

-4. DES 1973

BEGRENSNING AV SO<sub>2</sub>-UTSLIPP I EUROPA  
MODELLBEREGNINGER MED REDUSERTE UTSLIPP

Midlertidig rapport

B. Fjeld

1 INNLEDNING

Etter oppdrag fra Miljøverndepartementet arbeider Norsk Institutt for Luftforskning for tiden med en undersøkelse av hvilke virkninger en reduksjon i SO<sub>2</sub>-utslippene i Europa vil ha på forurensningssituasjonen over Norge.

I dette arbeidet benyttes de atmosfæriske spredningsmodeller som er utviklet ved NILU, og alle beregninger utføres ved regneanlegget ved Meteorologisk Institutt, Blindern.

Etter ønske fra Miljøverndepartementet vil beregningene bli basert på at man reduserer utslippene i Mellom-Europa med 25%, 50% og 75%. Man vil også prøve å utføre beregningene for flere episoder for å få et bredest mulig materiale til å yurdere virkningen av reduksjonene. Dette arbeidet pågår nå for fullt, men det er for tidlig å si noe om utfallet av det, så vi skal her bare kort presentere resultatene av de første innledende beregninger.

2 DESEMBEREPISODEN 1972

Man har valgt å ta utgangspunkt i desemberepisoden 1972 da denne tidligere har vært nokså inngående studert, og det foreligger dessuten en del målinger fra denne perioden som en kan sammenligne beregningene med.

Som et første forsøk ble kildene i Ruhr, Nederland, Belgia og England redusert med 50%. Tidspunktet for, og varigheten av reduksjonen for de forskjellige kilder ble avgjort på

grunnlag av værvarsel. Man regnet med 1,5 døgns varslings-tid, og en spredningsmodell basert på Lagrange's metode ble benyttet til beregningene.

Grunnlaget for beregningene var som følger:

start:	17.12 kl 00 GMT	Fulle kilder over hele Europa.
	17.12 12 GMT	England pålegges å redusere med 50%.
	19.12 12 GMT	Adgang til fullt utslipp igjen i England.
	20.12 12 GMT	England, Tyskland, Nederland og Belgia blir pålagt å redusere med 50%.
	22.12 00 GMT	Normalt utslipp på kontinentet, fortsatt 50% reduksjon i England.
	23.12 00 GMT	Adgang til normalt utslipp over alt.
stopp:	25.12 00 GMT	Episoden regnes nå for å være over.

Resultatene av beregningene er vist i figur 1-7, side 6-12. Til venstre vises de beregnede konsentrasjoner ut fra normalt kildefelt, og til høyre vises resultatene når utslippene blir redusert med 50% i perioder.

Figur 1 viser situasjonen 19.12.00 GMT, og her ser man at med ordinærtkildefelt ligger konsentrasjonene mellom 26 og 52  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  på Vestlandet, disse synker noe, og ligger mellom 13 og 26  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  når kildefeltet reduseres, men ellers i landet er forholdene tilnærmet uendrede.

Figur 2 19.12.12 GMT øker konsentrasjonen over Norge betraktelig, og over store deler av Sør-Norge er den nå oppe i 26-52  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , og i et lite område på Sør-Vestlandet er den oppimot 60  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Man har ingen målestasjoner i dette området som kan bekrefte disse høye konsentrasjonene. Søyland ligger imidlertid like ved området med de høyeste konsentrasjonene, men her ble det målt 0  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  den 19.12. Når kildene i Europa reduseres får man ikke lenger denne toppen på Sør-Vestlandet, ellers er bildet uforandret.

Figur 3 viser at den 20.12 00 GMT øker konsentrasjonen over Vestlandet til  $52 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$  eller mer, og hele Sør-Norge ligger mellom 26 og  $52 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Maksimal-konsentrasjonene synker betraktelig når kildefeltet reduseres, men hele Sør-Norge ligger fortsatt på ca.  $26 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ .

Fra den 20.12 00 GMT til 22.12 12 GMT skjer det lite og konsentrasjonene er lave hele tiden.

Figur 5 Den 23.12 00 GMT stiger konsentrasjonene noe igjen og Østlandet og Sør-Vestlandet har konsentrasjoner mellom 26 og  $52 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Disse synker når kildefeltet reduseres og hele Sør-Norge får nå en konsentrasjon mellom 13 og  $26 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ .

Figur 6 Over store deler av Sør-Norge er konsentrasjonene oppe i  $26-52 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , og fra dette tidspunkt foreligger det også målinger som stemmer godt med beregningene. Når kildefeltet reduseres, reduseres også området med disse konsentrasjonene. Her burde man kanskje tegnet inn 30-kotene for å få et mer differensiert bilde av hvordan konsentrasjonene endres.

Figur 7 24.12 00 GMT er konsentrasjonene fortsatt høye over Sør-Norge, dette stemmer ikke med målingene; høyeste registrering hadde Hvasser med  $10 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Når kildefeltet reduseres, endres bildet tildels kraftig og ut fra arealbetraktninger må man kunne si at mengden forurensning over Norge nesten er redusert til halvparten av det den var.

Fra dette tidspunktet synker konsentrasjonen over Norge, den 25.12 00 GMT er den kommet ned i null, og beregningene avsluttes.

Som nevnt innledningsvis ble kildene redusert over tildels korte tidsrom basert på 1,5 døgnvarslingstid, det er mulig dette er en altfor fin oppdeling, og at man heller burde

reduisert kildene med 50% over hele området (England og kontinentet) allerede den 17.12 12 GMT da det ble klart at det ville oppstå en langtransportsituasjon, og så kjørt med redusert utslipp hele episoden fram til den 25.12 00 GMT, denne episoden er imidlertid litt spesiell da den er ekstremt lang, sannsynligvis sammensatt av 2 episoder, noe også de lave konsentrasjonene 20-23 desember tyder på.

### 3 MARSEPIDODEN 1972

I begynnelsen av mars 1972 hadde man en interessant episode med langtransport fra kontinentet, og med denne episode er det tidligere gjort en del forsøk som tas med her, da de antas å være av interesse.

Følgende endringer er gjort i kildefeltet:

1. Alle kilder i Skandinavia er tatt bort.
2. Alle kilder i Øst-Europa er tatt bort.
3. Alle kilder i Skandinavia og Øst-Europa er tatt bort.

I hvert av tilfellene har man så brukt sektormodellen og beregnet spredningen ut fra de reduserte kildefelt og sammenlignet resultatene med beregninger basert på normalt kildefelt.

Figur 8 viser situasjonen 4.3. 12 GMT i de forskjellige tilfellene, og som vi ser har det liten betydning at alle kilder i Skandinavia fjernes, noe som tilsier at det meste av forurensningene som var over Norge på denne tiden kom utenfra, dvs. forutsatt at den anvendte spredningsmodell gir et korrekt bilde av situasjonen.

I figur 8c er alle kilder i Øst-Europa tatt bort, og bildet har endret seg noe, men vi får fortsatt en del forurensninger innover Norge, og disse må etter all sannsynlighet komme fra kontinentet. Dette indikerer også figur 8d, her er alle kilder både i Skandinavia og Øst-Europa borte, men vi får fortsatt forurenset luft innover landet, og maksimalkonsentrasjonene er

fortsatt like høye, selv om området som dekkes av disse konsentrasjonene er betraktelig mindre. I døgnet mellom 4. og 5. mars ble det målt  $\text{SO}_2$ -konsentrasjoner i luften på 23-24  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  på Sørlandet, og dette stemmer godt med beregningene. Ifølge figur 8a vil man kunne måle 26  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  i hele Sør-Norge.

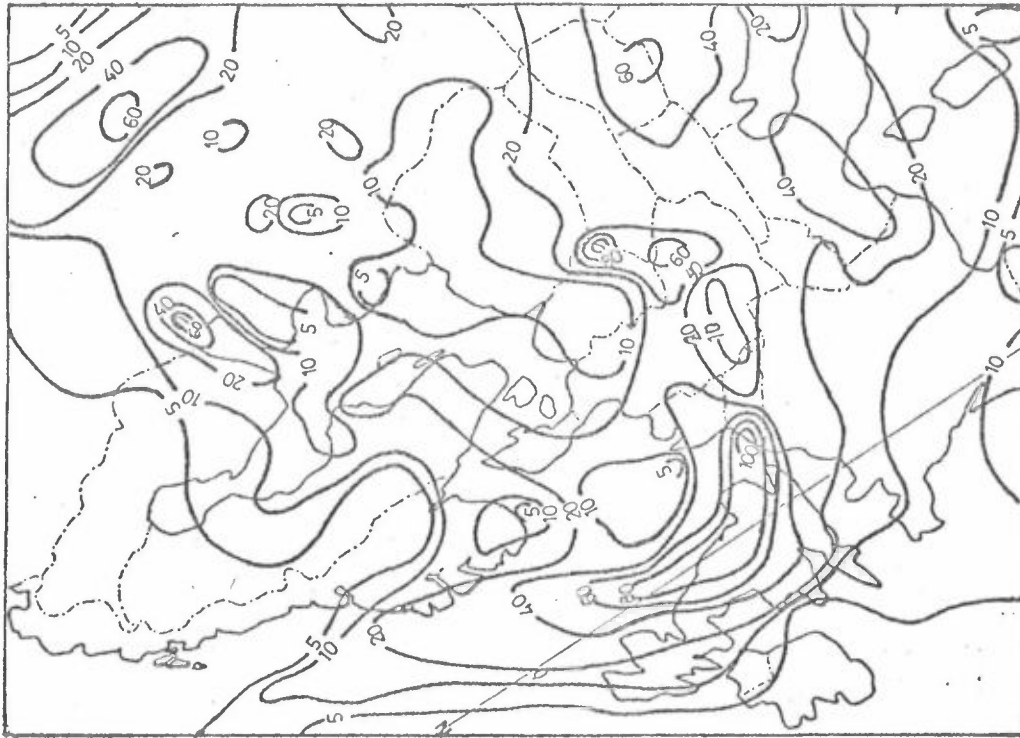
Figur 9 viser situasjonen 5.3.00 GMT og av figur 9a ser man nå at luftmassene trekker seg østover samtidig som konsentrasjonen øker noe over Oslo-området og er oppe i hele 52  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . Når alle kilder i Øst-Europa fjernes, synker  $\text{SO}_2$ -konsentrasjonen betraktelig og maksimal-konsentrasjonen er nå 26  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . I figur 9 er alle kilder i Skandinavia fjernet, i tillegg til kildene i Øst-Europa, men dette har liten effekt, en viss reduksjon kan man dog konstantere.

Figur 10 5.3.12 GMT har episoden passert sitt maksimum, men man har fortsatt konsentrasjoner oppe i 52  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  over et lite område på Sørlandet (figur 10a). Når kildene i Øst-Europa fjernes reduseres forurensningene kraftig. Ser man på hvor store områder som ligger mellom kotene på 10 og 20, og 20 og 40 i figur 10a og figur 10b, kan man grovt anslå at mengden forurensning over Norge er redusert til det halve i figur 10b i forhold til i figur 10a.

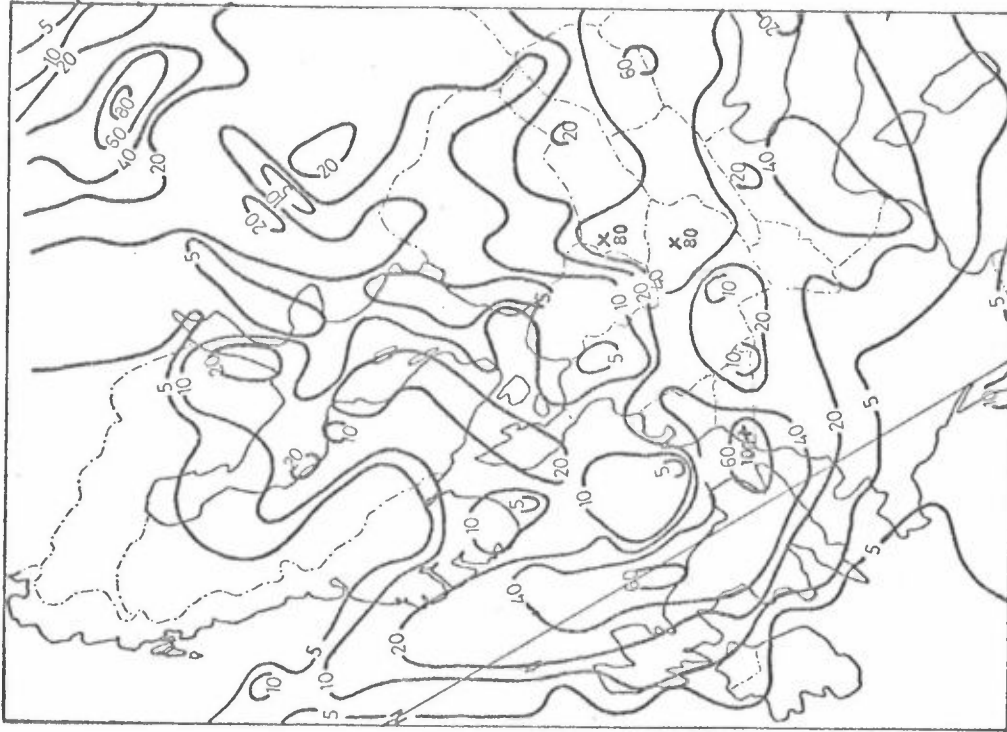
I figur 10c er Skandinavia fjernet i tillegg til Øst-Europa, men dette har som tidligere liten effekt.

Man kan også plukke ut punkter på kartet og se hvordan konsentrasjonen endrer seg med tiden. Dette er gjort for gridpunkter med posisjon tilsvarende Oslo og Sunnhordaland. Resultatet er vist i figur 11, side 16. Denne form for illustrasjon kan kanskje bidra til å gi et mer kvantitativt bilde av virkningene av reduksjoner i kildefeltet.

Figur 1



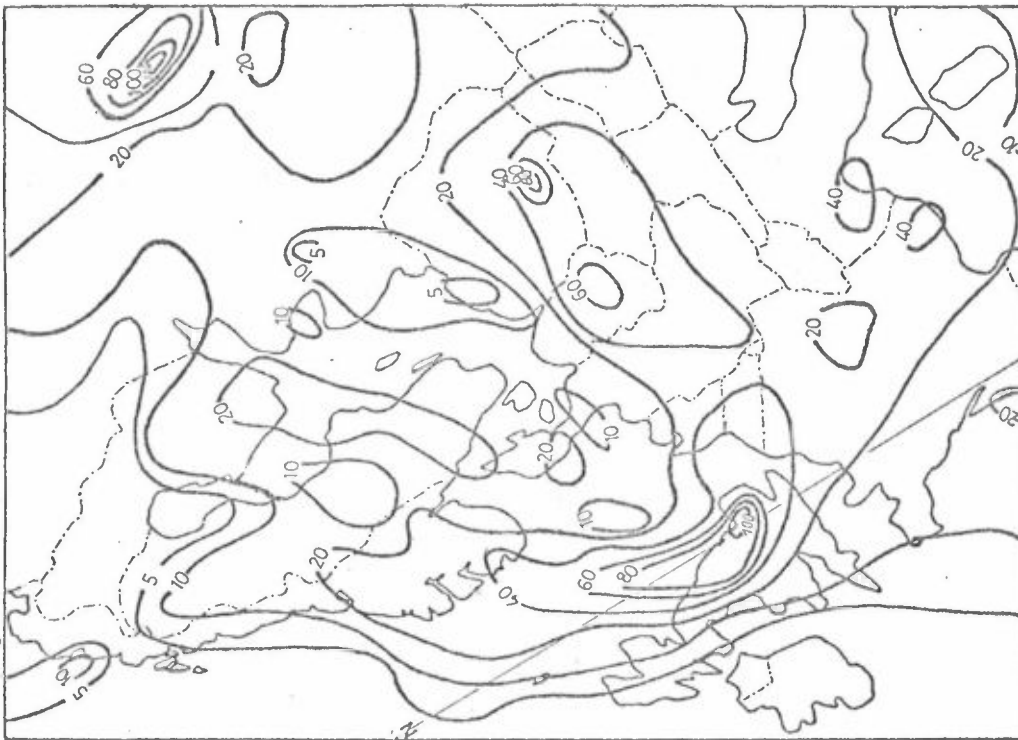
a) Normalt kildefelt



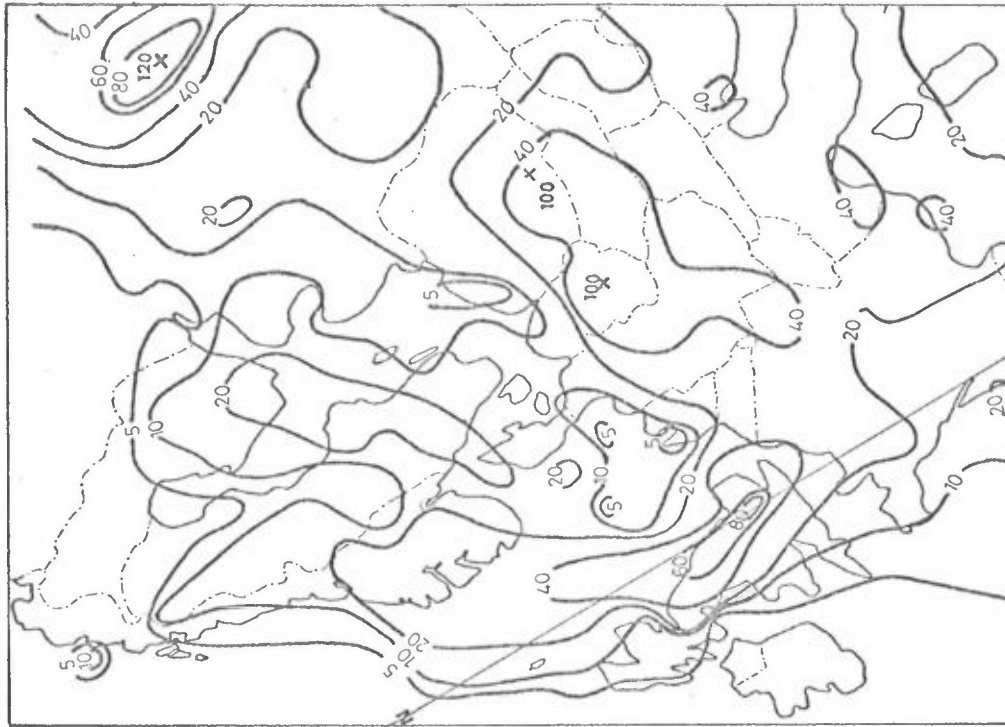
b) Redusert kildefelt

Beregnet SO<sub>2</sub>-blandingsforhold,  $q \cdot 10^9$  ( $q = 10^{-9}$  tilsvarende  $1,3 \mu\text{g SO}_2/\text{Nm}^3$ )  
19.12.1972 00 GMT

Figur 2



a) Normalt kildefelt



b) Redusert kildefelt

Beregnet SO<sub>2</sub>-blandingsforhold,  $q \cdot 10^9$  ( $q = 10^{-9}$  tilsvarer  $1,3 \mu\text{g Nm}^3$ )  
19.12.1972 12 GMT

Figur 3



a) Normalt kildefelt

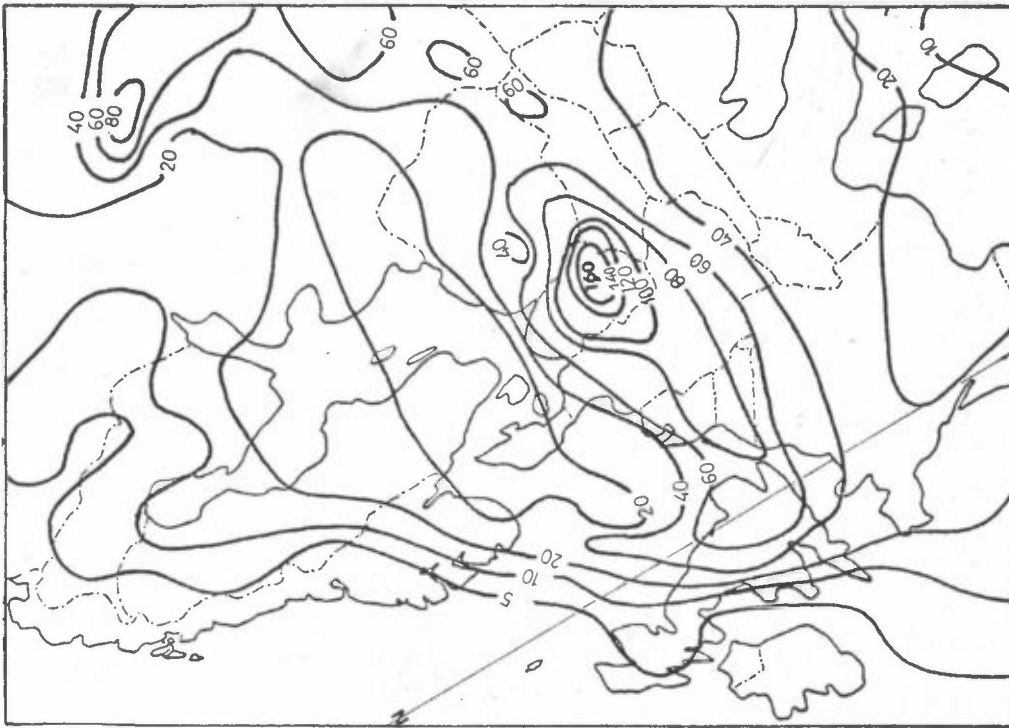


b) Redusert kildefelt

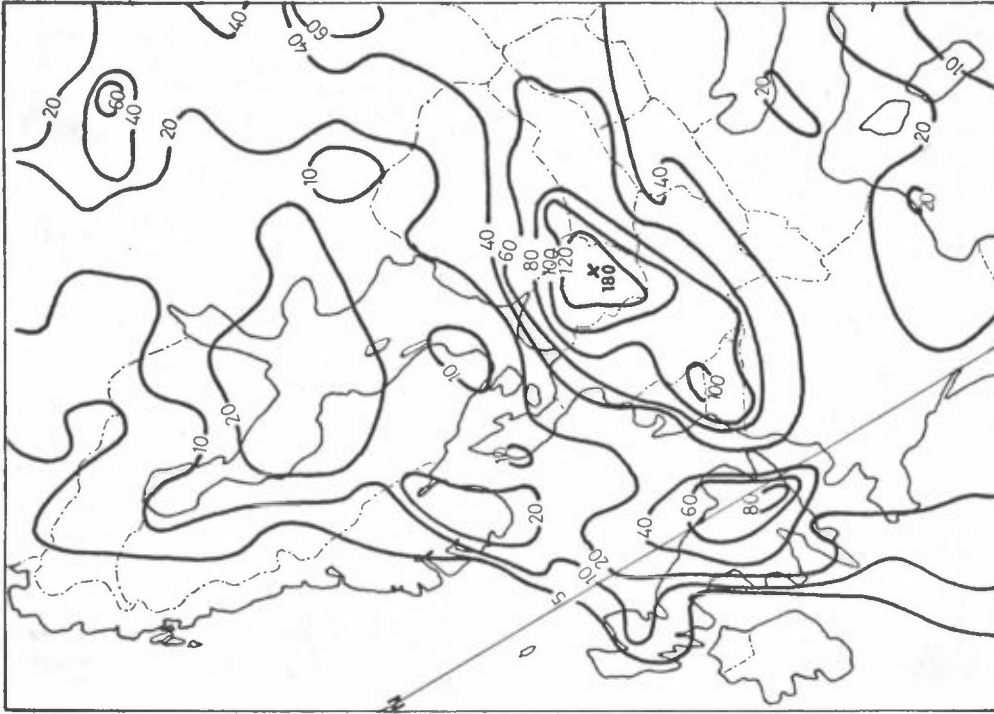
Beregnet SO<sub>2</sub>-blandingsforhold,  $q \cdot 10^9$  ( $q = 10^{-9}$  tilsvarer  $1,3 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )  
20.12.1972 00 GMT



Figur 4



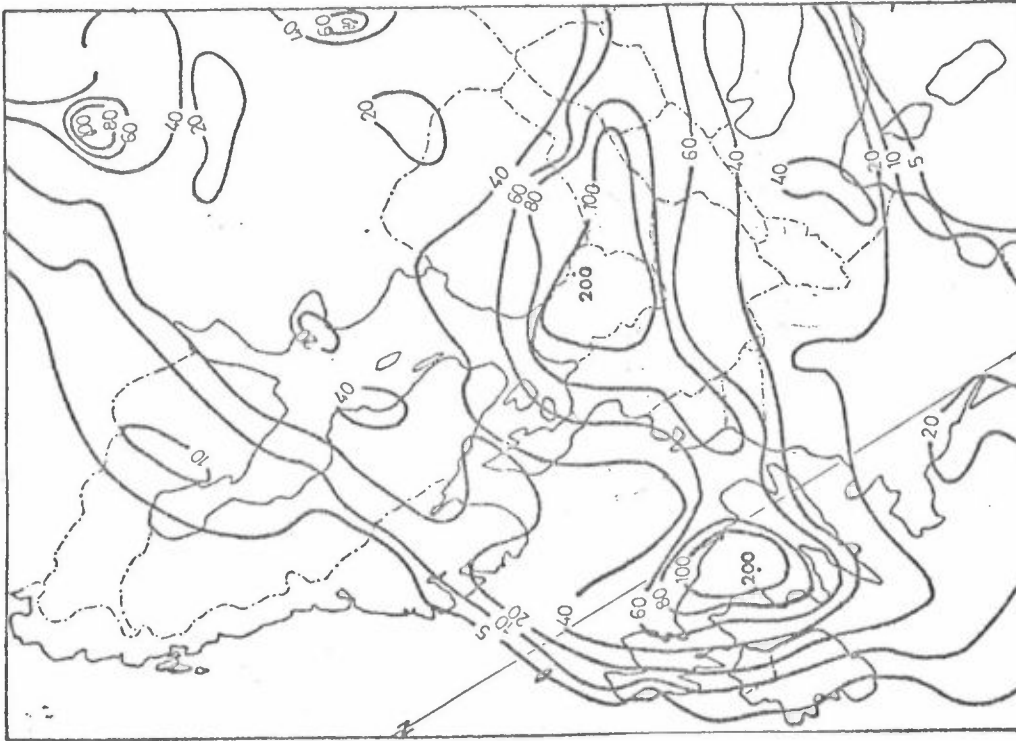
a) Normalt kildefelt



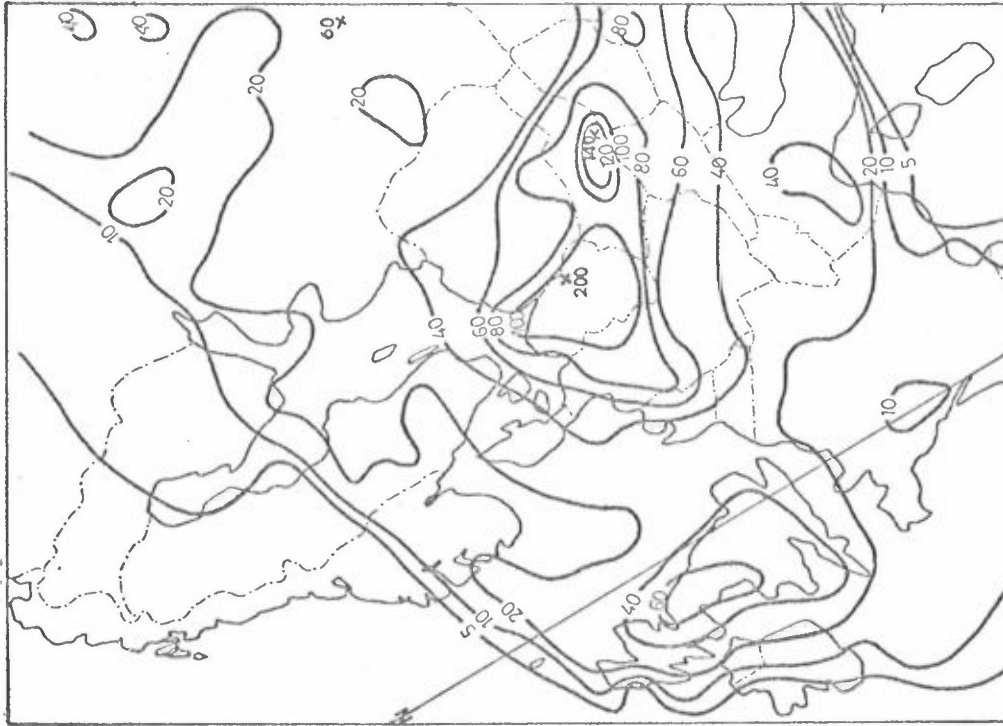
b) Redusert kildefelt

Beregnet SO<sub>2</sub>-blandingsforhold,  $q \cdot 10^9$  ( $q = 10^{-9}$  tilsvarende  $1,3 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ).  
20.12.1972 12 GMT

Figur 5



a) Normalt kildefelt



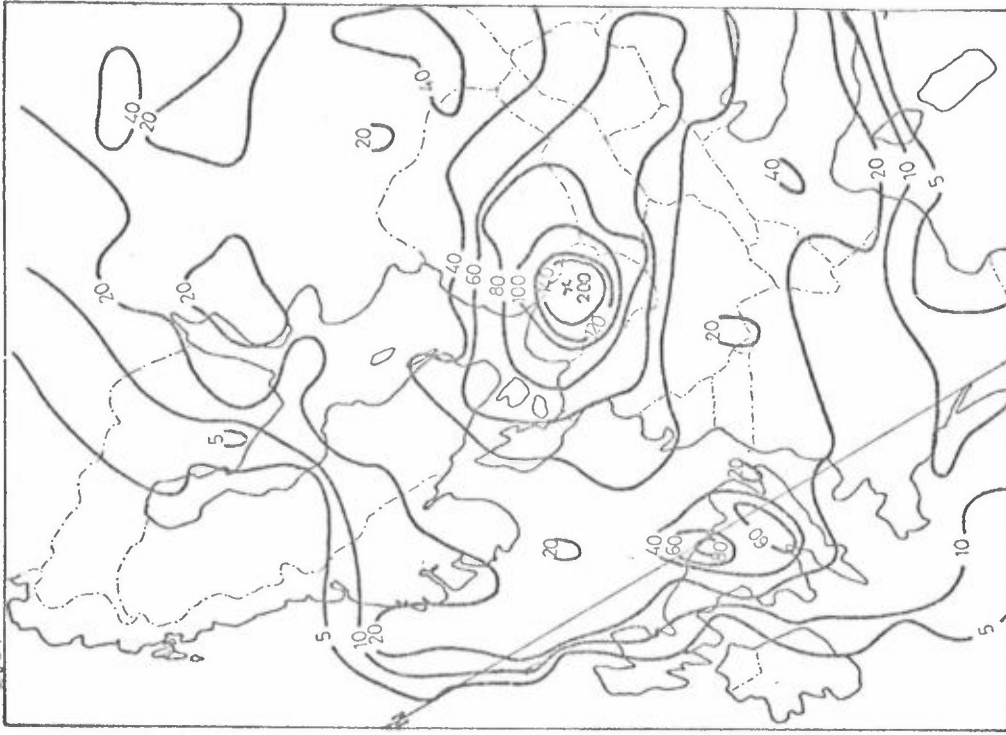
b) Redusert kildefelt

Beregnet SO<sub>2</sub>-blandingsforhold,  $q \cdot 10^9$  ( $q = 10^{-9}$  tilsvarer  $1,3 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ), 23.12.1972 00 GMT

Figur 6



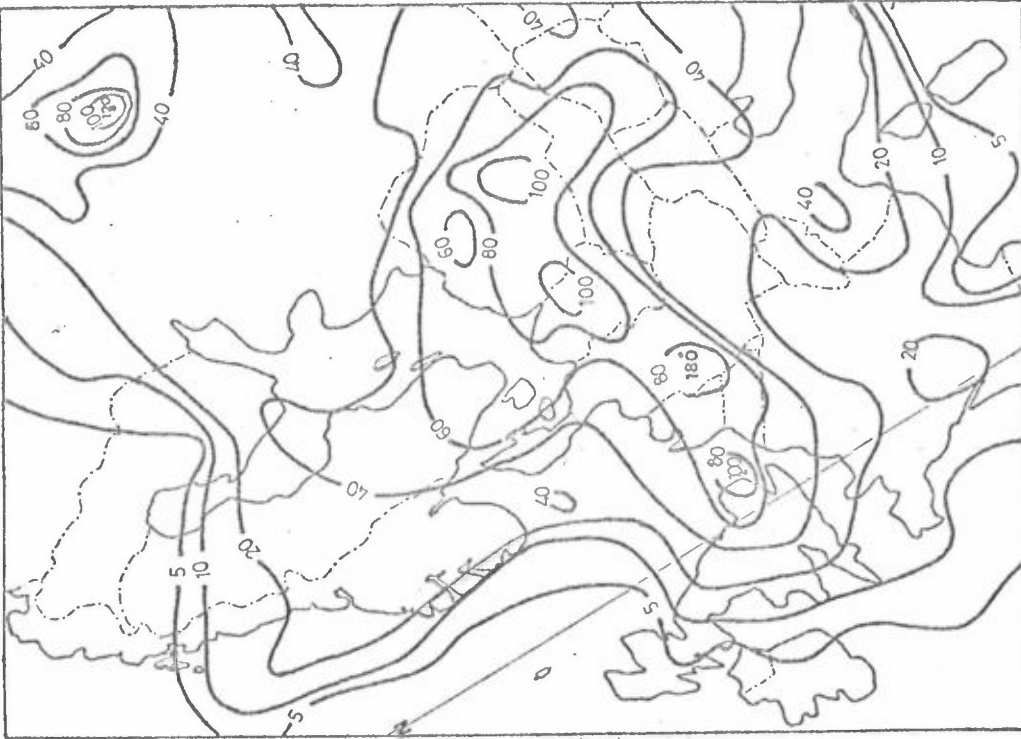
a) Normalt kildefelt



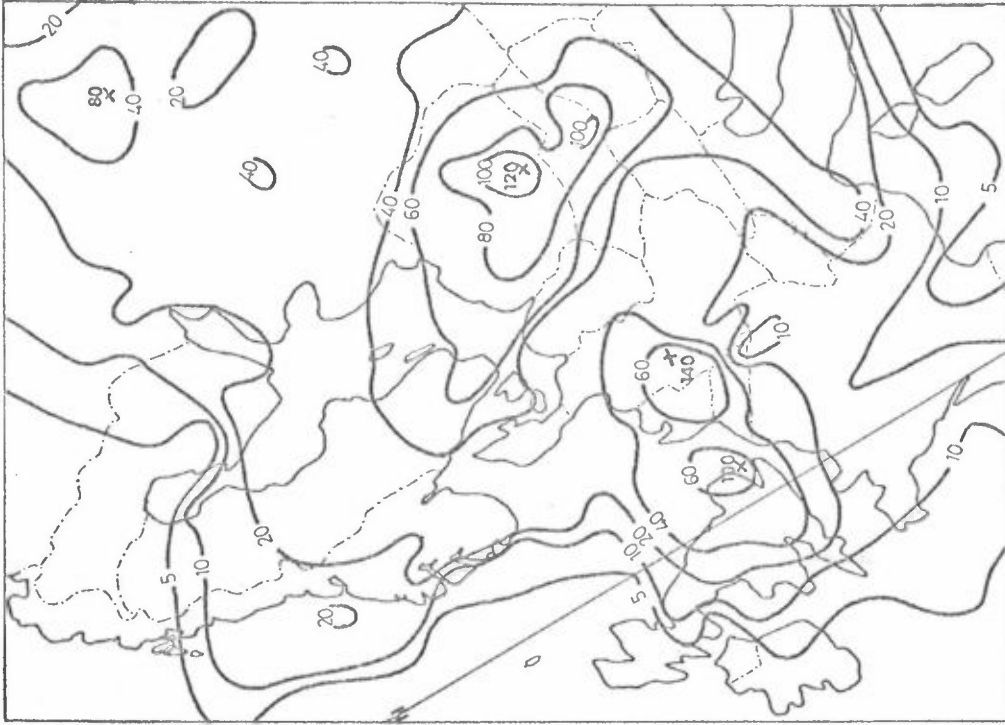
b) Redusert kildefelt

Beregnet SO<sub>2</sub>-blandingsforhold,  $q \cdot 10^9$  ( $q = 10^{-9}$  tilsvarer 1,3  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ).  
23.12.1972 12 GMT

Figur 7

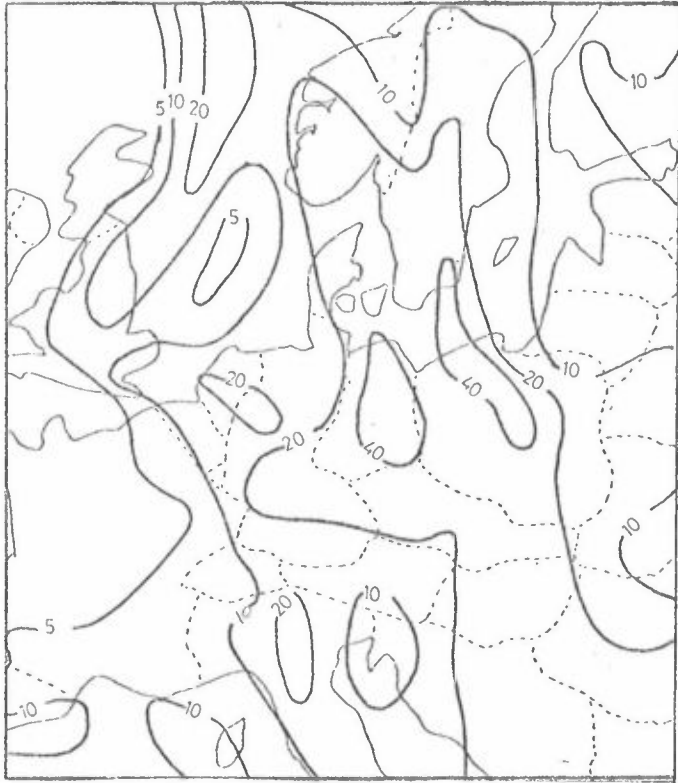


a). Normalt kildefelt

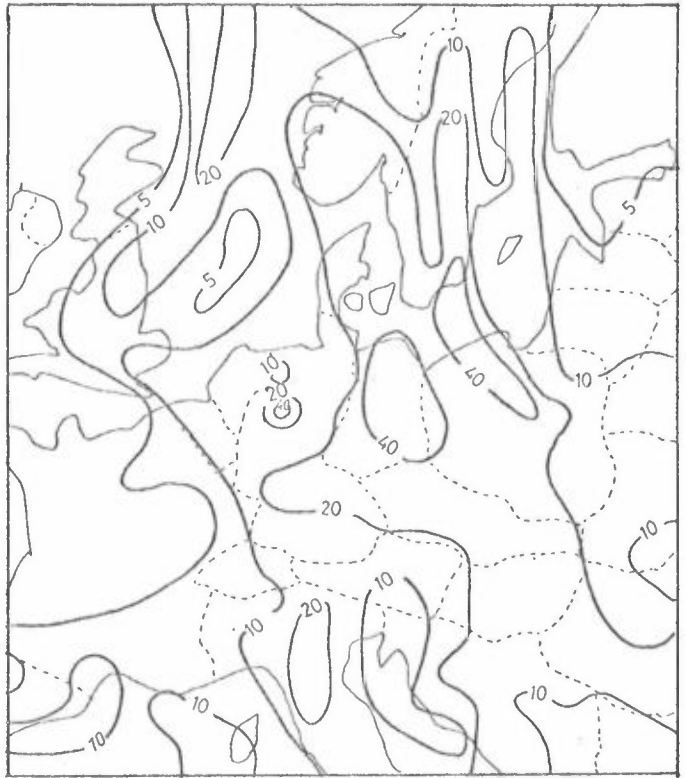


b) Redusert kildefelt

Beregnet SO<sub>2</sub>-blandingsforhold,  $q \cdot 10^9$  ( $q = 10^{-9}$  tilsvarende 1,3  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )  
24.12.1972 00 GMT

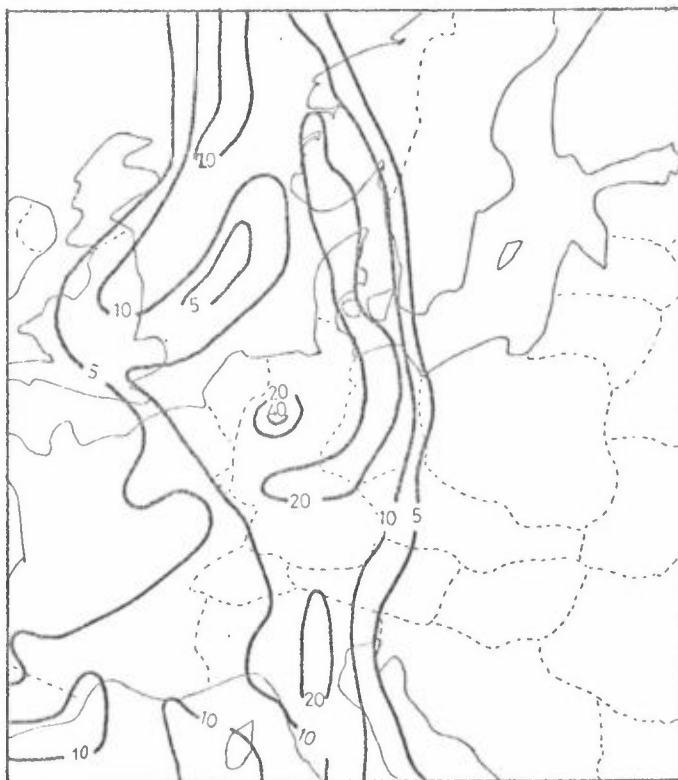


a) Normalt kildefelt

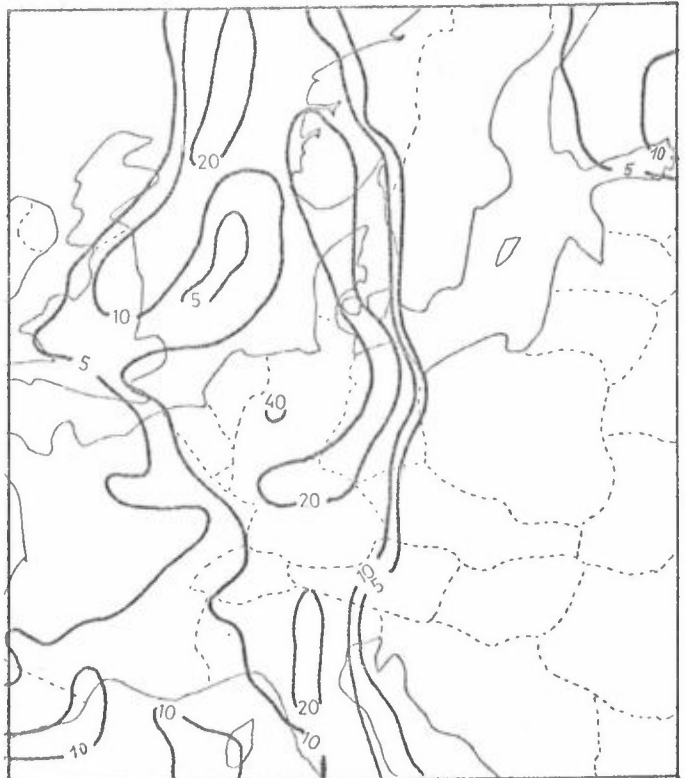


b) Alle kilder i Skandinavia fjernet

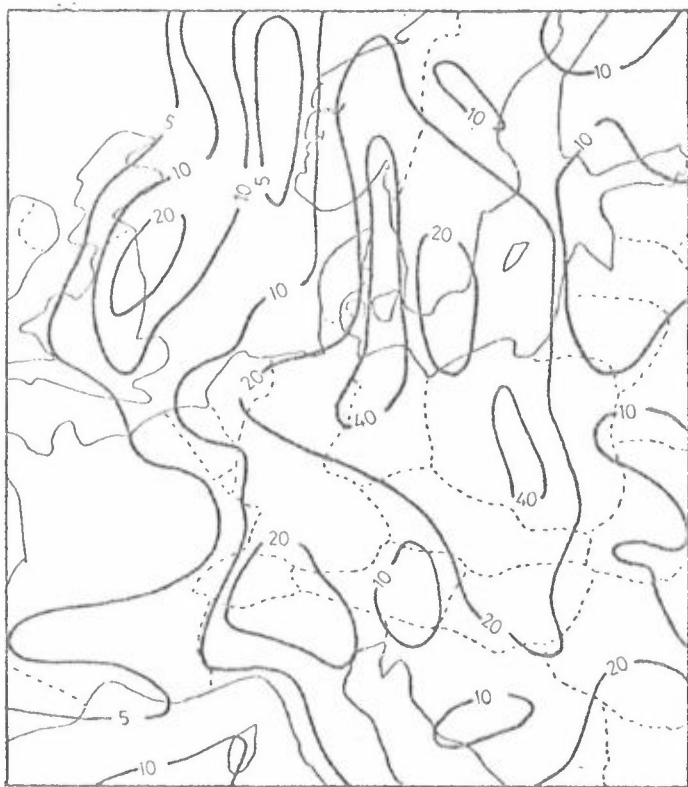
Figur 8. 4.3.1972 12 GMT



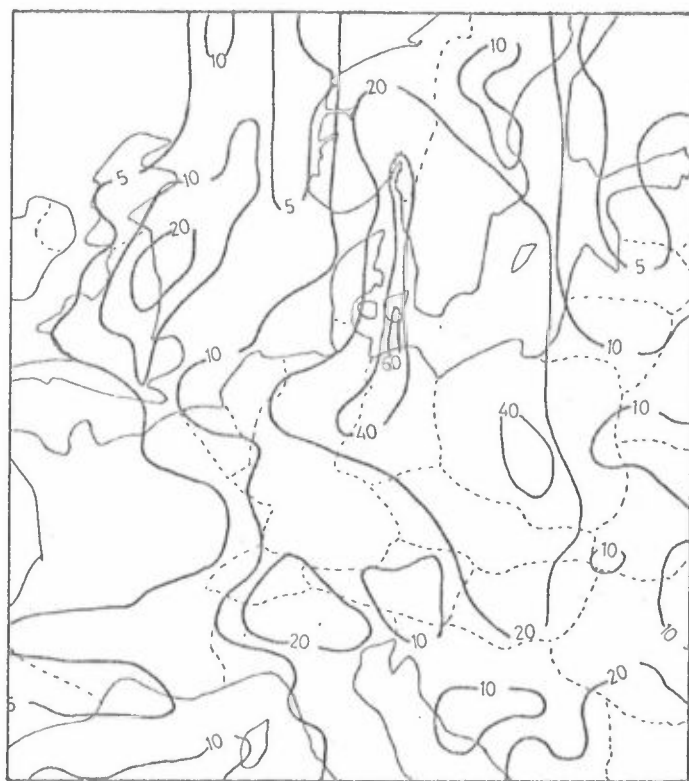
c) Alle kilder i Øst-Europa fjernet..



d) Alle kilder i Skandinavia og Øst-Europa fjernet.

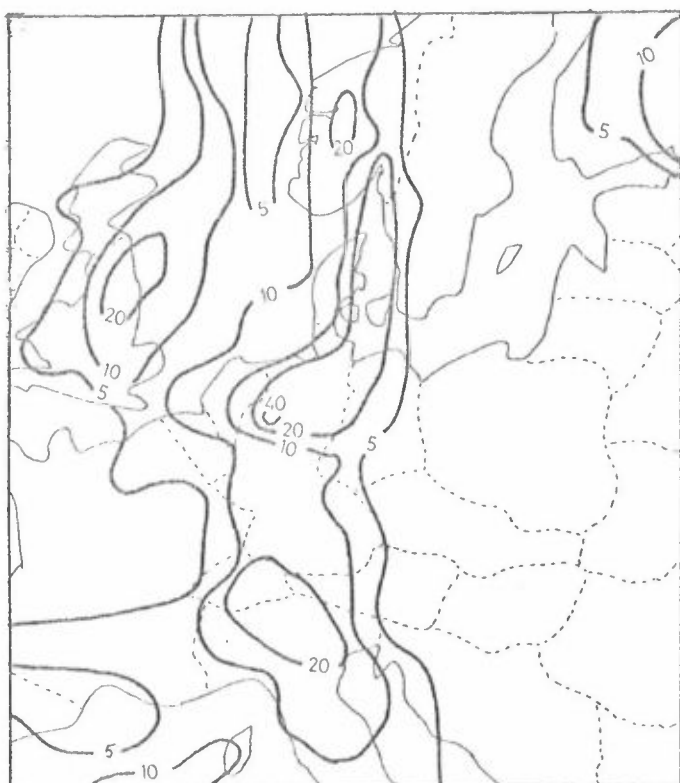


a) Normalt kildefelt

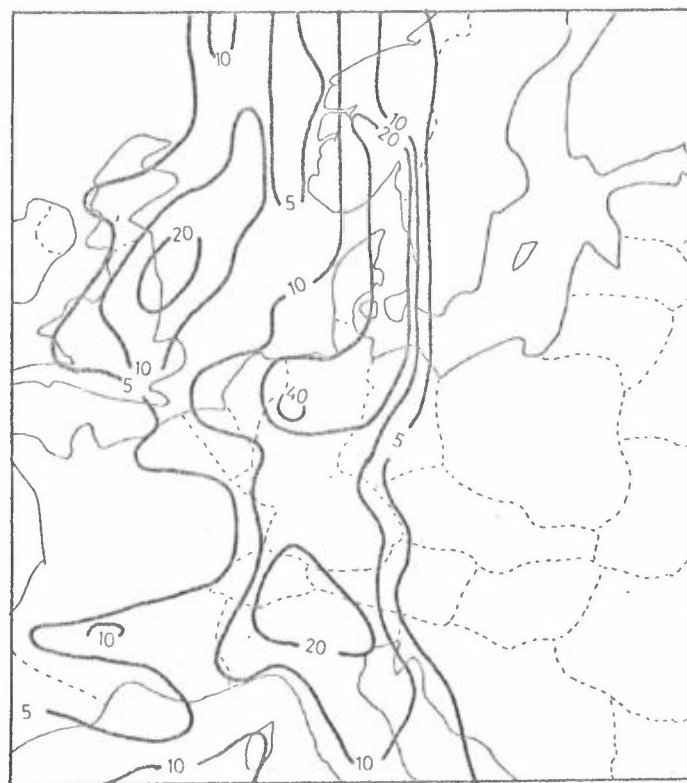


b) Alle kilder i Skandinavia utelatt.

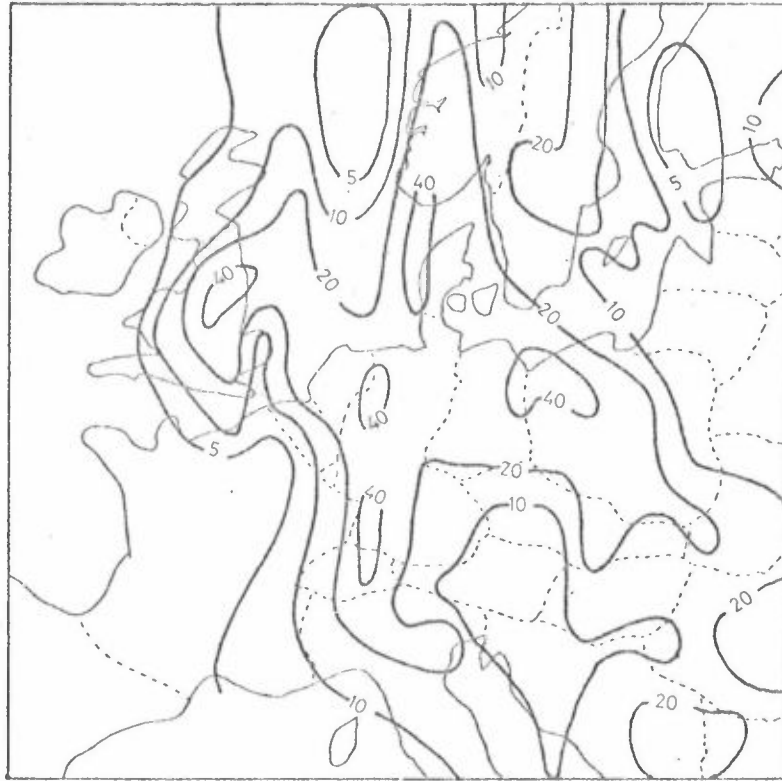
Figur 9. 5.3.1972 00 GMT



c) Alle kilder i Øst-Europa utelatt.

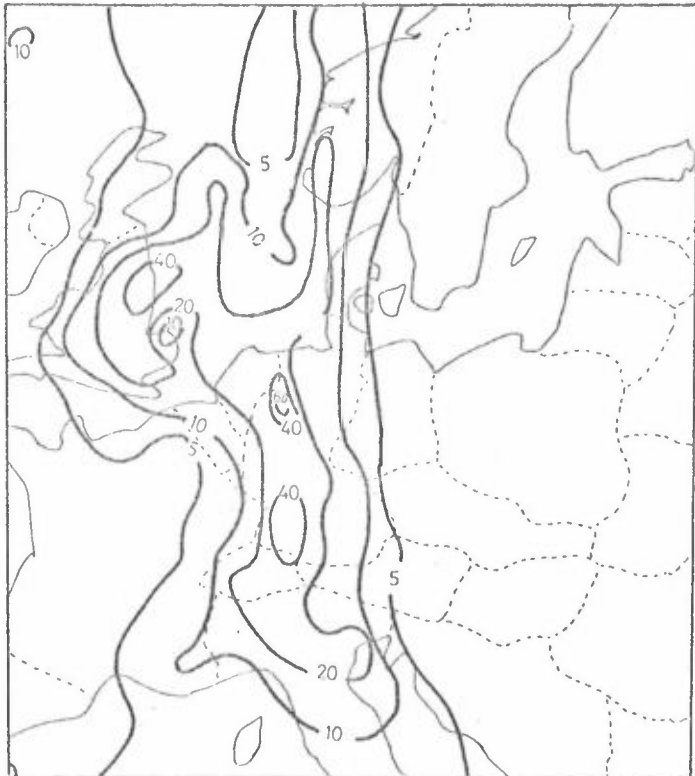


d) Alle kilder i Skandinavia og Øst-Europa utelatt.

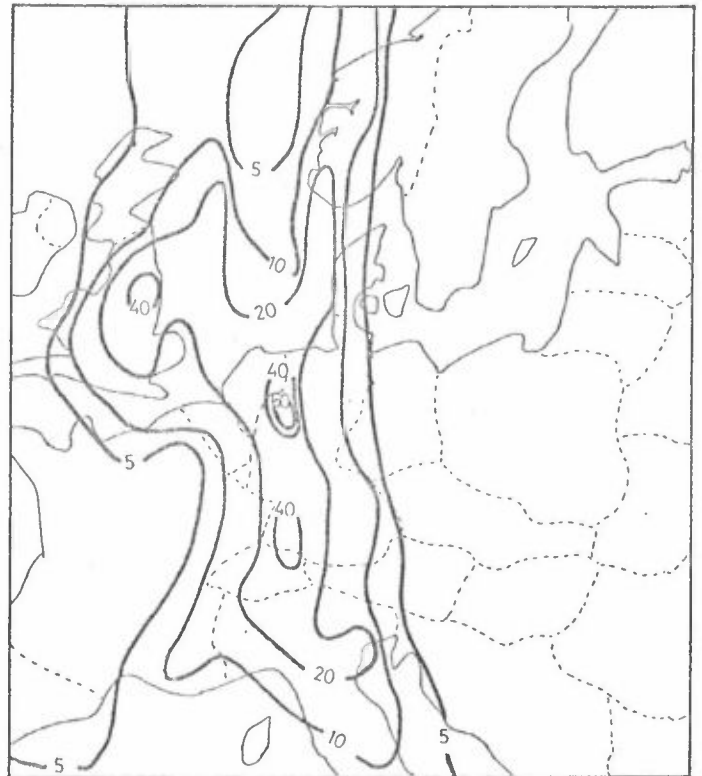


a) Normalt kildefelt

Figur 10. 5.3.1972 12 GMT

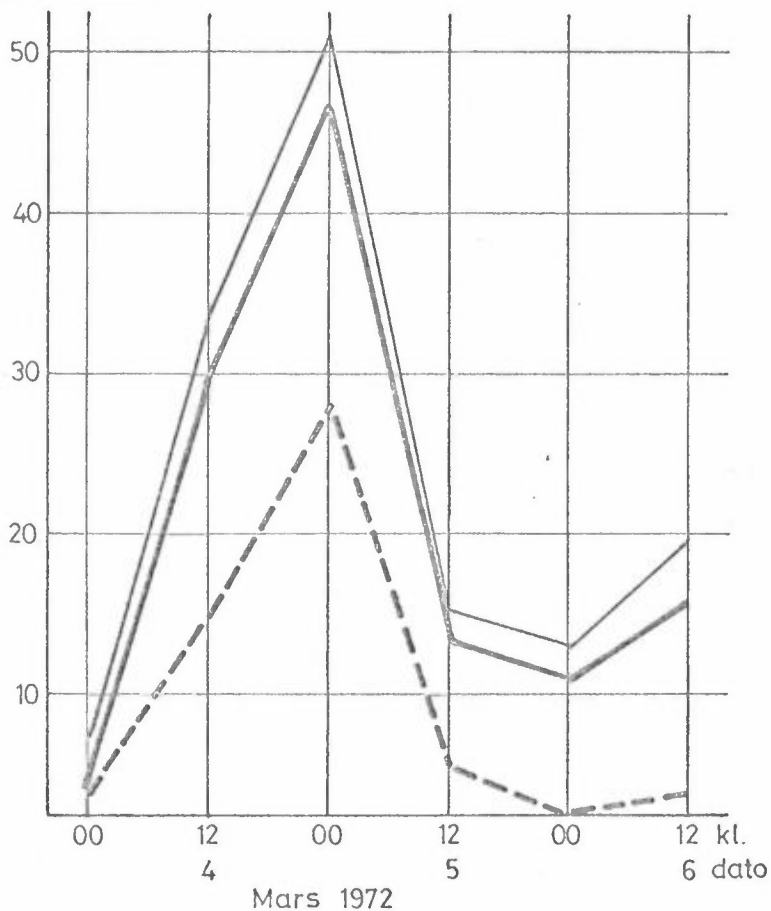


b) Alle kilder i Øst-Europa utelatt.



c) Alle kilder i Skandinavia og Øst-Europa utelatt.

SO<sub>2</sub>-Bl.forh.

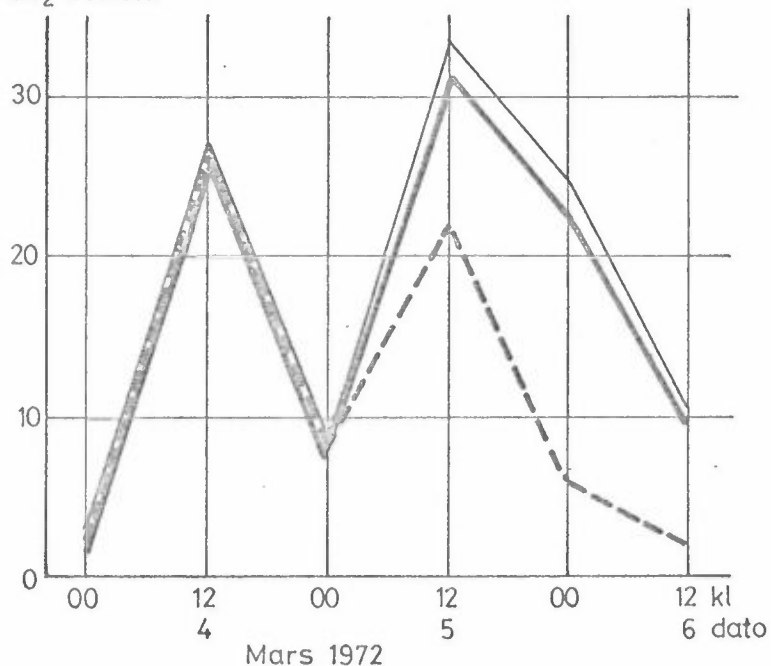


Figur 11

a) Beregnet SO<sub>2</sub>-blandingsforhold,  $q \cdot 10^9$ , over Oslo ( $q = 10^{-9}$  tilsvarer 1,3  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ).

— Normalt kildefelt  
- - - Kildene i Ø Europa fjernet  
— " Skandinavia "

SO<sub>2</sub>-Bl.forh.



b) Beregnet SO<sub>2</sub>-blandingsforhold,  $q \cdot 10^9$ , over Sunnhordaland ( $q = 10^{-9}$  tilsvarer 1,3  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ).