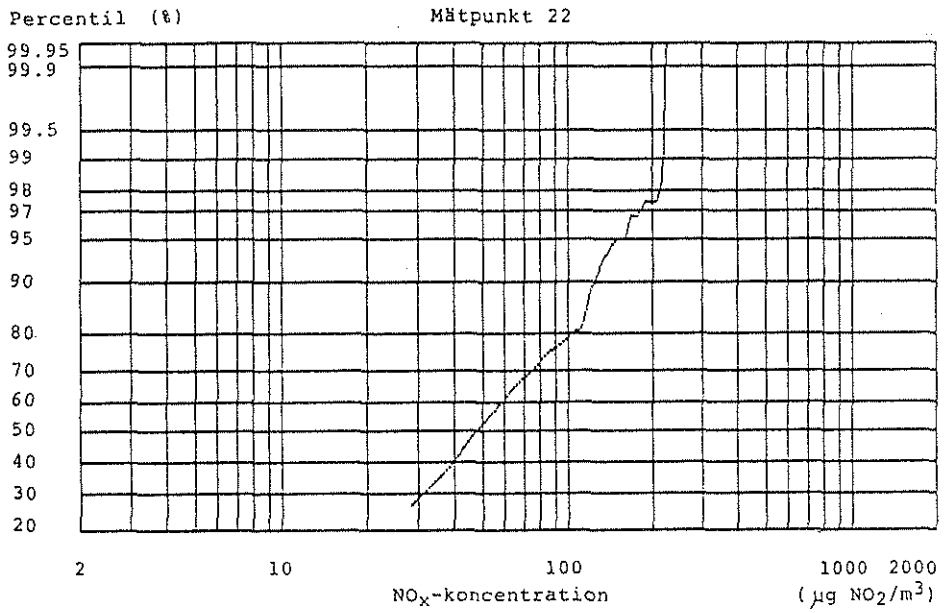
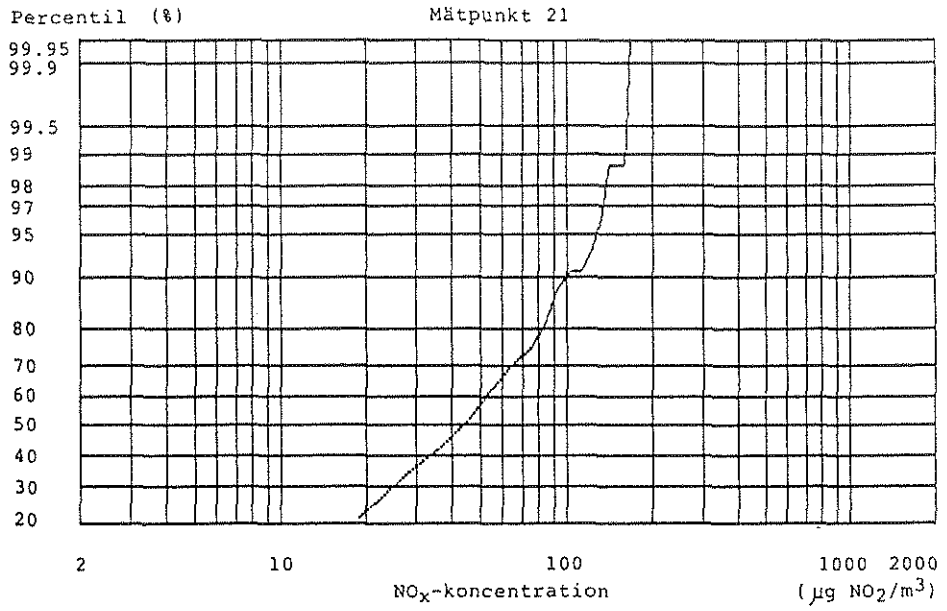
Mät punkt 19

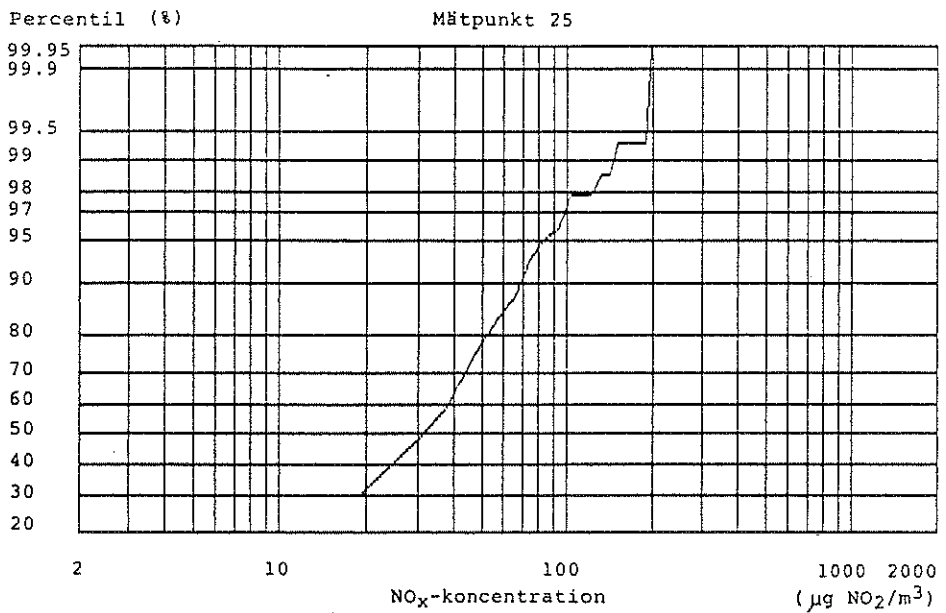
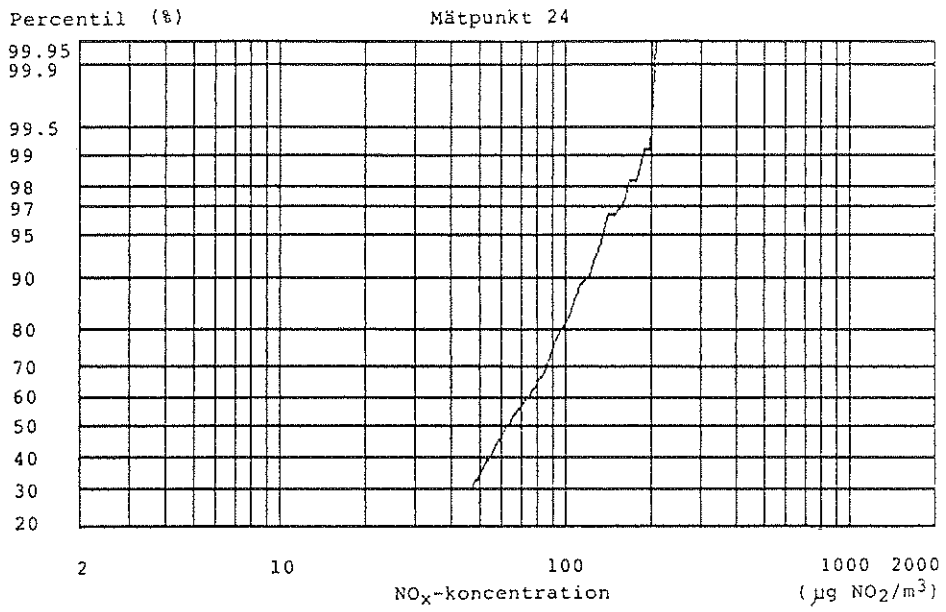


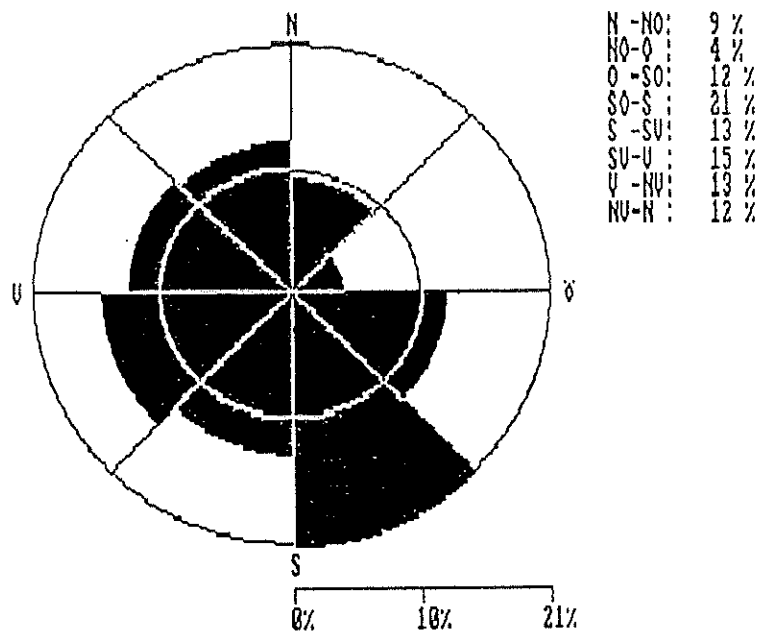
Percentil (%)

Mät punkt 20



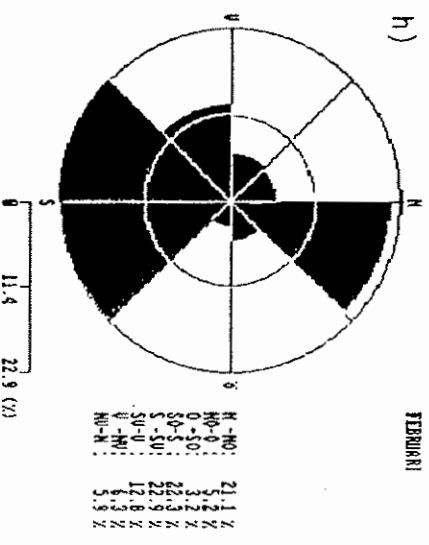
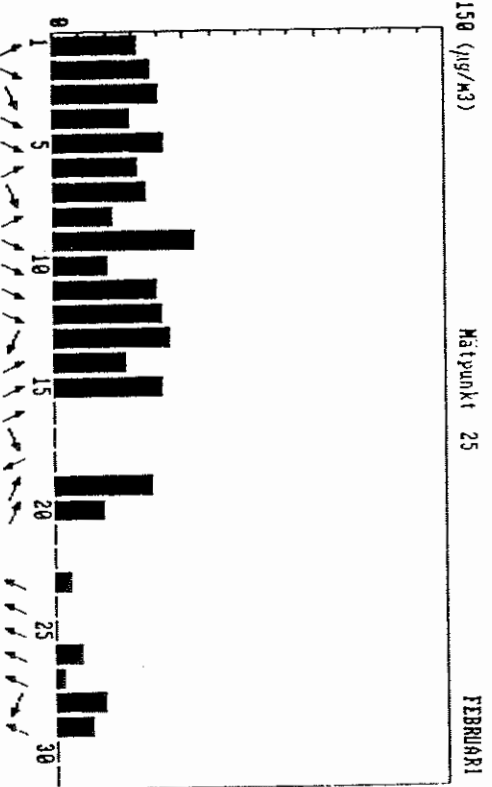
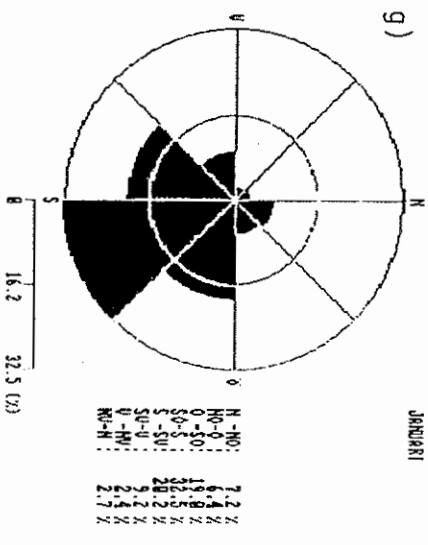
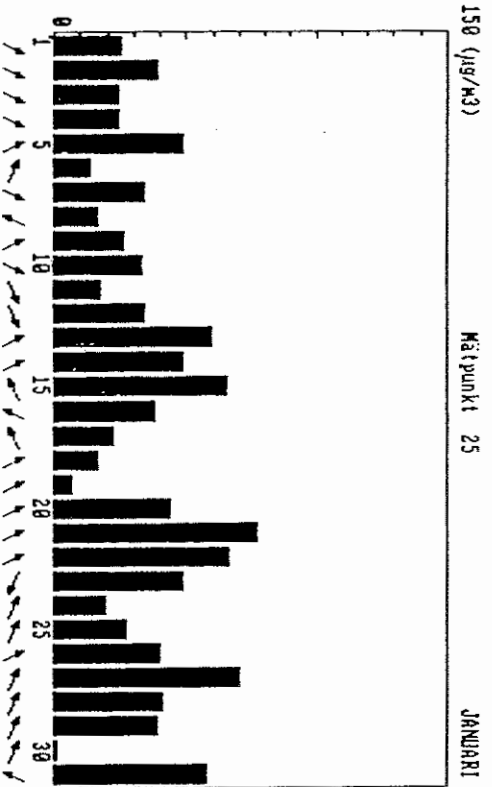
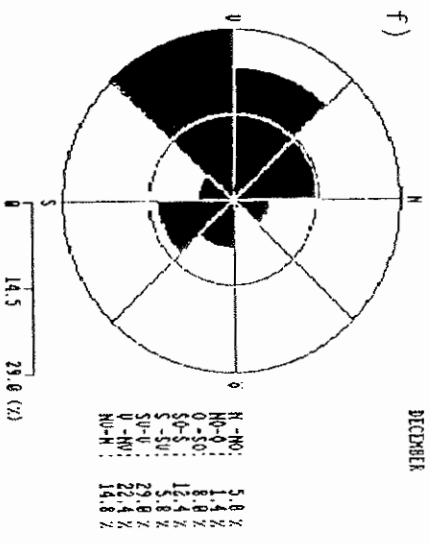
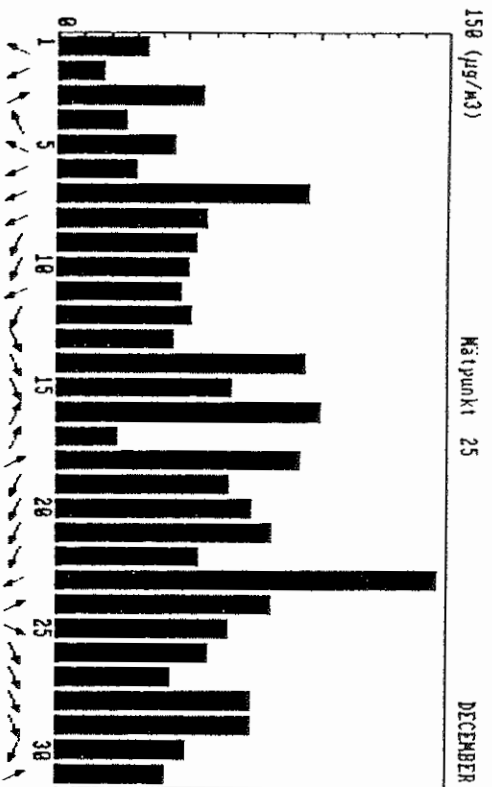






Figur 3.4

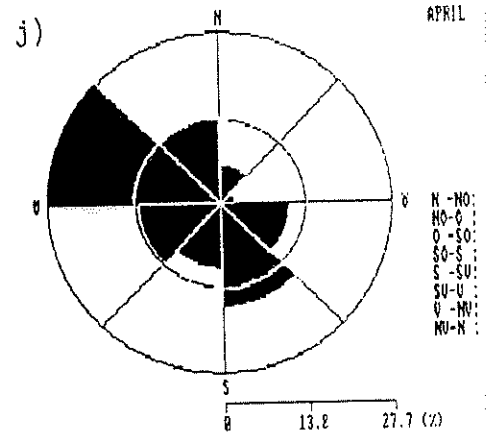
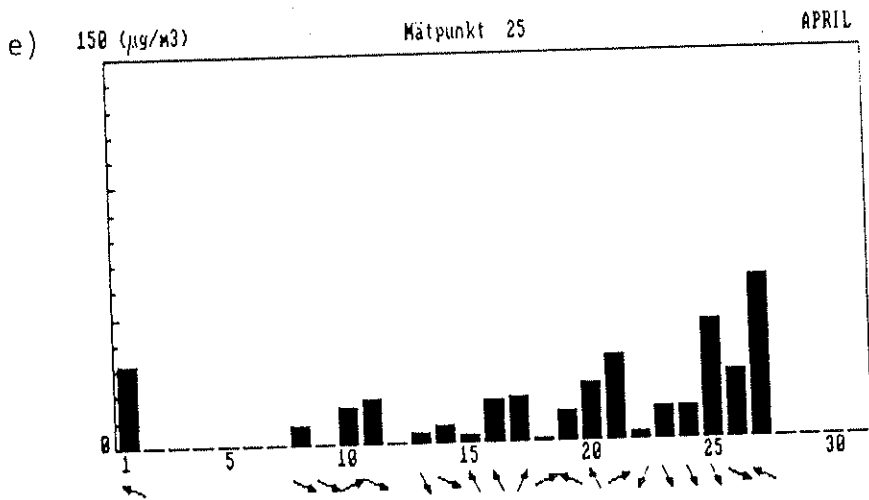
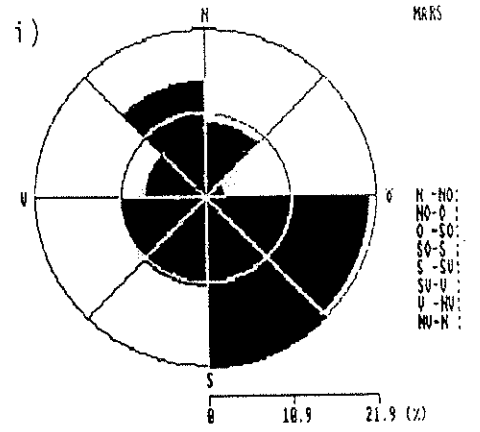
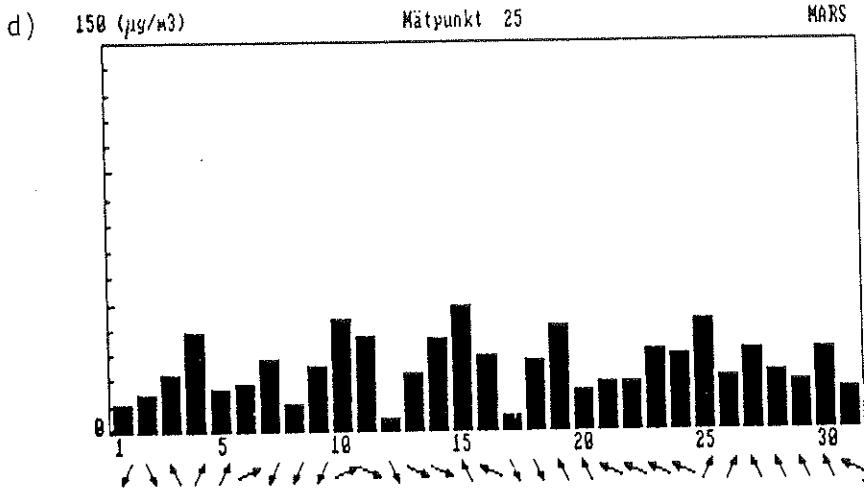
Procentuell fördelning över olika vindriktningar under perioden.

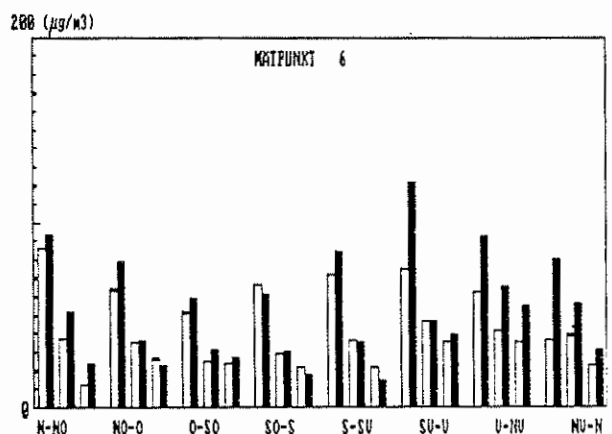
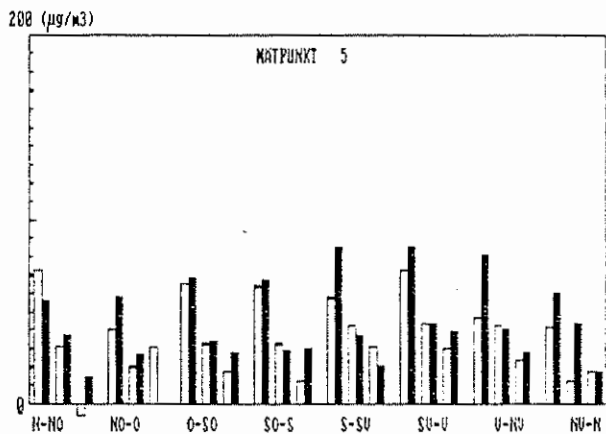
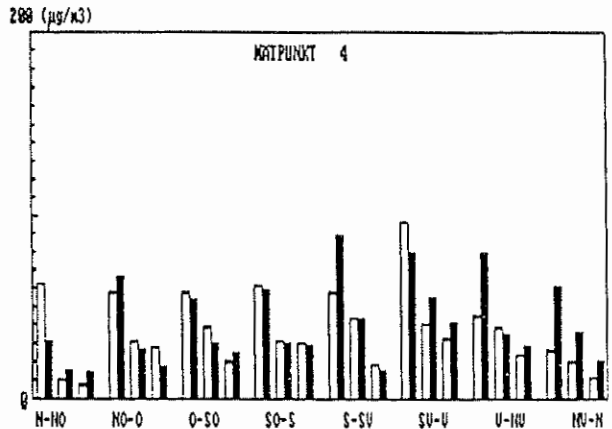
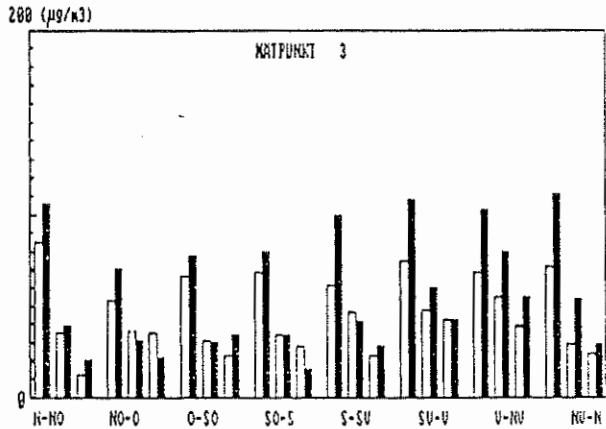
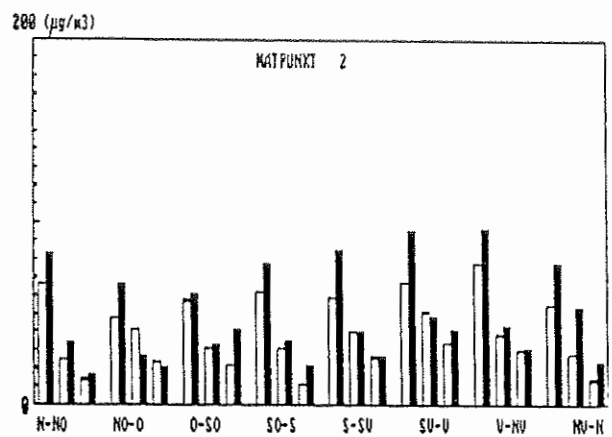
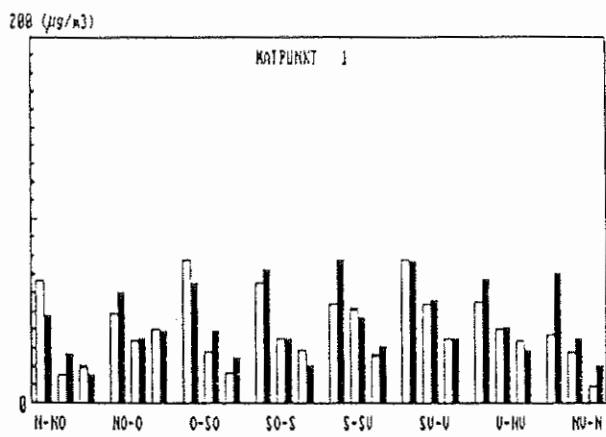


Figur 3.5 a-j

Dygnsnedelvärden av NO<sub>x</sub>-halten i mätpunkt 25 för månaderna december-april (a-e), samt frekvens för olika vindriktningar under respektive månad (f-j).

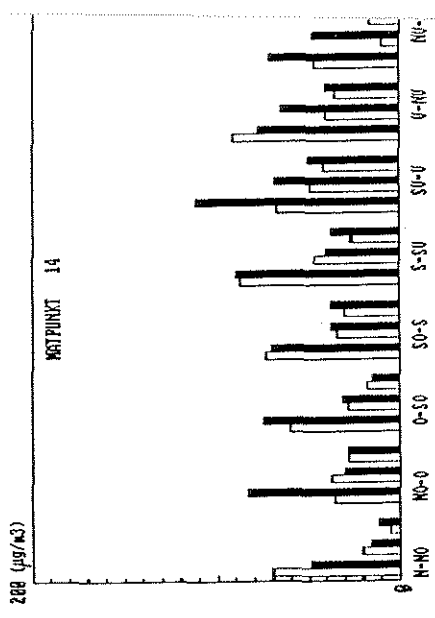
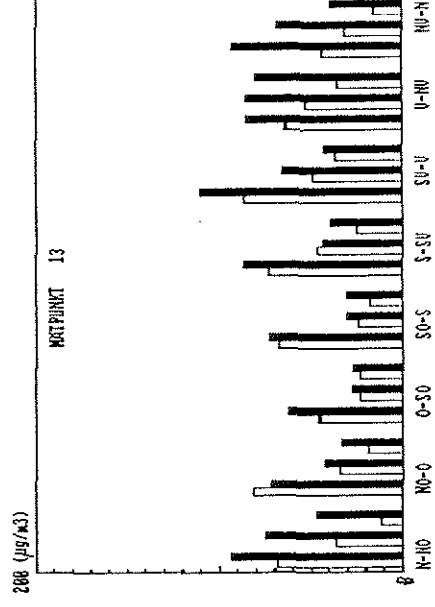
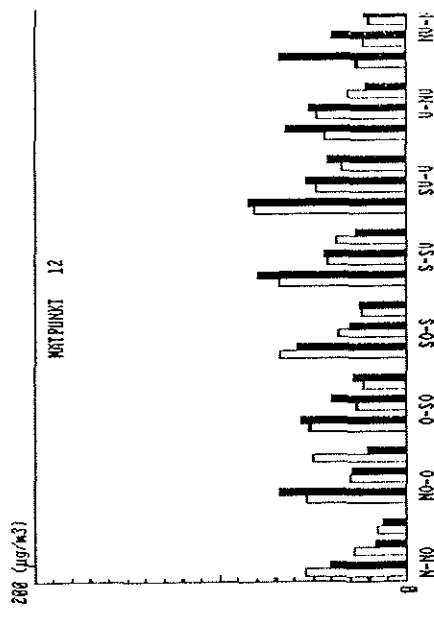
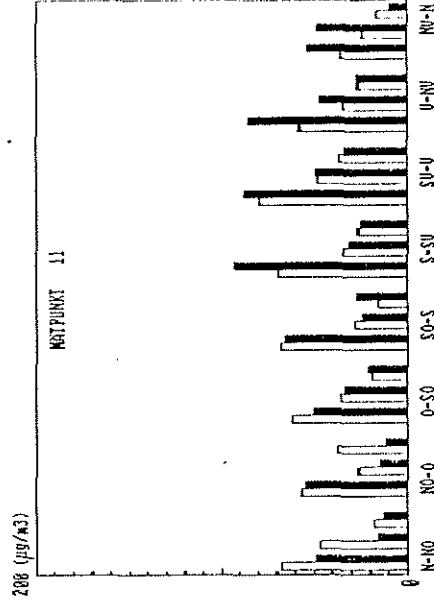
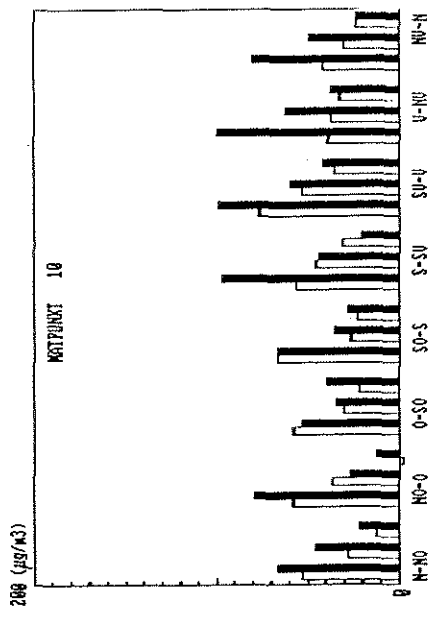
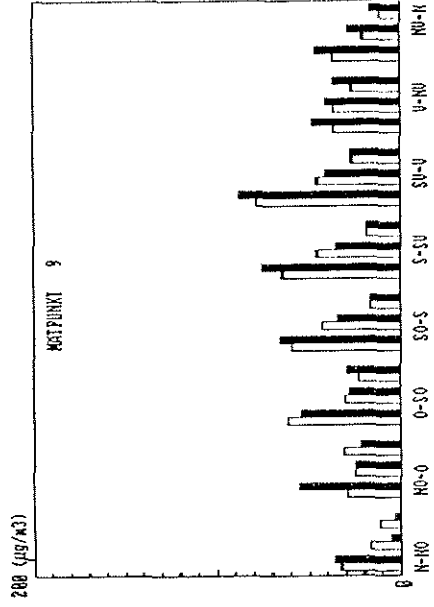
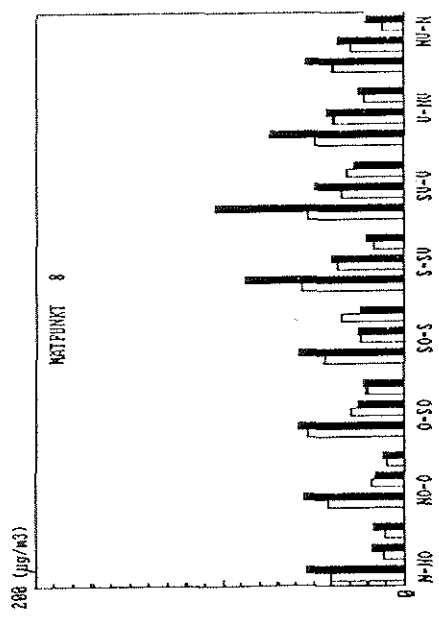
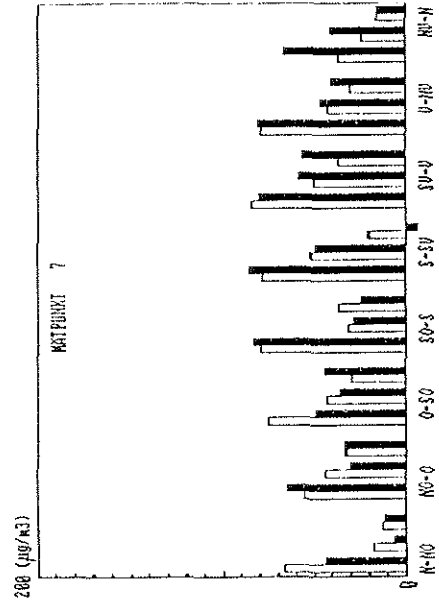




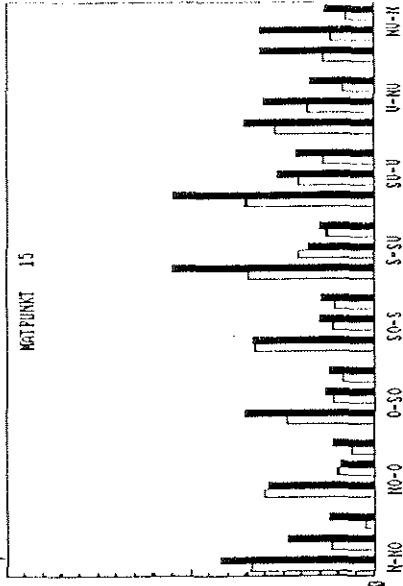


Figur 3.6.1-25

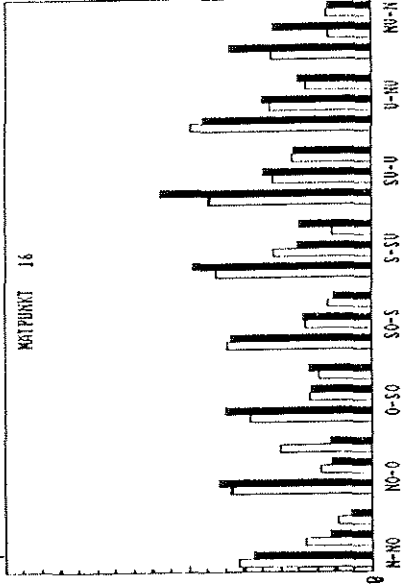
Mätdata för varje mät punkt indelat i 8 st vindriktningintervall. Varje intervall är indelat i 3 st vindhastighetsklasser - från vänster: 0-2 m/s, 2-5 m/s, >5 m/s. Varje vindhastighetsklass är i sin tur indelad i 2 klasser - svart stapel: pannans drift över medel, vit stapel: pannans drift under medel (se avsnitt 3.3).



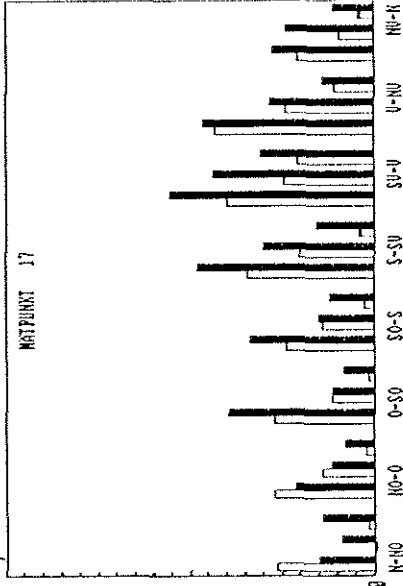
200 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



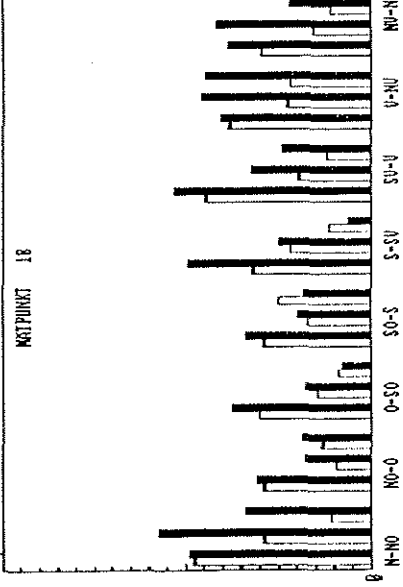
200 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



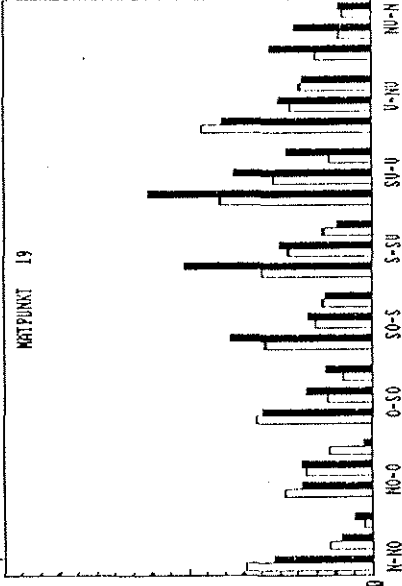
200 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



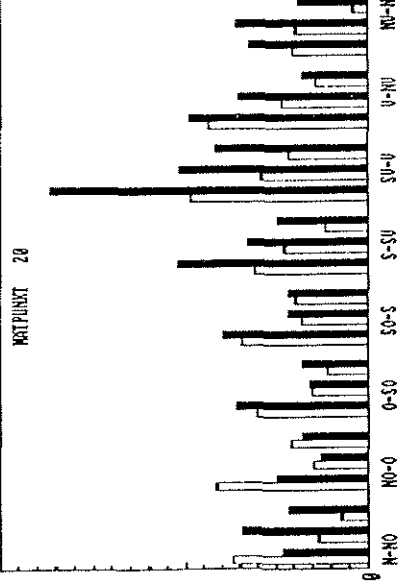
200 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



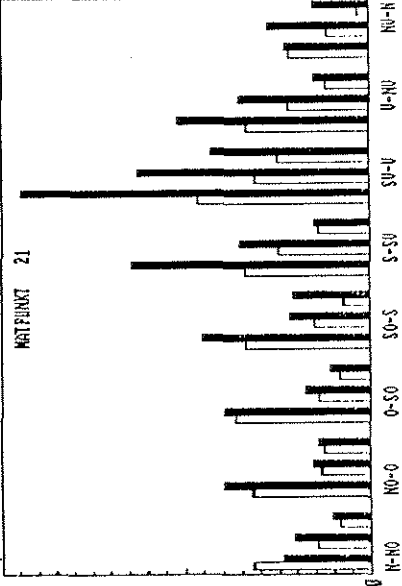
200 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



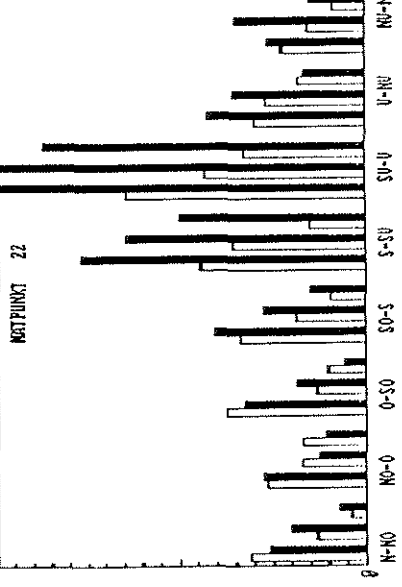
200 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



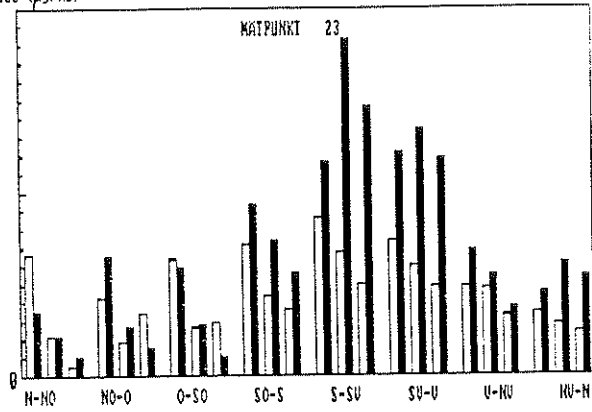
200 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



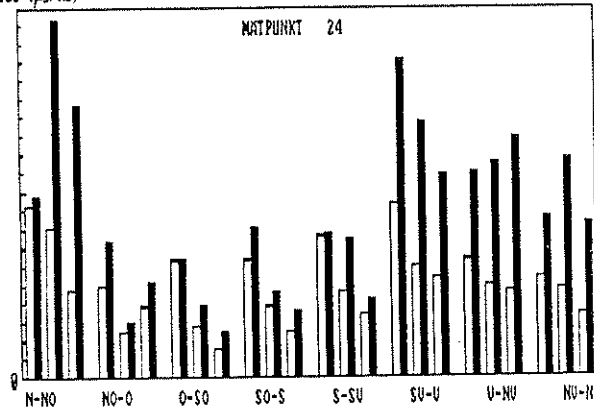
200 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



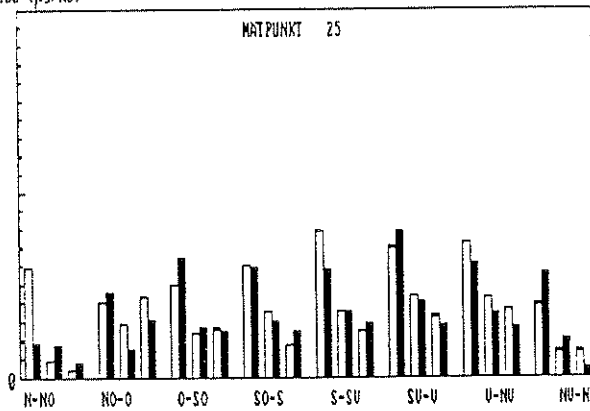
200 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



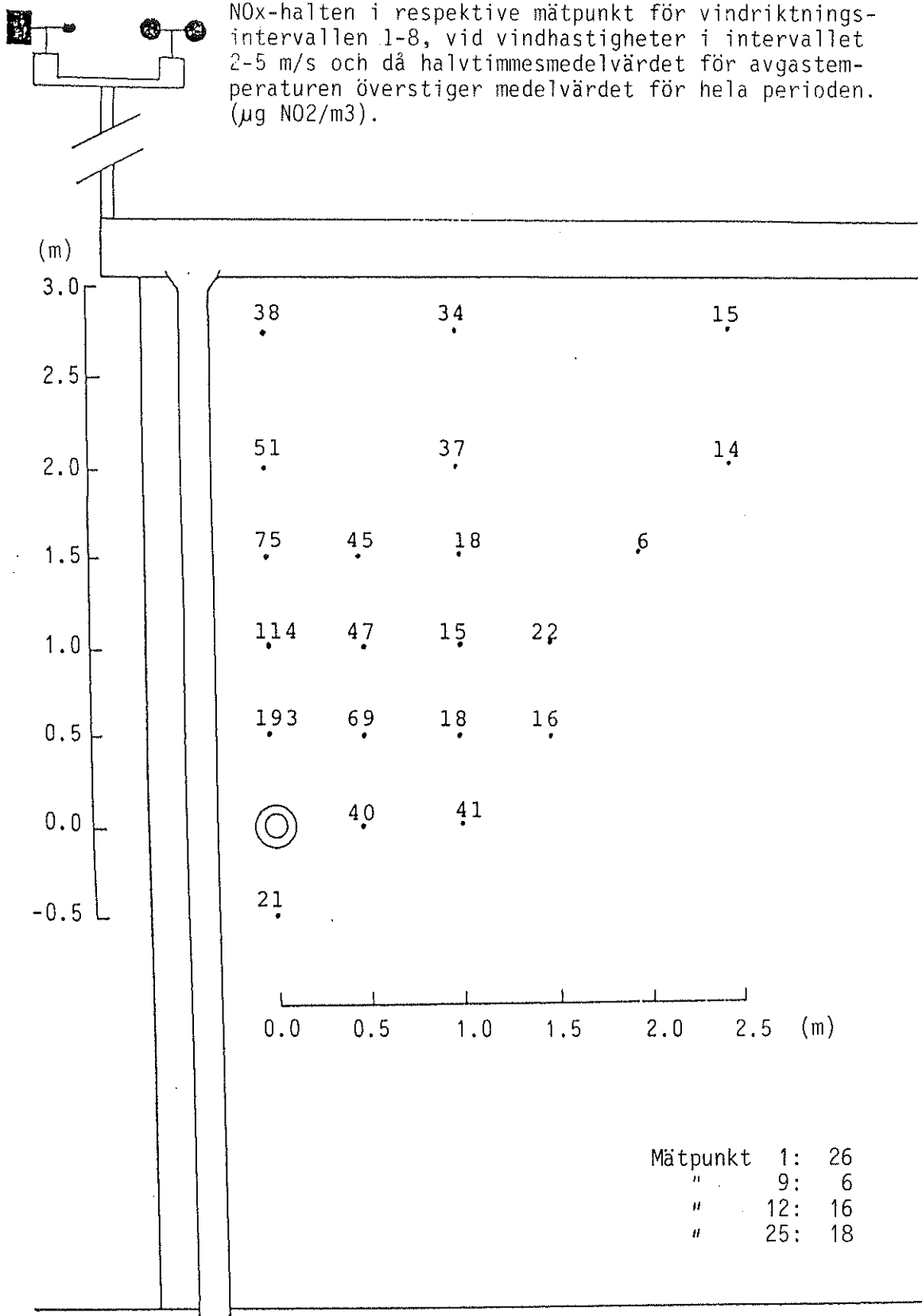
200 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



200 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

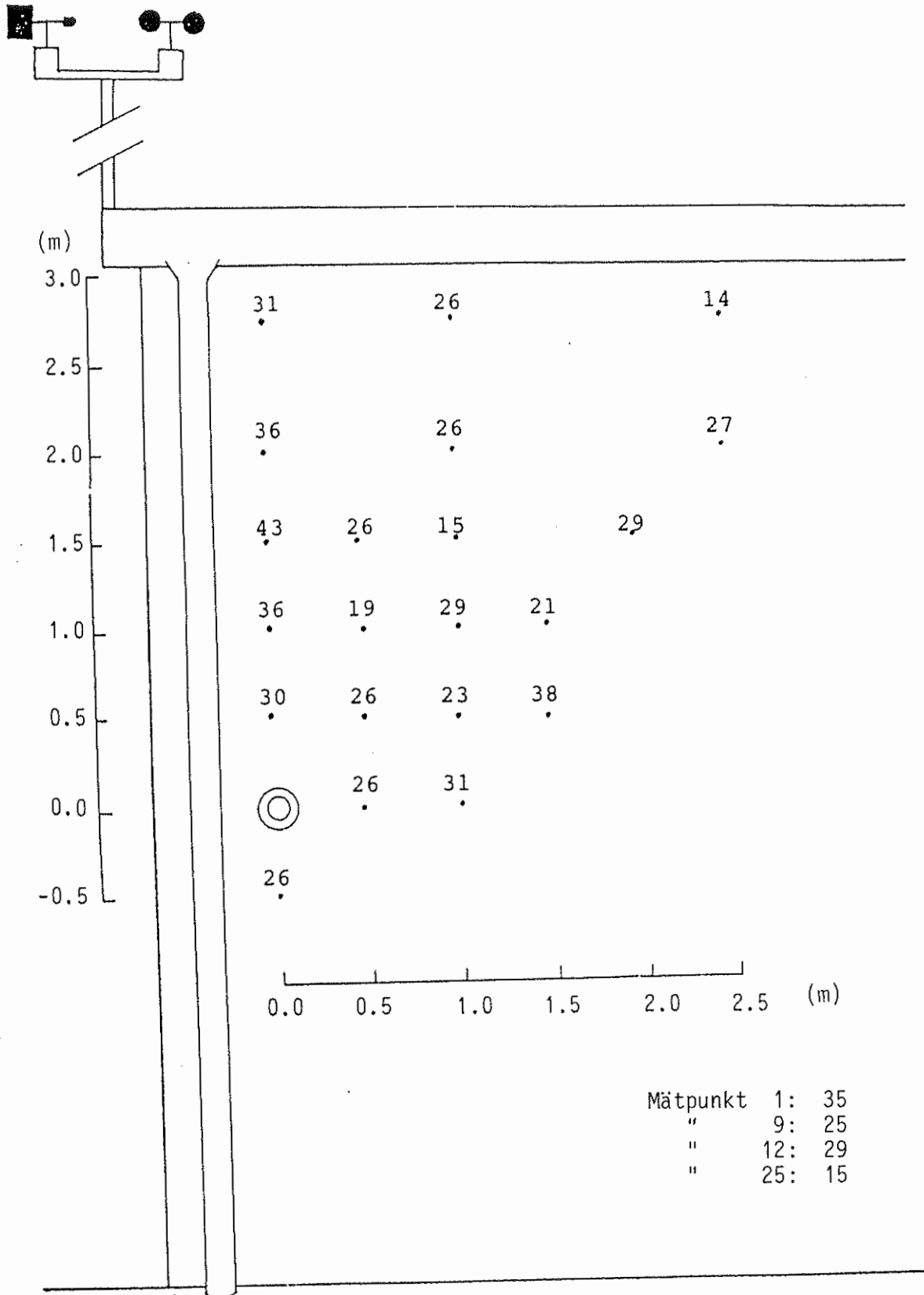


Figur 3.7.1-8



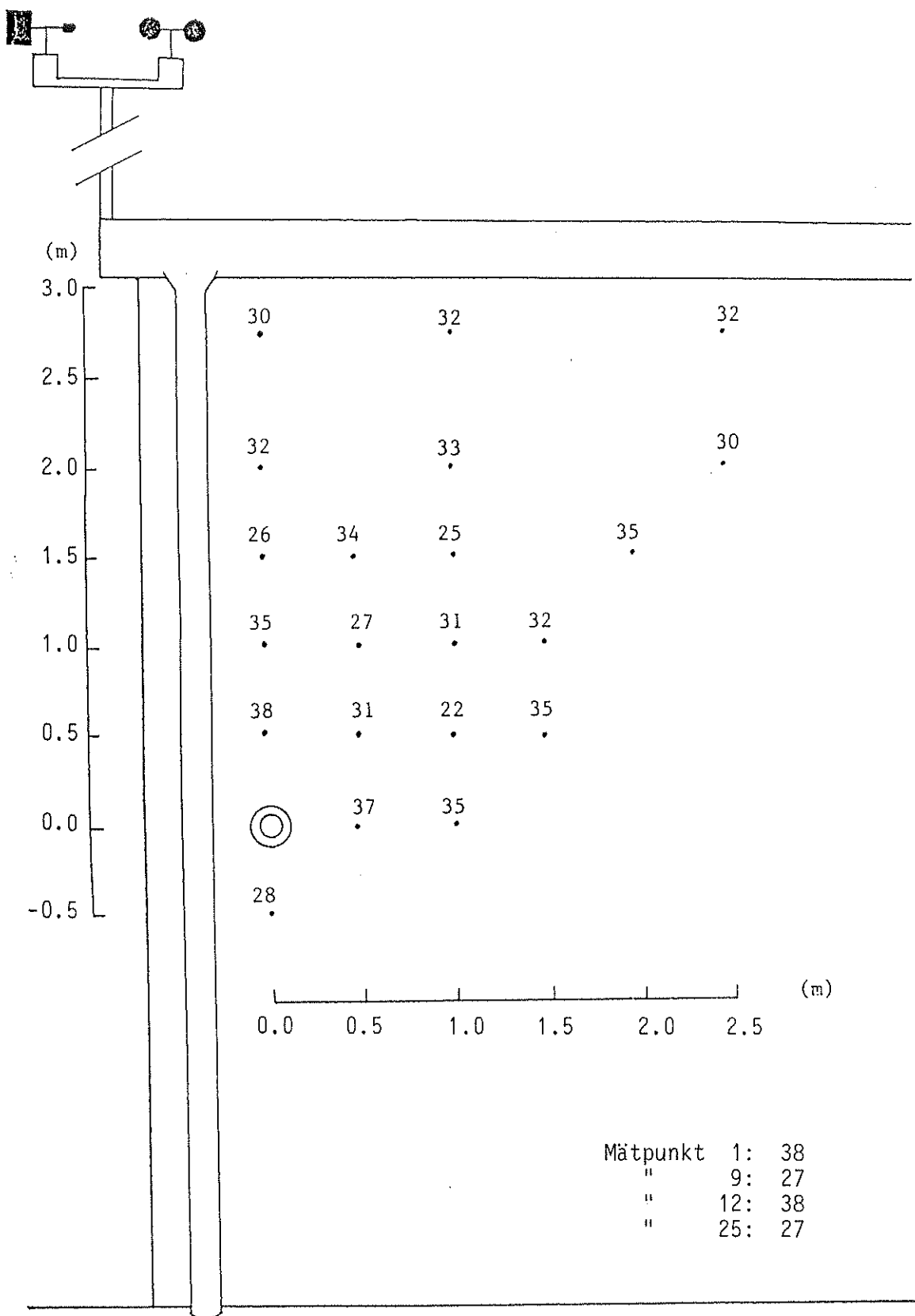
Figur 3.7.1

Vindriktningintervall 1 (N-NO) (µg NO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>)



Figur 3.7.2

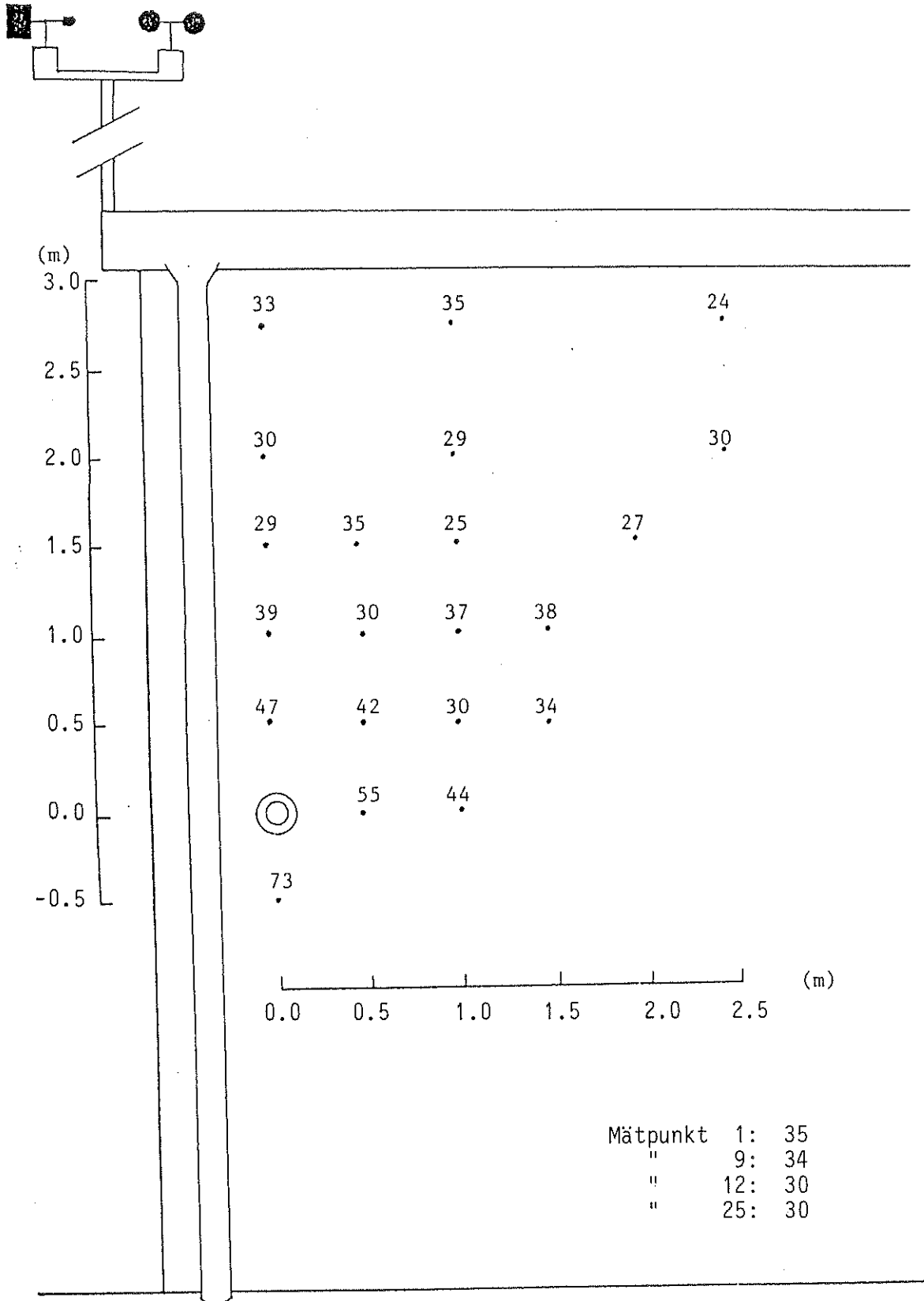
Vindriktningsintervall 2 (N0-0) ( $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ )



Figur 3.7.3

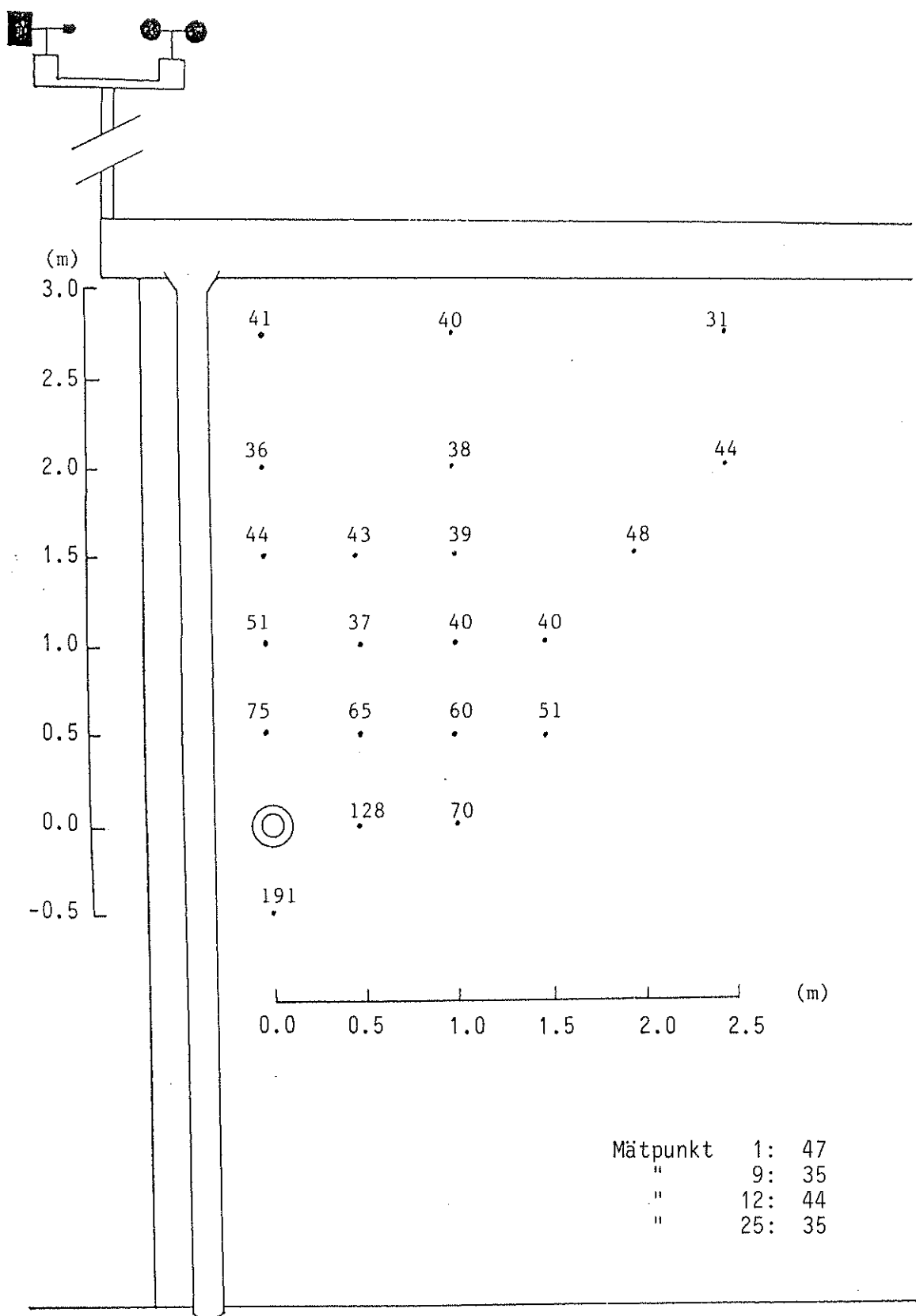
Vindriktningsintervall 3 (0-S0) ( $\mu\text{g N02/m}^3$ )





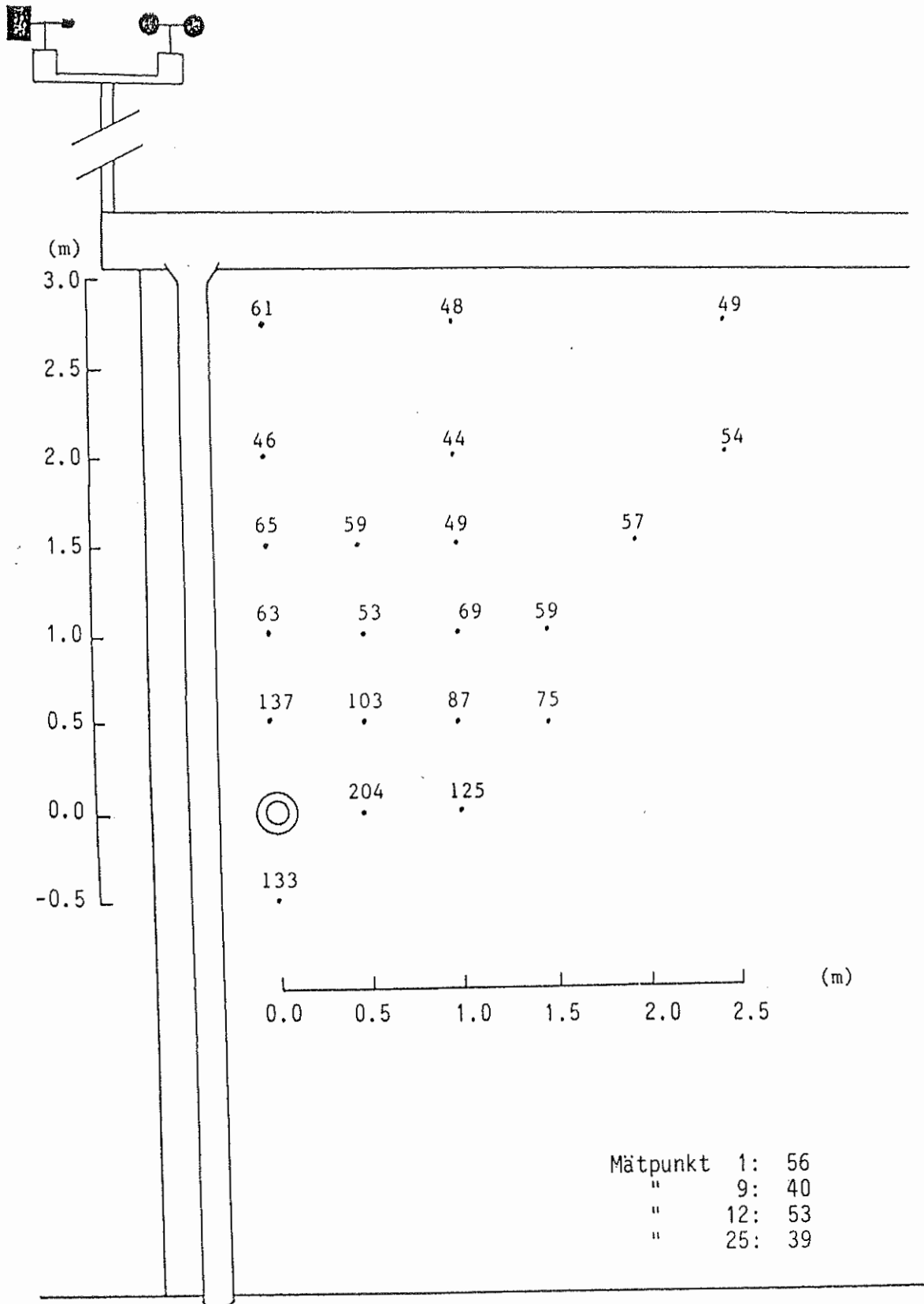
Figur 3.7.4

Vindriktningsintervall 4 (S0-S) ( $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ )



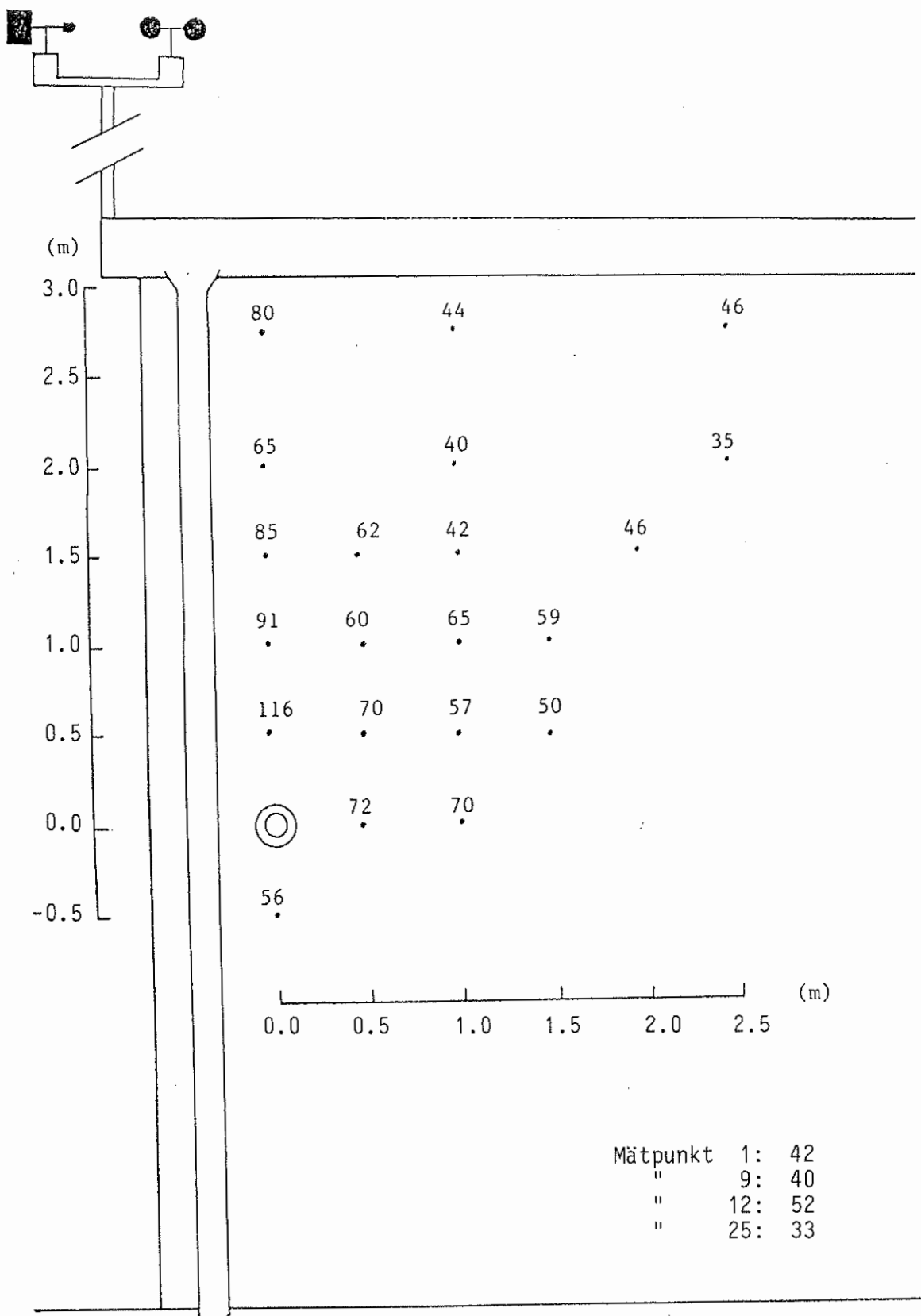
Figur 3.7.5

Vindriktningsintervall 5 (S-SV) ( $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ )



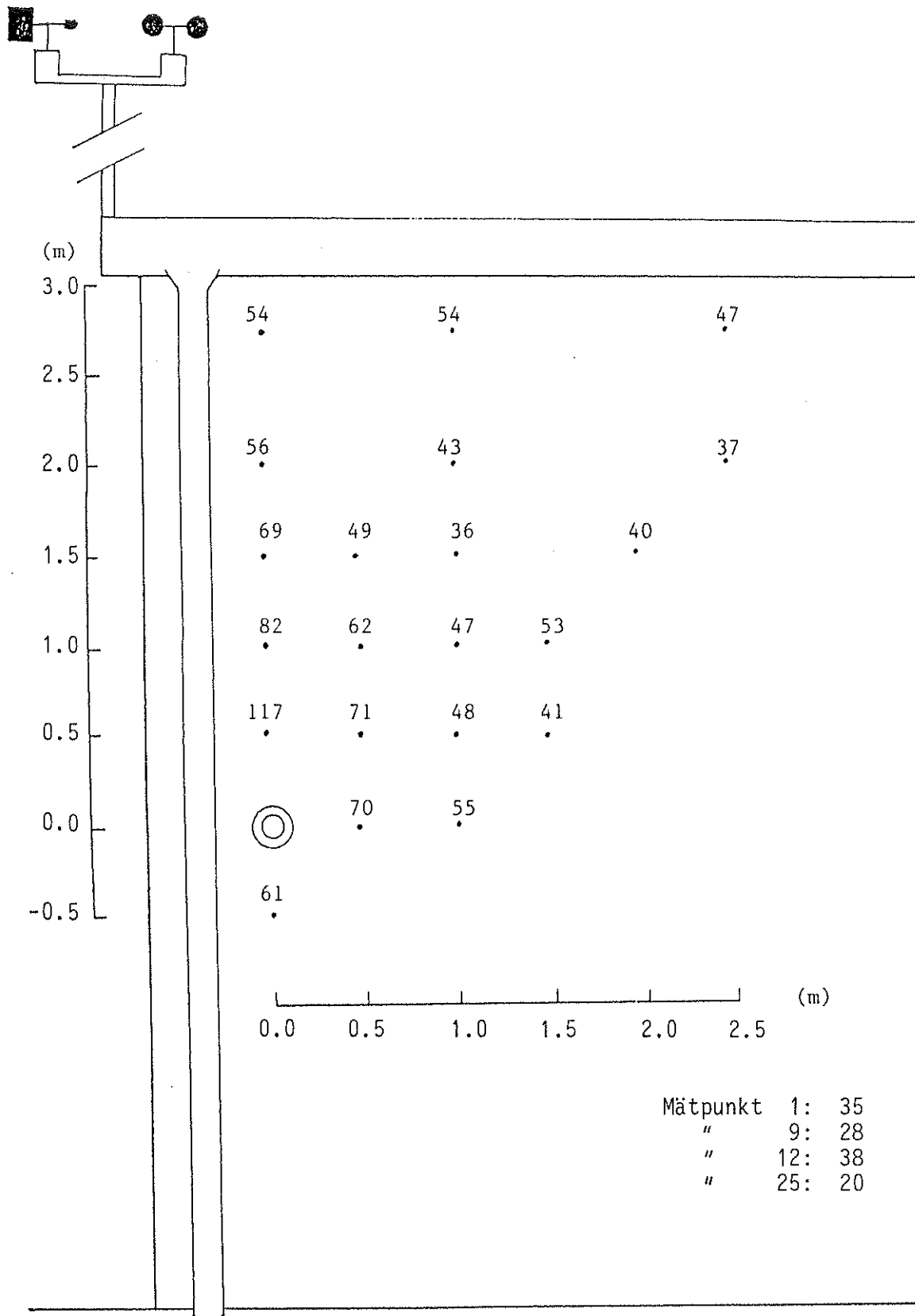
Figur 3.7.6

Vindriktningsintervall 6 (SV-V) ( $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ )



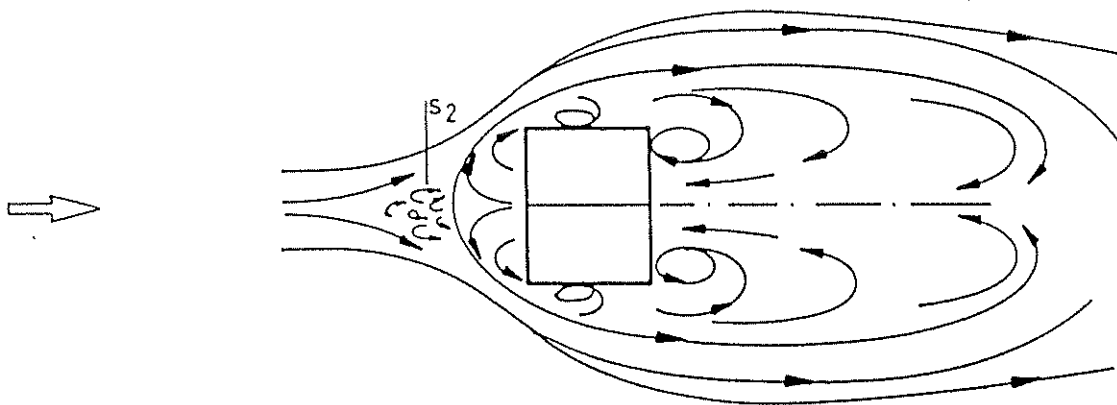
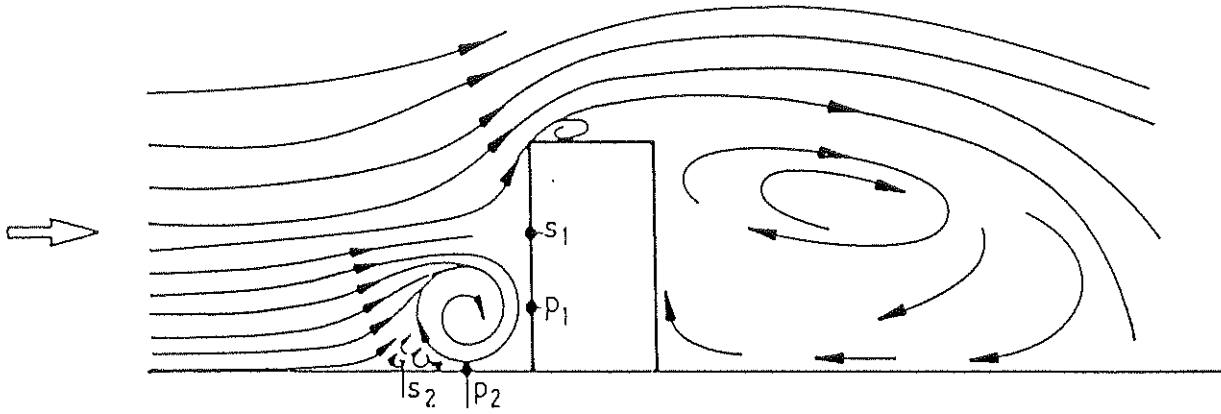
Figur 3.7.7

Vindriktningsintervall 7 (V-NV) ( $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ )



Figur 3.7.8

Vindriktningsintervall 8 (NV-N) ( $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ )



$S_1, S_2$ : vindhastighet  $u = u_{\min} = 0$

statiskt tryck  $p = p_{\max}$

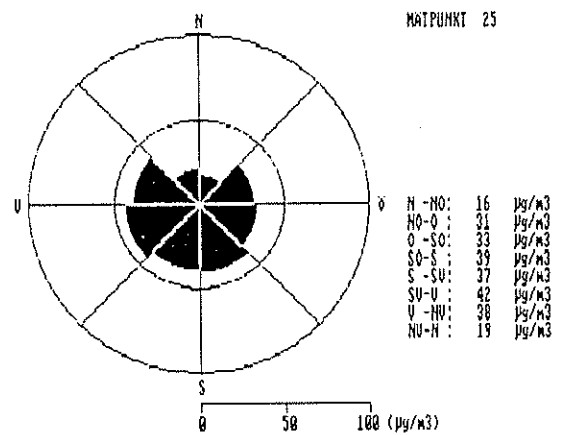
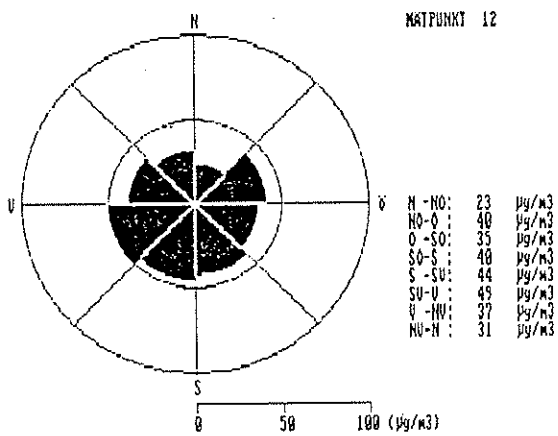
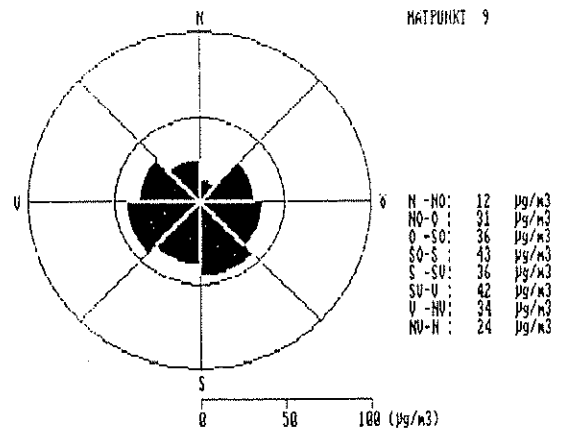
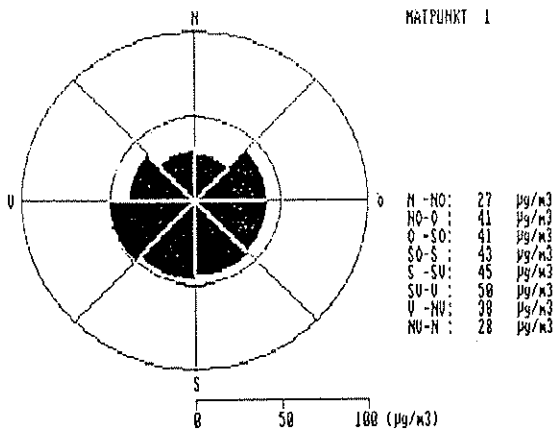
$P_1, P_2$ :  $u = u_{\max}$

$p = p_{\min}$

Figur 3.8

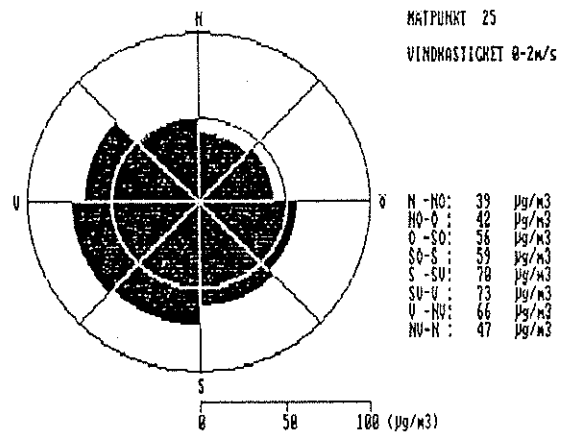
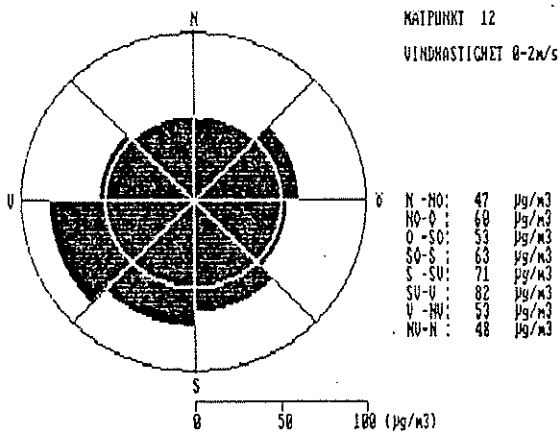
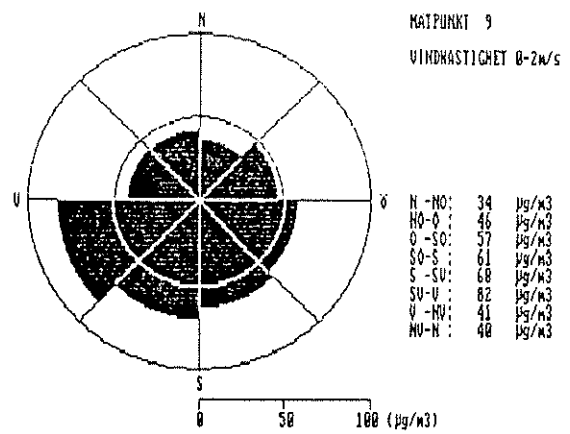
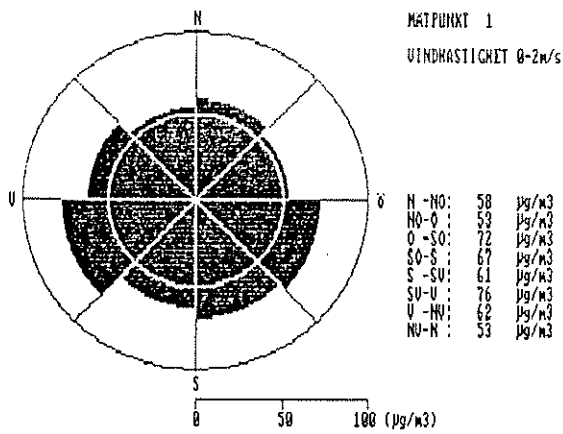
Luftströmning kring en friliggande byggnad.

(Ref. Luftströmning, Ann-Charlotte Andersson, Inst. för Byggnadsteknik, LTH Lund).



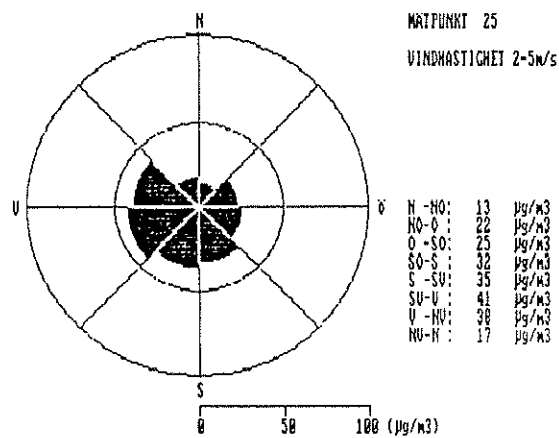
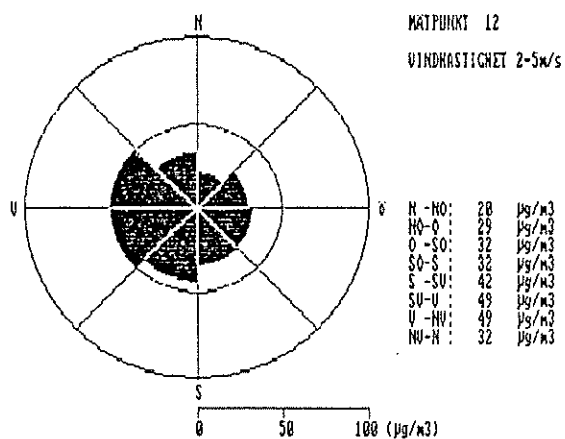
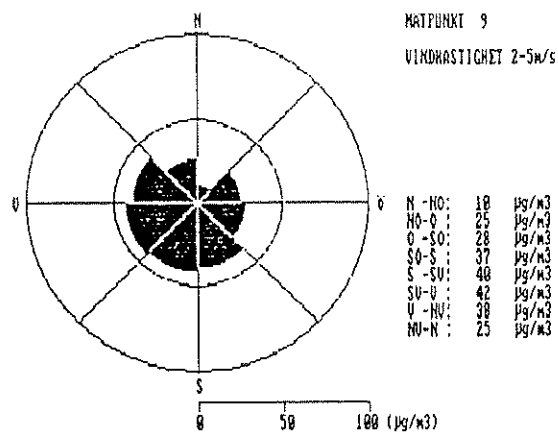
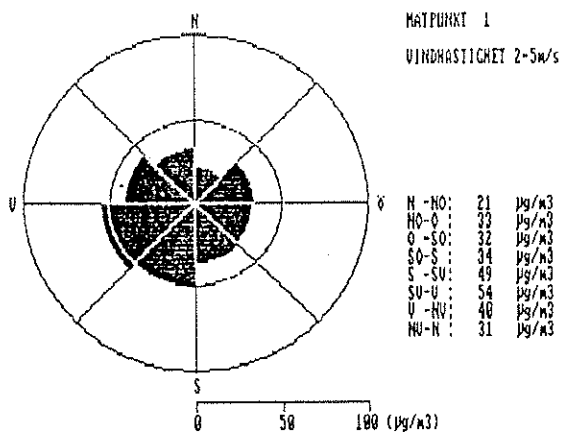
Figur 3.9 a

Medelvärden av NO<sub>x</sub>-halten i punkterna 1,9,12 och 25 för olika vindriktningar under mätperioden.



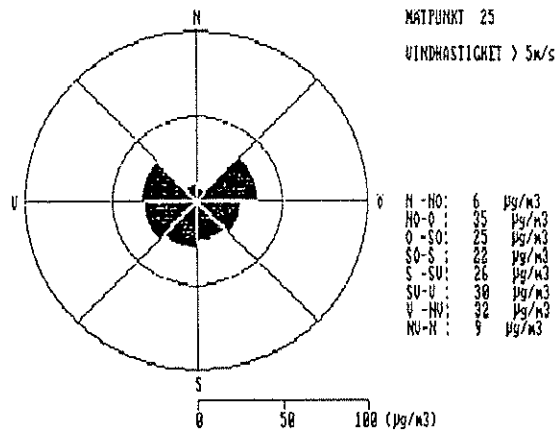
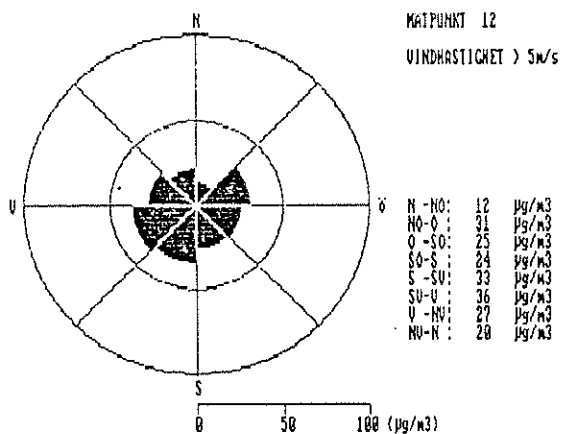
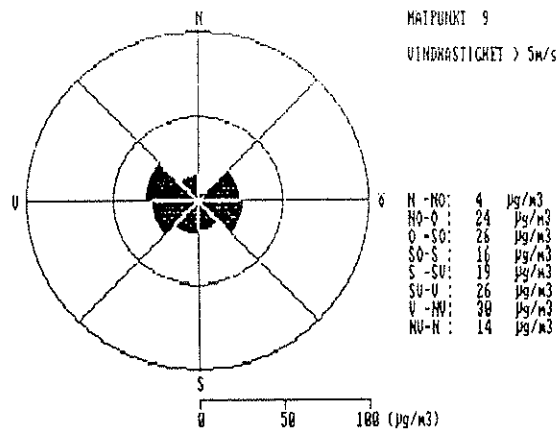
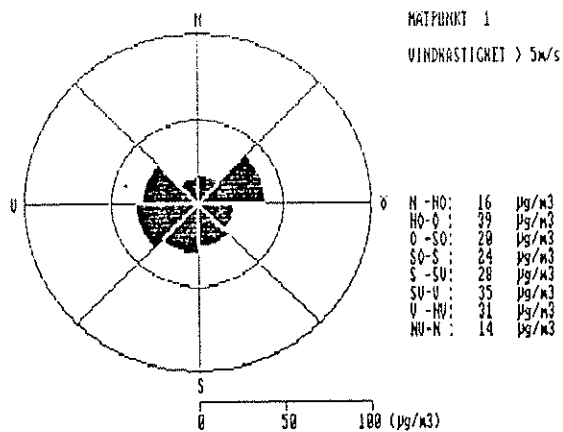
Figur 3.9 b  
Perioder med vindhastigheter <2 m/s.



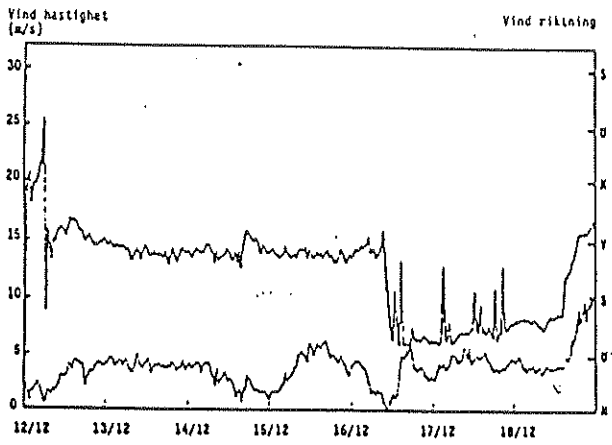


Figur 3.9 c

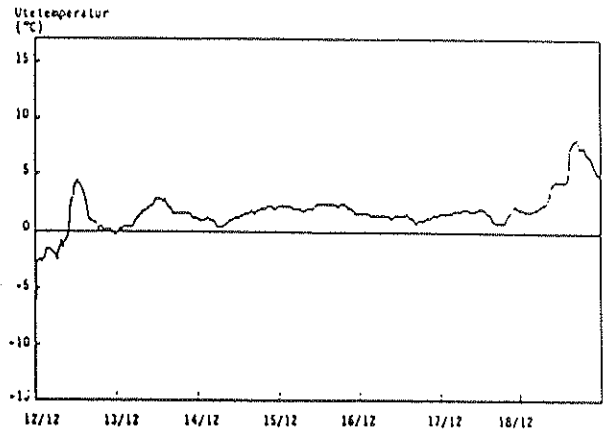
Perioder med vindhastigheter i intervallet 2-5 m/s



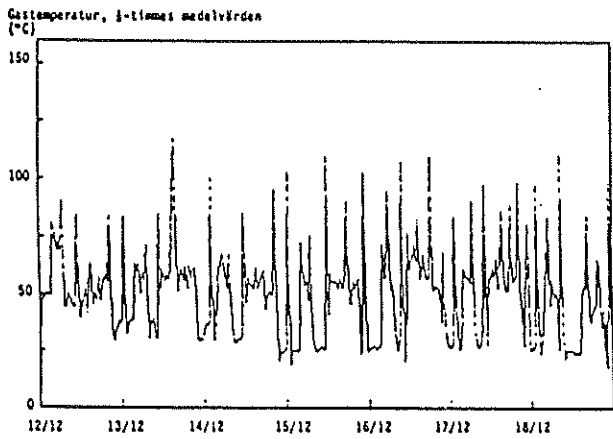
Figur 3.9 d  
Perioder med vindhastigheter >5 m/s



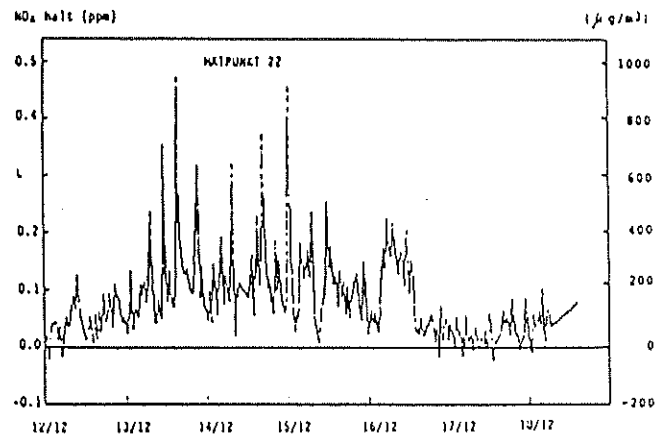
Figur 3.10a Vindriktning, (övre kuran) och vindhastighet (undre kuran)



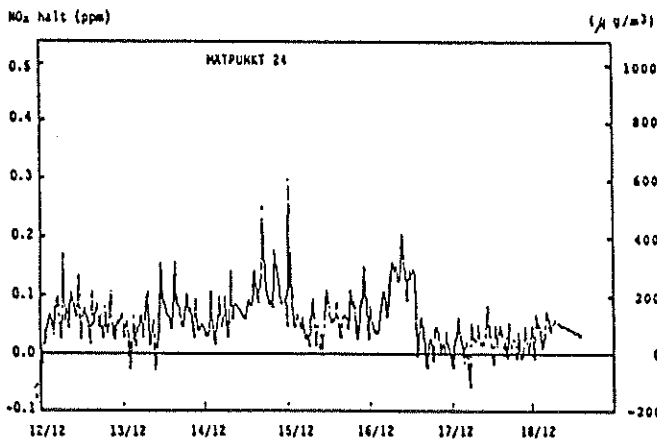
Figur 3.10b Utetemperatur



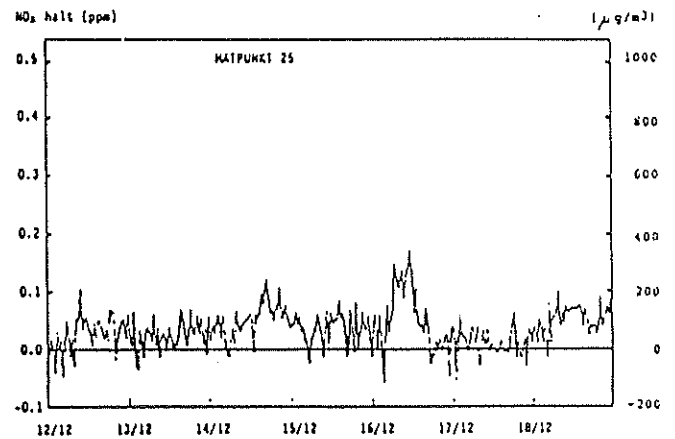
Figur 3.10c Halvtimmesmedelvärden för temperaturen i avgaserna



Figur 3.10d NO<sub>x</sub>-halt i mätpunkt 22



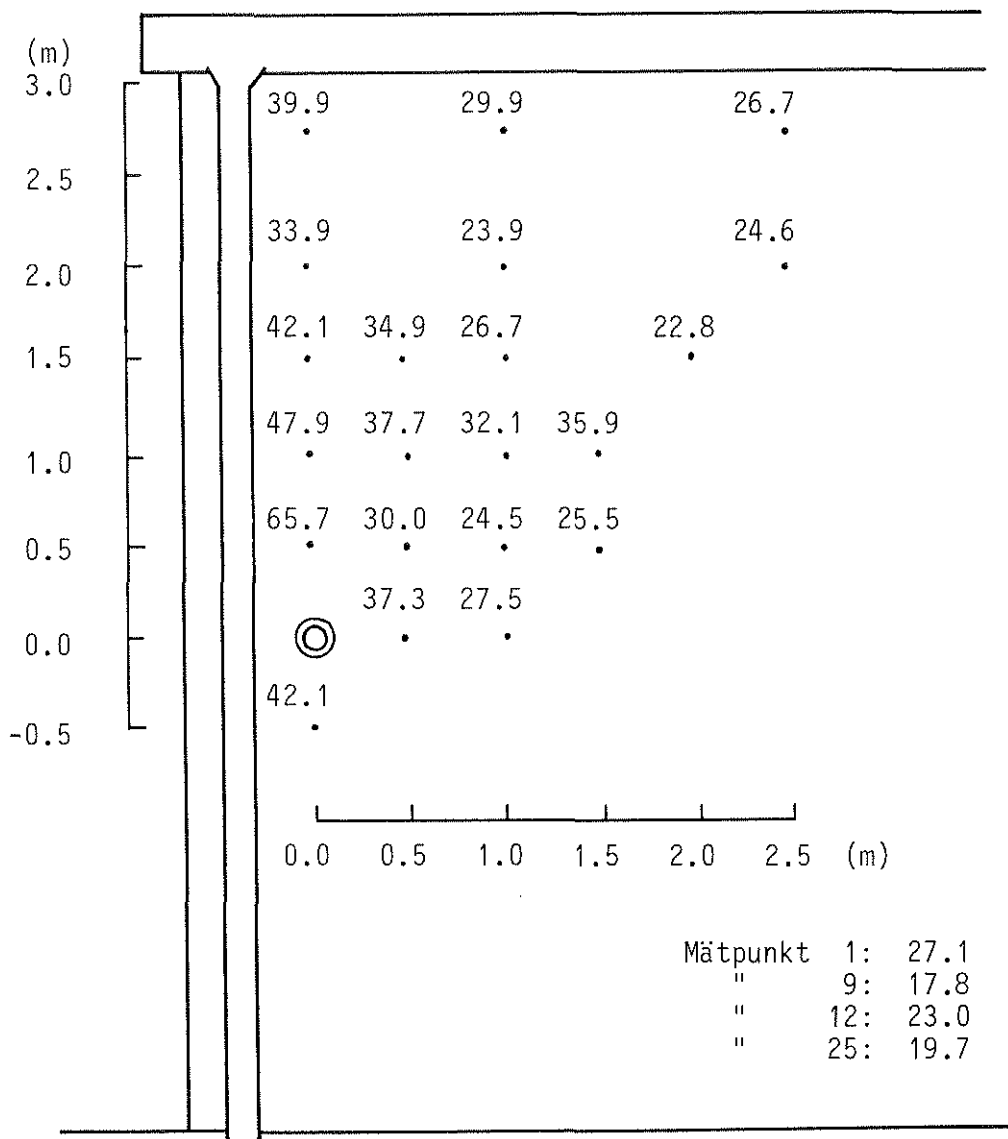
Figur 3.10e NO<sub>x</sub>-halt i mätpunkt 24



Figur 3.10f NO<sub>x</sub>-halt i mätpunkt 25 (Bakgrunds nivå)

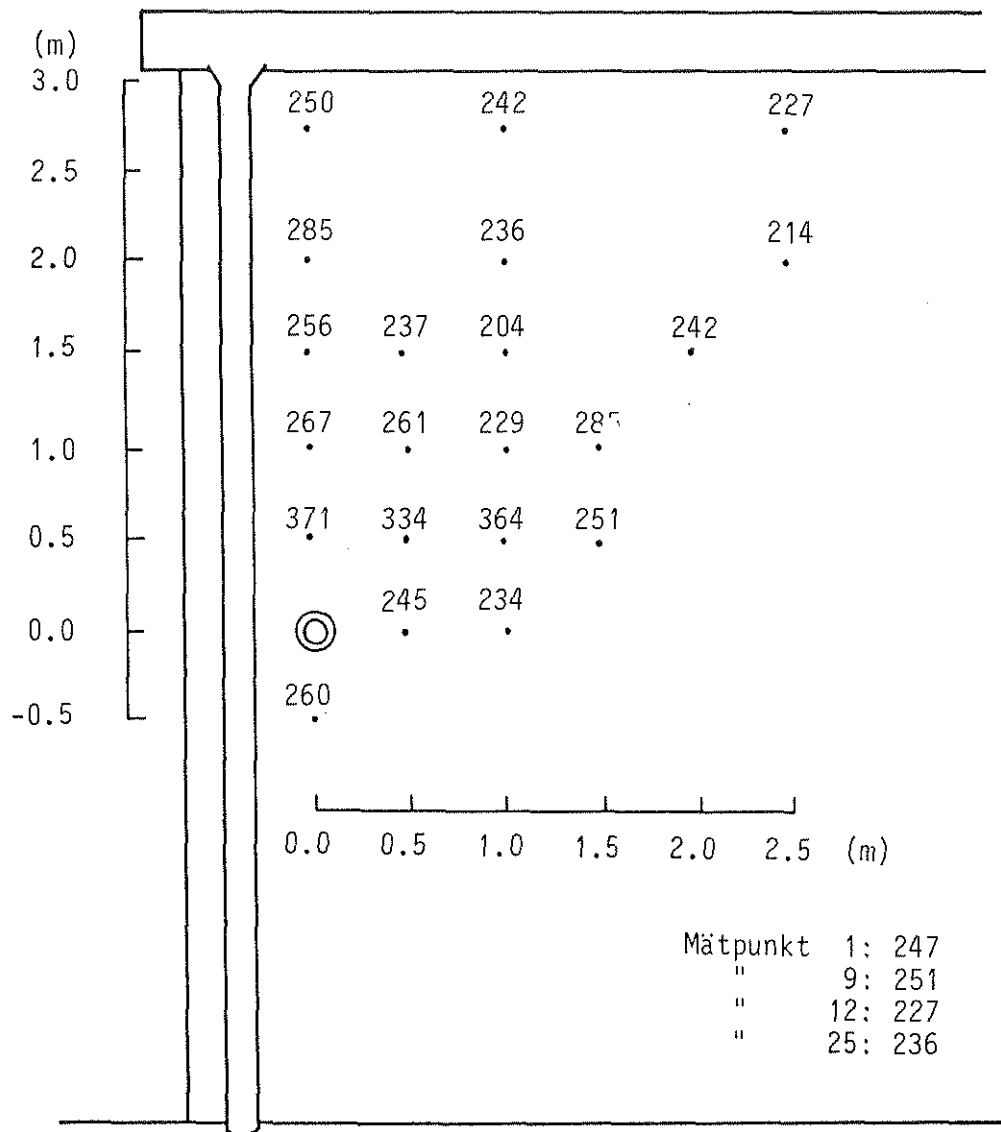
Figur 3.10 a-f

Mätdata från den 12 till den 18 december.



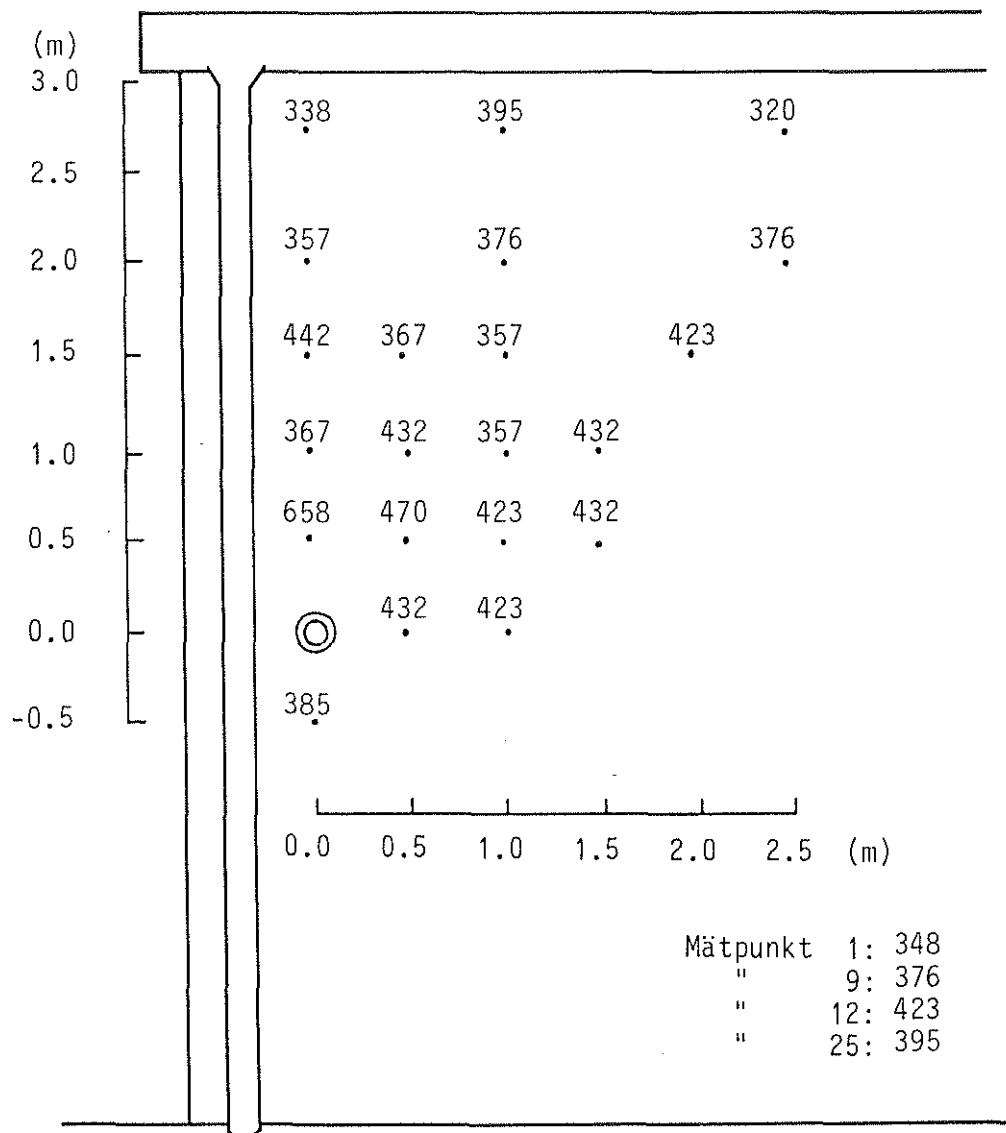
Figur 3.11 a

50-percentiler för NOx-halten i resp mät punkt under perioder med NV-N vind. (µg NO2/m3)



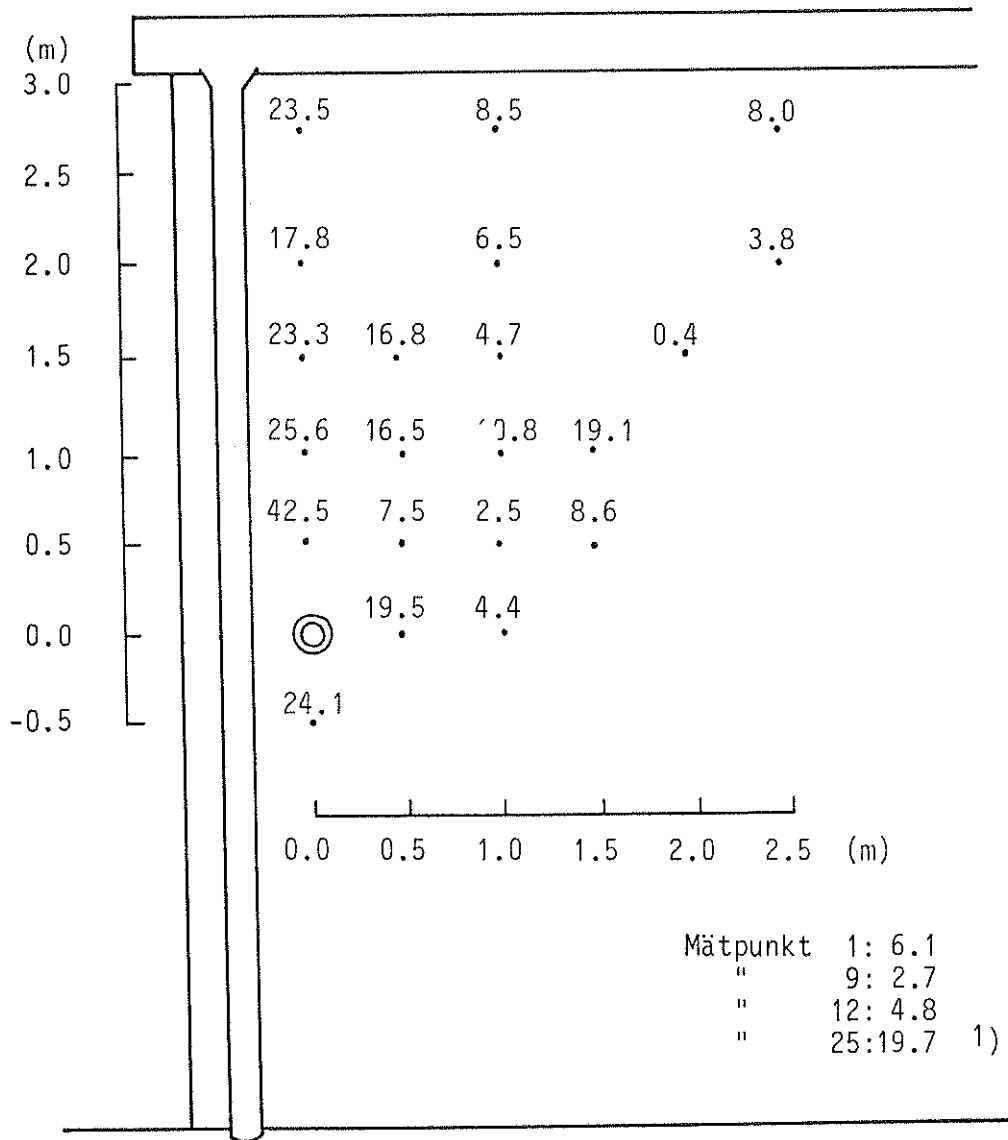
Figur 3.11 b

Uppskattade 99-percentiler för NO<sub>x</sub>-halten i respektive mät punkt under perioder med NV-N vind (µg NO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>)



Figur 3.11 c

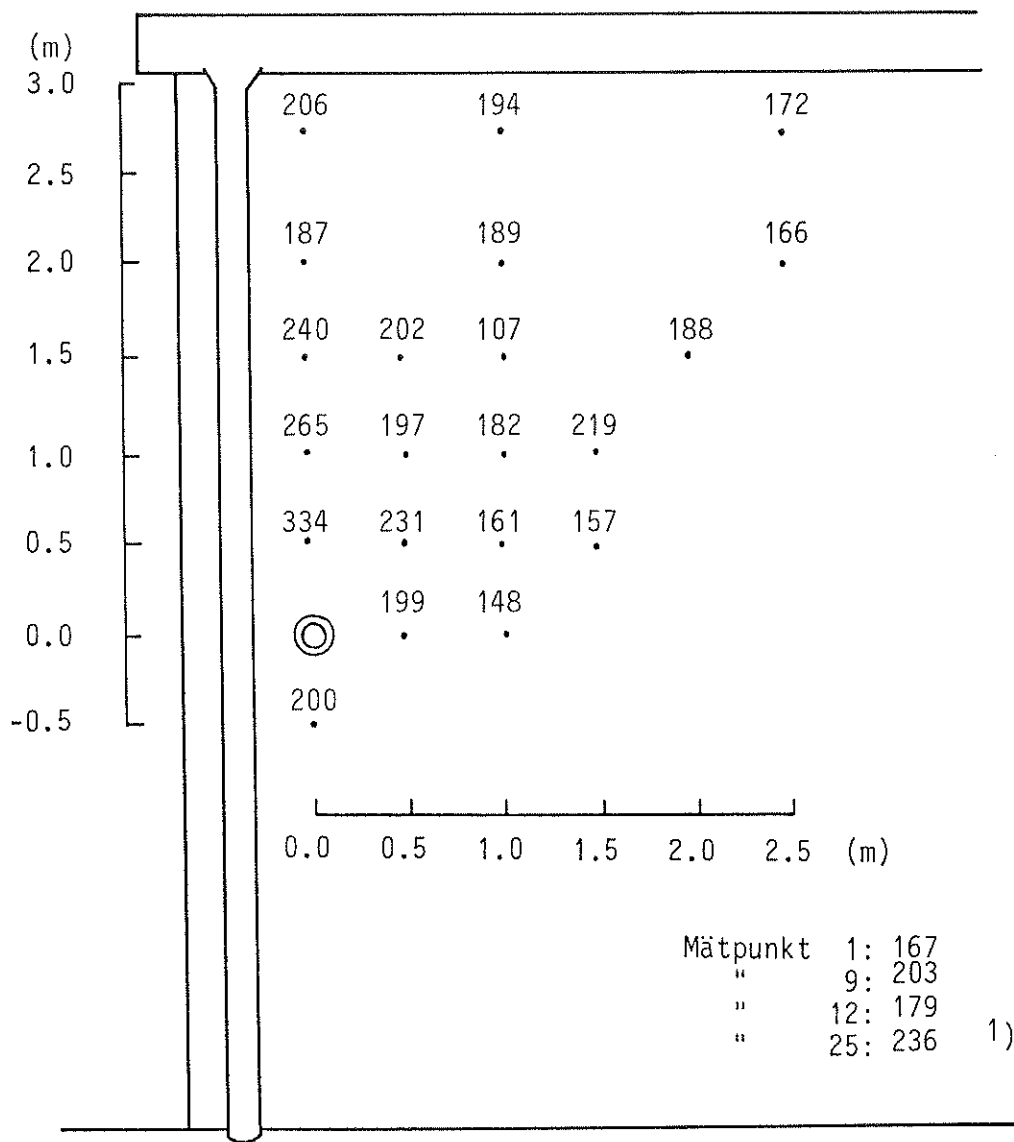
Uppskattade 99.8 percentiler för NOx-halten i respektive mät punkt under perioder med NV-N vind. ( $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ )



Figur 3.12 a

50-percentiler för skillnaden mellan uppmätt NOx-halt i respektive mät punkt 25 (bakgrundshalt) vid vindriktningar i intervallet NV-N ( $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ )

1) NOx-halt för perioder med vindriktningar inom intervallet NV-N

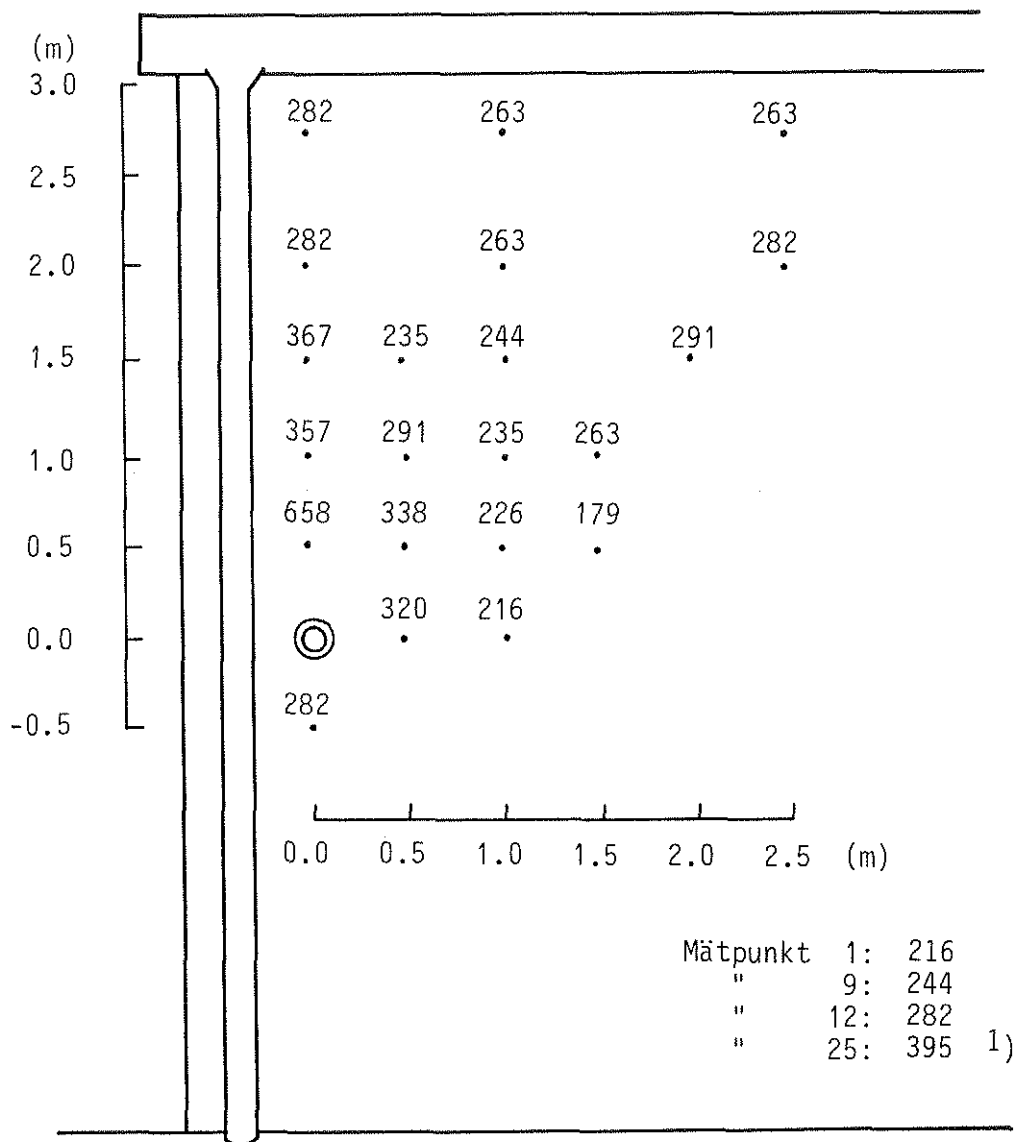


Figur 3.12 b

Uppskattade 99 percentiler för skillnaden mellan uppmätt NOx-halt i respektive mät punkt och Nox-halten i mät punkt 25 (bakgrundshalt) vid vindriktningar i intervallet NV-N ( $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ )

1) NOx-halt för perioder med vindriktningar inom intervallet NV-N

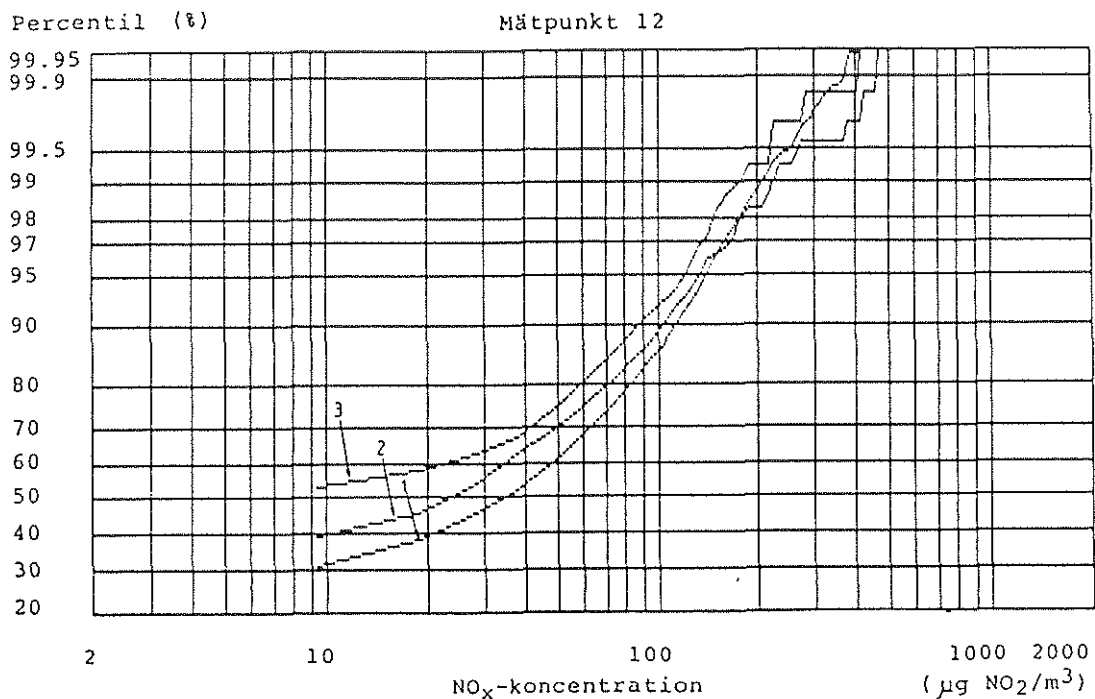




Figur 3.12 c

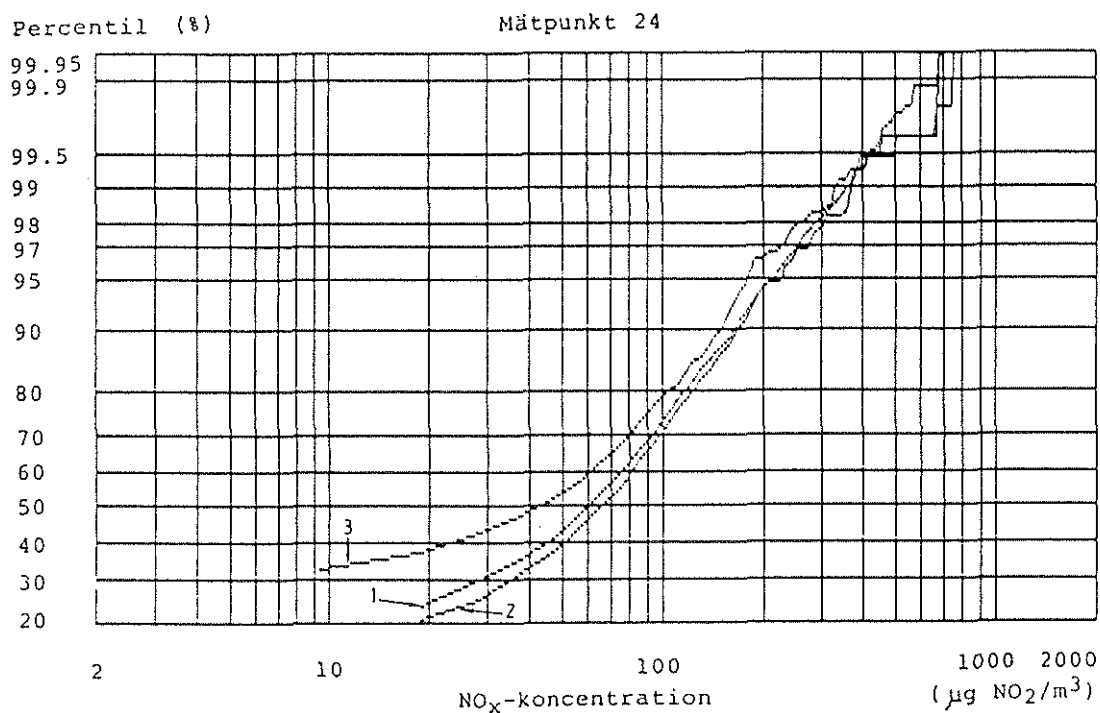
Uppskattade 99.8 percentiler för skillnaden mellan uppmätt NO<sub>x</sub>-halt i respektive mät punkt och NO<sub>x</sub>-halten i mät punkt 25 (bakgrundshalt) vid vindriktningar inom intervallet NV-N ( $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ )

1) NO<sub>x</sub>-halt för perioder med vindriktningar inom intervallet NV-N



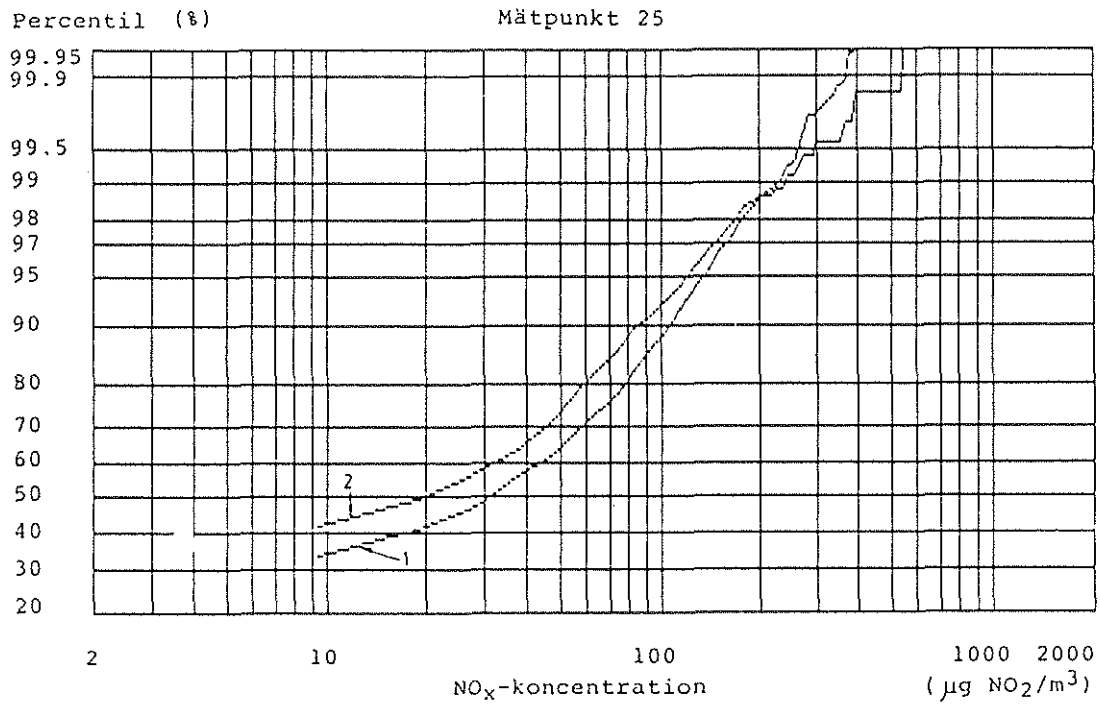
Figur 3.13 a Mätpunkt 12

- 1 - fördelningsfunktionen för mätdata från hela perioden
- 2 - fördelningsfunktionen för perioder med NV-N vind
- 3 - fördelningsfunktionen för skillnaden mellan NO<sub>x</sub>-halten i mätpunkt 25 för vindriktningar i intervallet NV-N



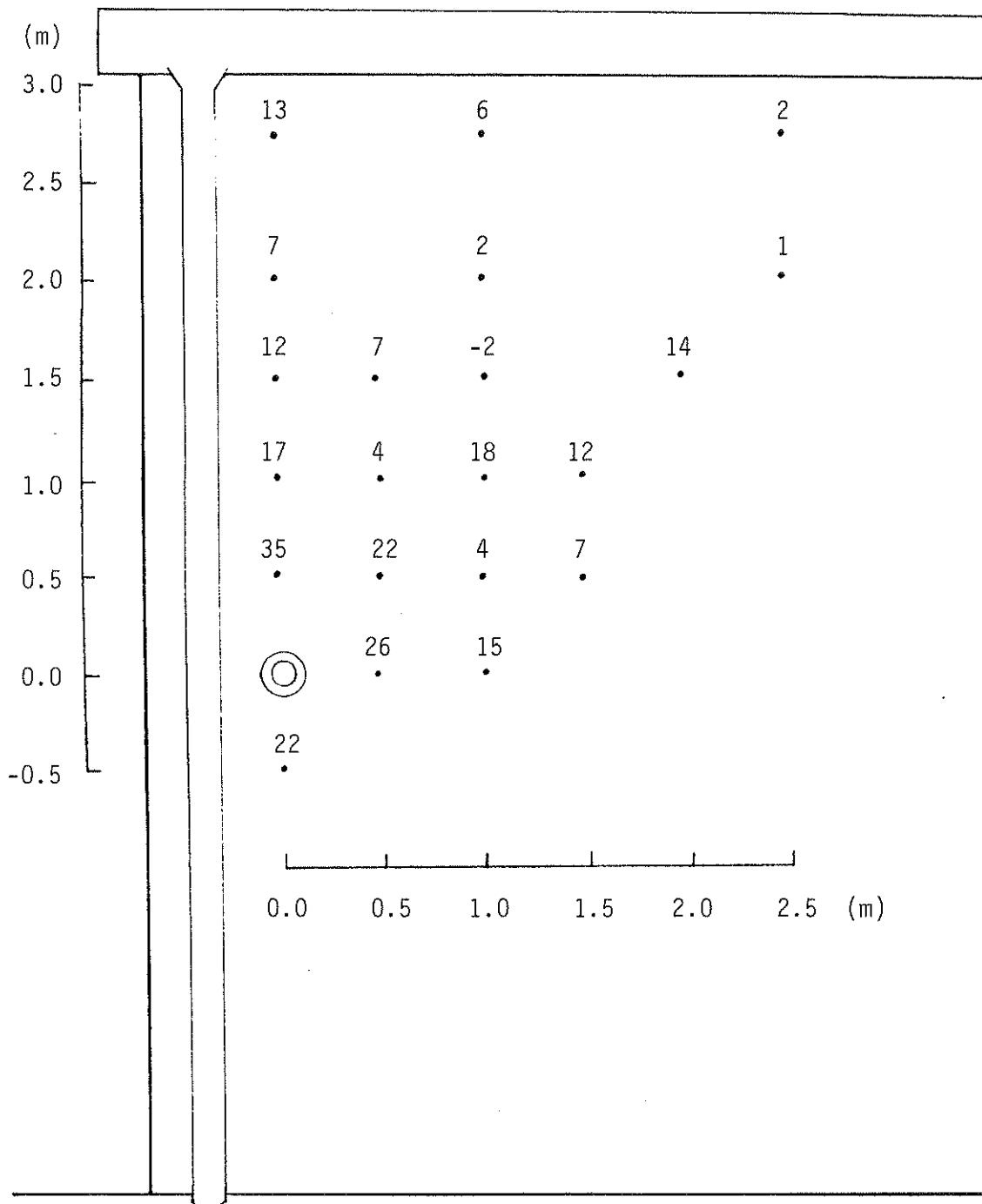
Figur 3.13 b Mätpunkt 24

- 1 - fördelningsfunktionen för mätdata från hela perioden
- 2 - fördelningsfunktionen för perioden med NV-N vind
- 3 - fördelningsfunktionen för skillnaden mellan NO<sub>x</sub>-halten i mätpunkt 24 och NO<sub>x</sub>-halten i mätpunkt 25 för vindriktningar i intervallet NV-N



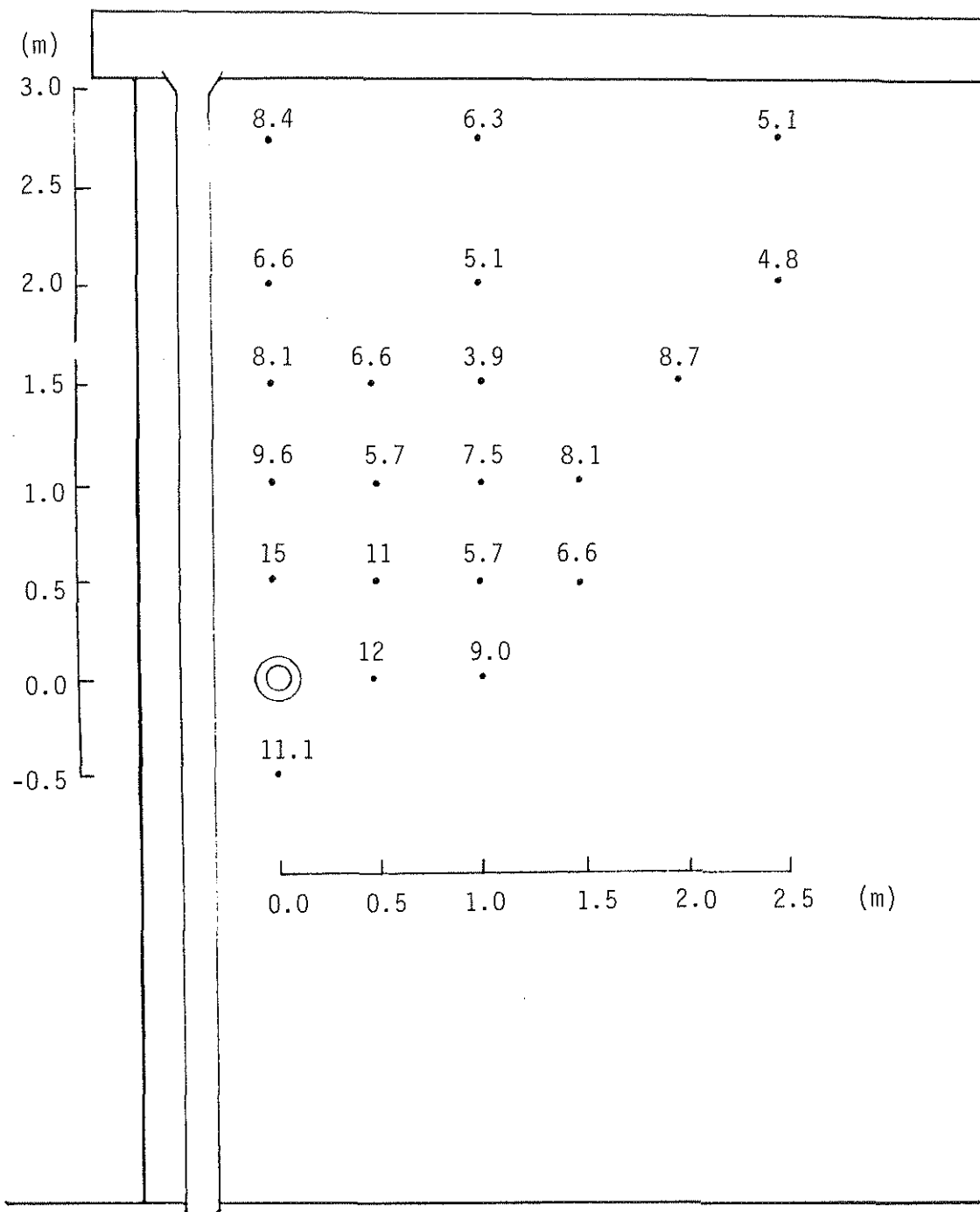
Figur 3.13 c Mätpunkt 25

- 1 - fördelningsfunktionen för mätdata från hela perioden
- 2 - fördelningsfunktionen för perioder med NV-N vind



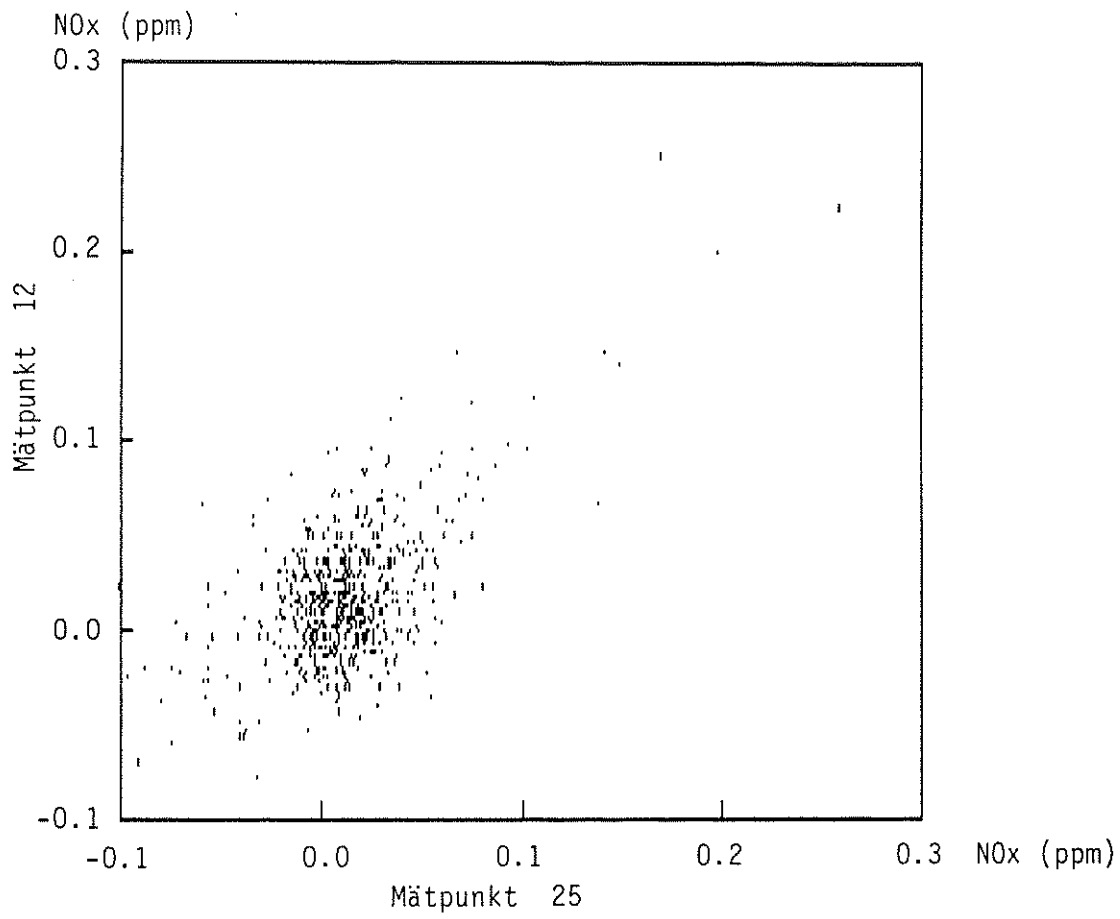
Figur 4.1

Skillnaderna mellan medelvärdena i respektive mätpunkt vid fasaden och medelvärdet i mätpunkt 25 (bakgrundsnivån i  $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ ). I figuren visas den totala NOx-halten. NO<sub>2</sub>/NOx-förhållandet uppskattas till 30%.



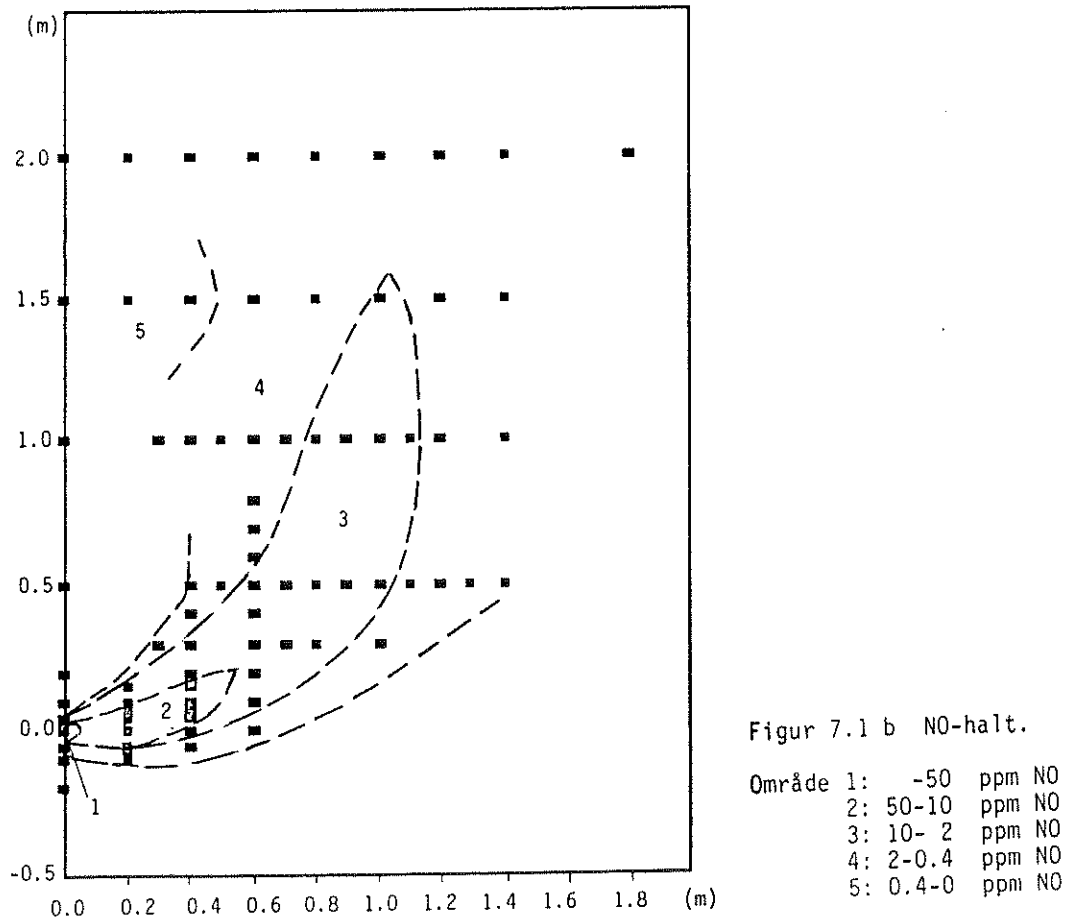
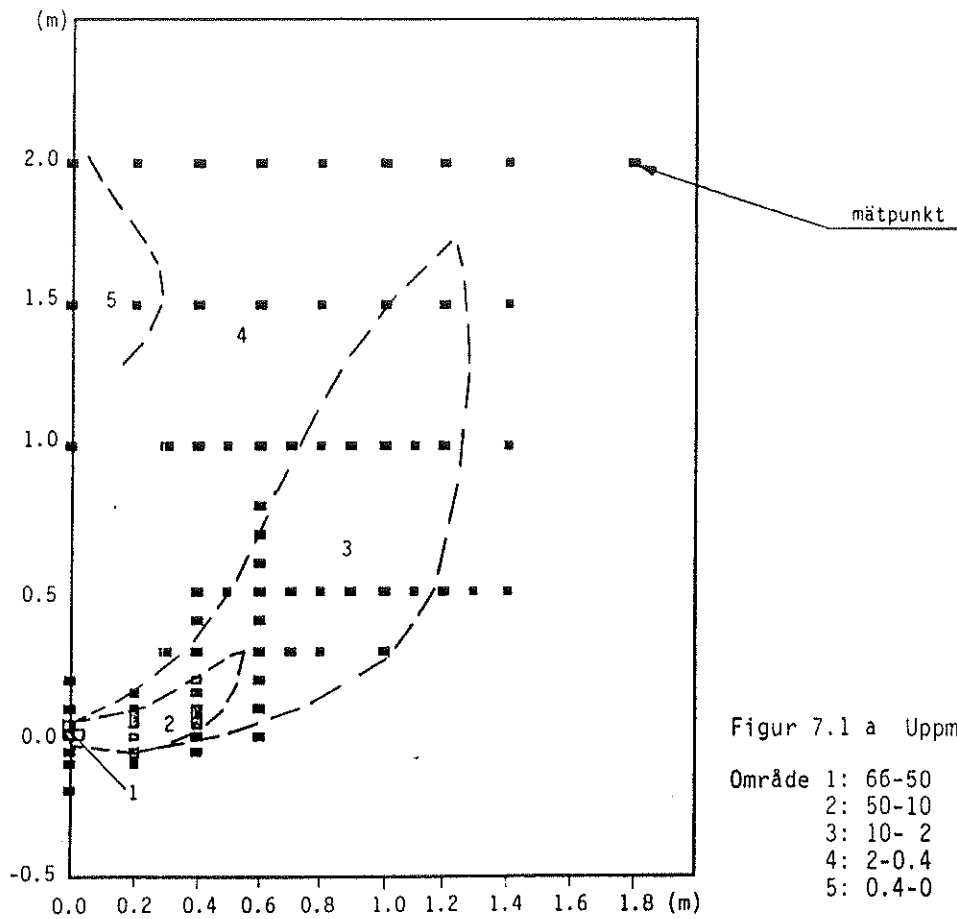
Figur 4.2

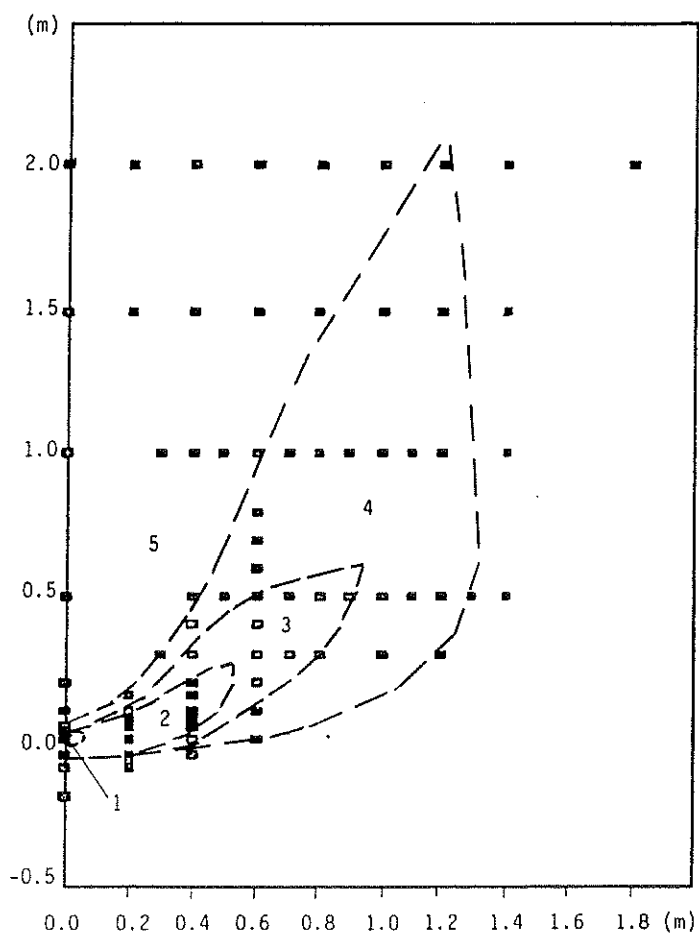
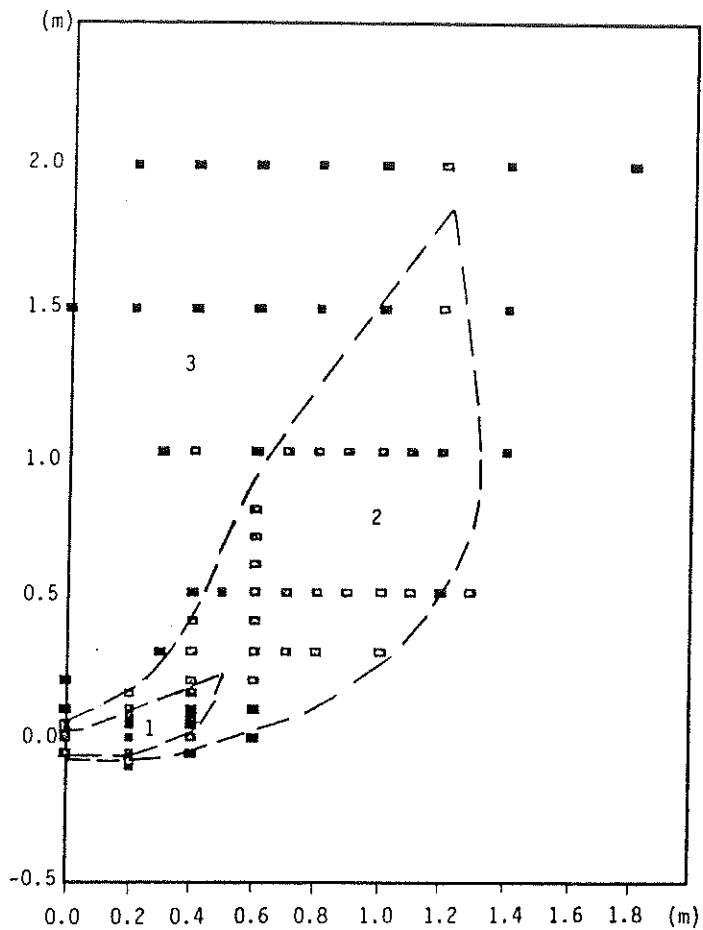
Bidrag till  $\text{NO}_2$ -halten från väggpannan till medelvärdet i respektive mätpunkt vid fasaden. ( $\mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ ).



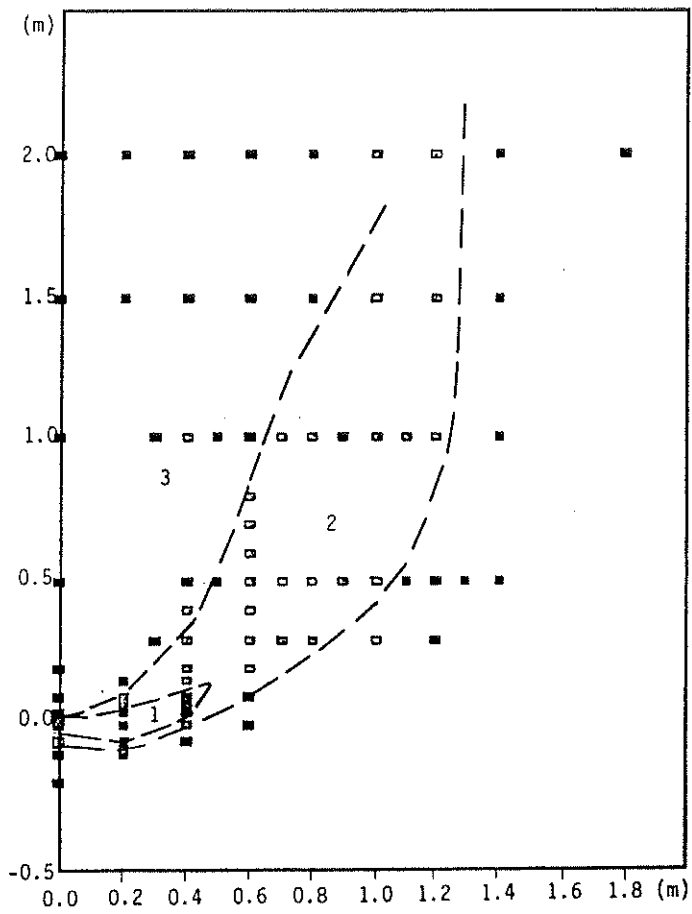
Figur 4.3

Korrelationen mellan NOx värdena i mätpunkterna 12 och 25 vid ungefär samma tidpunkt och vid vindriktningar inom intervallet NV-N vind.



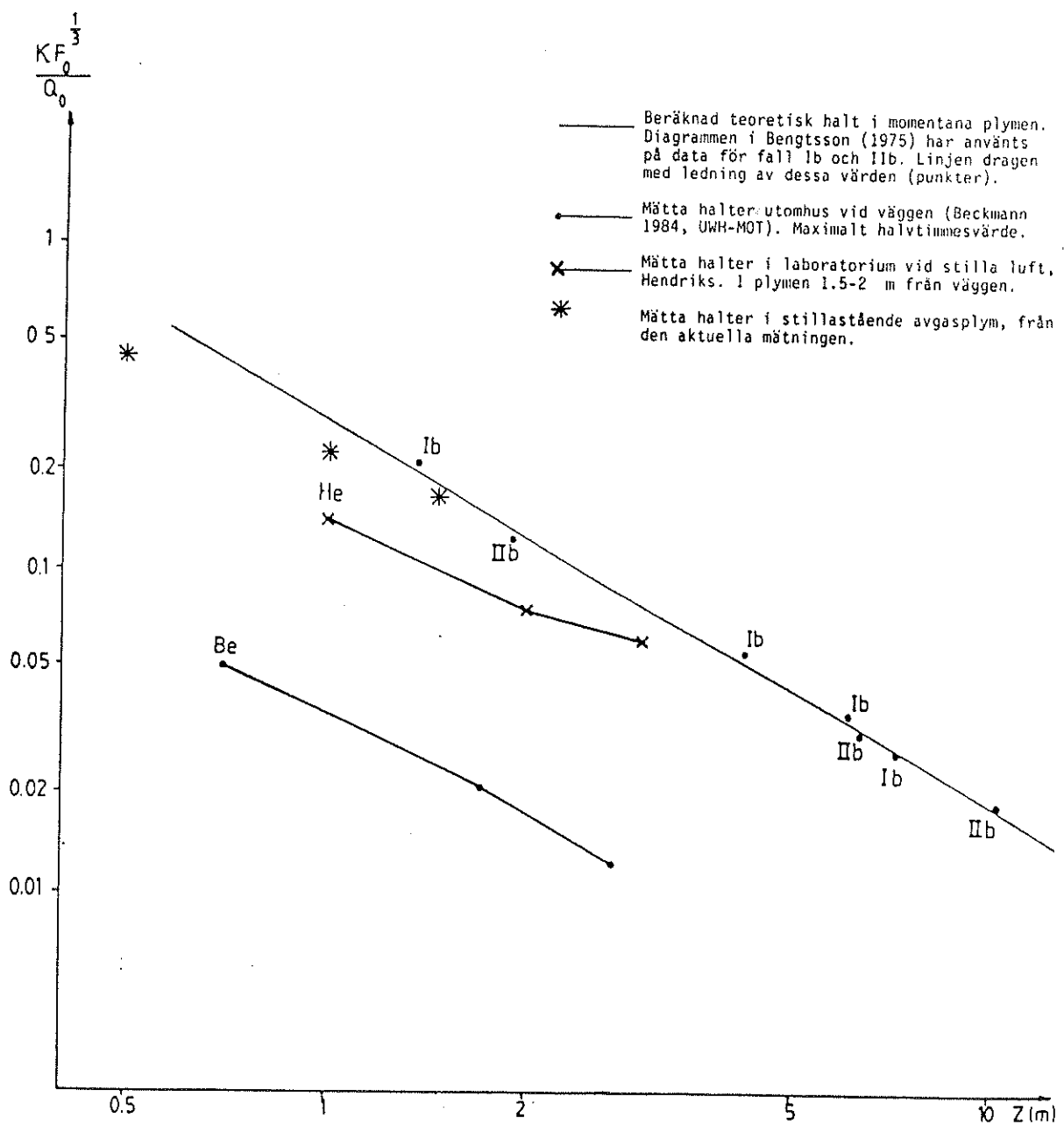






Figur 7.1 e Temperatur.

- Område 1: 120-50 °C
- 2: 50-25 °C
- 3: 25-20 °C



Figur 7.2

Panna med forcerat drag. Avböjd plym. Jämförelse mellan mätta och beräknade  $\text{NO}_2$ -halter  $K$  (ppm).  $Z$  är höjden över mynningens horisontalplan. Beckmanns värden avser halter vid väggen alltså mestadels utanför plymen. Övriga värden avser halt i plymen.  $F_0$  är värmeemission i  $\text{m}^4/\text{s}^3$  och  $Q_0$  är  $\text{NO}_2$ -emission i g/h. ( $\text{NO}_x$ -emission i g/h för den aktuella mätningen).

