

SI
RAPPORT NR. 82 01 36-1

NILU
OPPDRAGSRAPPORT NR: 54/82
REFERANSE: 26181
DATO: DESEMBER 1982

LUFTFORURENSNING FRA VEDFYRING.
MÅLINGER I ELVERUM
VINTRENE 1981 OG 1982

AV

T.RAMDAHL**, J.SCHJOLDAGER*
J.E.HANSEN*, M.MØLLER**

* NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING
POSTBOKS 130, 2001 LILLESTRØM

** SENTRALINSTITUTT FOR INDUSTRIELL FORSKNING
POSTBOKS 350, BLINDERN, OSLO 3.

ISBN 82-7247-355-0

INNHOOLD

	Side:
SAMMENDRAG	5
1 INNLEDNING	7
2 GJENNOMFØRING	10
2.1 Prøvetaking	10
2.2 Analyse	13
3 RESULTATER OG DISKUSJON	14
3.1 Vind og temperatur	14
3.2 Konsentrasjon av respirable partikler	16
3.3 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)..	20
3.4 Kvalitativ analyse av PAH-derivater	23
3.5 Andre organiske stoffer karakteristiske for vedfyring	24
3.6 Karbon	25
3.7 Sulfat og metaller	26
3.8 Benzenderivater	28
3.9 Mutagenitetstesting	29
3.10 Lineær regresjonsanalyse	32
3.11 Forslag til fortsatte målinger	34
4 KONKLUSJON	34
5 REFERANSELISTE	37
VEDLEGG A	41
VEDLEGG B	45
VEDLEGG C	55
VEDLEGG D	59
VEDLEGG E	61
VEDLEGG F	63
VEDLEGG G	65
VEDLEGG H	67
VEDLEGG I	69

SAMMENDRAG

Fyring med ved har fått økende oppmerksomhet i det siste 10-året i de delene av Europa og Nord-Amerika som har mye tilgjengelig trevirke. Salg av vedovner har hatt en sterk økning siden "oljekrisen" i 1973-74.

I Norge er ennå elektrisitet billig og lett tilgjengelig for boligoppvarming, slik at det ikke uten videre er sikkert at et økt salg av ovner har resultert i en like stor økning av bruken av disse. Imidlertid er det grunn til å anta at med økte priser på olje og elektrisitet er vedfyring i ferd med å bli stadig mer aktuelt også i vårt land. Særlig gjelder dette steder der ved kan skaffes billig ved sjølhogst.

Forbrenningsproduktene fra vedfyring er delvis de samme som fra fossilt brensel. De viktigste stoffene i forureningsammenheng er polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og derivater av disse, partikler (aske og sot), karbonmonoksyd samt en rekke andre organiske forbindelser som benzenderivater, aldehyder etc.

Denne rapporten gir resultater av målinger av luftforurensning i Elverum vintrene 1981 og 1982. Prosjektet er gjennomført som et samarbeid mellom Norsk institutt for luftforskning (NILU) og Sentralinstitutt for industriell forskning (SI). Oppdragsgivere har vært Statens forurensningstilsyn i Norge og Statens naturvårdsverk i Sverige.

Målingene har foregått på to steder, Elverum (i tettstedet) og Strandfossen (2-3 km nord for tettstedet). Det er lagt vekt på målinger på kalde dager. Målingene av luftkvalitet har omfattet respirable partikler, polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og derivater av disse, harpikssyrer, karbon, sulfat og metaller, benzenderivater og mutagenitet.

Konsentrasjonen av respirable partikler, PAH og benzen var på kalde dager i Elverum av omtrent samme størrelse som gjennomsnitt for

vintermålinger i sentrale strøk av Oslo. Konsentrasjonen var høyest i en kald periode i januar, nest høyest i en kald periode i februar og lavest i en mild periode mellom disse. Mutagenitetstestene viste den samme variasjonen. Videre var konsentrasjonen i Elverum vesentlig høyere enn på Strandfossen. Det er påvist organiske forbindelser som er karakteristiske for fyring med ved.

Konsentrasjonen av totalt karbon og karbon fra biomasse varierte på samme måte som respirable partikler og PAH. Karbon fra biomasse utgjorde 30-80% av den totale karbonkonsentrasjonen. Middelerdien var 70%. Andelen var klart høyest på de kalde dagene.

Konsentrasjonen av sulfat og metaller var ikke spesielt høy sammenliknet med andre steder. Analysene av bly tyder på at biltrafikk har bidratt relativt lite (3-6%) til konsentrasjonen av respirable partikler.

En utslippsoversikt for PAH tyder også på at biltrafikkens bidrag til den samlede PAH-mengden er relativt lite, 4-5%, mens bidraget fra vedfyring er høyt, ca 60-70%.

Undersøkelsen peker i retning av at fyring med ved bidrar atskillig til luftforurensningen i Elverum. En har imidlertid ikke fastslått bidragets størrelse mer nøyaktig. Det er ønskelig med ytterligere undersøkelser for bedre å karakterisere luftforurensning fra vedfyring.

LUFTFORURENSNING FRA VEDFYRING.
MÅLINGER I ELVERUM VINTRENE 1981 OG 1982

1 INNLEDNING

Vedfyring har fått økende oppmerksomhet i det siste 10-året i de delene av Europa og Nord-Amerika som har mye tilgjengelig trevirke. Salg av vedovner har hatt en sterk økning siden "oljekrisen" i 1973-74.

I Norge er ennå elektrisitet billig og lett tilgjengelig for boligoppvarming, slik at det ikke uten videre er sikkert at et økt salg av ovner har resultert i en like stor økning av bruken av disse. Imidlertid er det grunn til å anta at med økte priser på olje og elektrisitet er vedfyring i ferd med å bli stadig mer aktuelt også i vårt land. Særlig gjelder dette steder der ved kan skaffes billig ved sjølhogst.

Forbrenningsproduktene fra vedfyring er delvis de samme som fra fossilt brensel. De viktigste stoffene i forurensningssammenheng er polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og derivater av disse, partikler (aske og sot), karbonmonoksyd samt en rekke andre organiske forbindelser som benzenderivater, aldehyder etc.

På bakgrunn av dette ønsket Statens forurensningstilsyn, Norge og Statens naturvårdsverk, Sverige, en undersøkelse av luftkvaliteten i et område med mye vedfyring, for å se hvilket bidrag denne kunne gi til den generelle forurensningssituasjonen.

Målinger utført av Norsk institutt for luftforskning (NILU) i 1981 tydet på at Elverum var et egnet sted for å måle luftforurensninger fra vedfyring. Dette stedet ble derfor valgt som målested også i 1982. Undersøkelsen i 1982 er gjennomført som et samarbeid mellom Sentralinstitutt for industriell forskning (SI) og NILU (1).

Måleprogrammet tok sikte på å bestemme viktige komponenter som kan stamme fra vedfyring samt en del andre komponenter som stammer fra andre kilder. Av andre viktige partikkelkilder kan nevnes biltrafikk, vegstøv og oppvarming med olje og parafin.

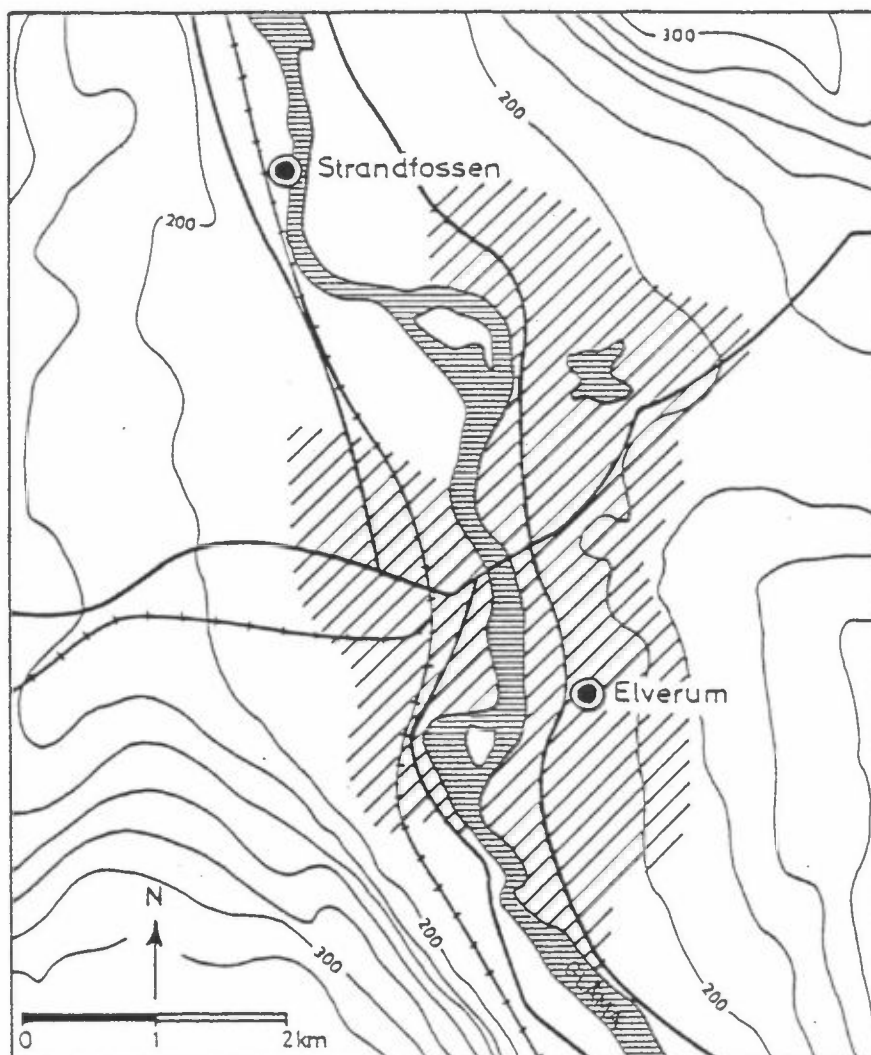
NILU har hatt ansvar for valg av målesteder, prøvetaking og vindmålinger, samt analyse av sulfat, metaller, karbon og benzen-derivater. SI har hatt ansvar for analyse av PAH og mutagenitets-testing, og ytterligere karakterisering ved gasskromatografi/massespektrometri.

Tettstedet Elverum ligger ved elva Glåma, 30 km øst for Hamar og 120 km nordøst for Oslo. Kartskisse over Elverum er vist i figur 1. Nærmeste værstasjoner for Meteorologisk institutt er Haugedalshøgda og Flisa, henholdsvis 35 km nord og 40 km sør for Elverum. Normaltemperaturer i vinterhalvåret for disse stasjonene er gitt i tabell 1.

Tabell 1: Normaltemperaturer for Haugedalshøgda og Flisa, oktober-mars. Data fra Meteorologisk institutt.

	Okt.	Nov.	Des.	Jan.	Feb.	Mar.
Haugedalshøgda	3.0	-2.4	-7.1	-10.8	-8.2	-3.5
Flisa	3.9	-1.1	-5.1	- 8.4	-7.4	-2.8

Tettstedet Elverum har ca 10.000 innbyggere, som hovedsakelig bor i småhus. Stedet har en del mindre industri, men ingen prosessutslipp av betydning.



Figur 1: Kartskisse over tettstedet Elverum. Tettbebyggelse er skravert.
Ekvidistanse 20 m.
● Steder for prøvetaking.

Energibruken i Elverum tettsted er nylig undersøkt av ingeniørfirmaet Rolf Aalerud A/S (32). Data er gjengitt i tabell 2. Energibærerne er elektrisitet, parafin, lett fyringsolje og ved. Bruken av tung fyringsolje, kull og koks er ubetydelig.

Tabell 2: Netto energibruk i Elverum tettsted på årsbasis. Data fra Sivilingeniør Rolf Aalerud A/S (32).

Elektrisitet, lys og maskiner	65 GWh	(36%)
Elektrisitet, oppvarming	50 "	(28%)
Olje og parafin, oppvarming	60 "	(34%)
Ved, oppvarming	4 "	(2%)
Sum	179 GWh	(100%)

I tabell 2 er det brukt en virkningsgrad på 0.7 for olje og parafin og 0.3 for ved. Forbruket av olje og parafin er beregnet til 6700 tonn, mens forbruket av ved er beregnet til 2600 tonn. Dette vedforbruket er en del lavere enn i en undersøkelse fra Universitetet i Oslo, der vedforbruket ble beregnet til 4200 tonn (2). Det er viktig å være klar over at alle data for vedforbruk er usikre, fordi tilvirking og omsetning av ved ofte skjer i uorganiserte former.

2 GJENNOMFØRING

2.1 Prøvetaking

Målestedene er vist i figur 1. Målestedet "Elverum" ligger litt sør for senteret i tettstedet, i et område med småhusbebyggelse av varierende alder. Målestedet "Strandfossen" ligger 2-3 km nord for tettstedet, med noen få bolighus ca 100 m vest for målestedet.

De nærmeste 20-30 bolighusene omkring målestedet Elverum ble besøkt med spørsmål om i hvilken grad det ble fyrst med ved om vinteren. Denne korte intervju-undersøkelsen viste at forbruket av ved ikke var særlig stort, og at de viktigste energibærerne var olje og elektrisitet. I en større intervju-undersøkelse utført av Universitetet i Oslo blir dette bekreftet (2). Målestedet antas derfor å representere den generelle tettstedsforurensningen.

På hvert av målestedene ble det plassert to høyvolum-prøvetakere for partikler og en prøvetaker for benzenderivater. En del data for apparatene er gitt i vedlegg A. Høyvolum-prøvetakerne var utstyrt med impaktorer for å skille ut større partikler som antas ikke å komme fra forbrenning. "Cut-off" for partikkelstørrelse var 3.0 μm . Prøvetakingstiden var ca 24 timer med start ca kl 1600.

Vinteren 1981 ble det også tatt prøver på målestedet Elverum. Da var "cut-off" for partikkelstørrelse lik 2.0 μm . Årsaken til denne forskjellen var at partiklene vinteren 1981 bare skulle analyseres med hensyn på karbon og metaller, mens partiklene vinteren 1982 også skulle analyseres med hensyn på organiske stoffer. Impaktortrinnene måtte derfor bearbeides noe annerledes. Partikkelmengdene kan derfor ikke sammenliknes direkte de to vintrene, selv om en i begge tilfelle samlet opp det som kalles "respirable partikler", dvs. partikler som bringes ned i lungene ved innånding.

På Strandfossen var det plassert en vindmåler med 10 m-mast. Vinddata er gjengitt som timesverdier i vedlegg B.

På Elverum brannstasjon blir det rutinemessig avlest utetemperatur fem ganger pr døgn. Temperaturdata for de aktuelle døgnene er gitt i vedlegg C.

Dessverre viste det seg å være en del tekniske problemer med gjennomføringen av prøvetakingen. Dette medførte at en ikke kom skikkelig i gang før i slutten av januar, og en fikk derfor ikke målt i periodene med sterk kulde i desember og tidlig i januar. Videre ble det av tekniske årsaker tatt noe færre prøver på Strandfossen enn det som var ønskelig. En oversikt over hvilke prøver som ble tatt, er gitt i tabell 3. I tabell 4 er det gitt en tilsvarende oversikt over prøver tatt i Elverum vinteren 1981.

Tabell 3: Oversikt over prøvetaking og analyse, januar-mars 1982, Elverum (E) og Strandfossen (S).

Prøve nr.		Dato	Prøvetaker 1		Prøvetaker 2		Benzen-derivater	
Elverum	Strandfossen		PAH	Muta-genitet	Sulfat Karbon	Metaller		
1	21	18-19.1	S	S	S	S	S	
		22-23.1	E	E				
2	22	27-28.1	E,S	E,S	S	S	S	
3	23	28-29.1					S	
		24	29-30.1			S		S
		30-31.1	E	E	E	E		E
4		31.1-1.2	E		E	E		
5	25	1-2.2	E	E	E	E	E,S	
6		2-3.2	E	E	E	E	E	
7	26	3-4.2	E		E	E	E,S	
		27	4-5.2					S
		28	5-6.2					S
8		8-9.2	E		E			
9		9-10.2	E	E	E			
10		10-11.2	E	E	E			
11		11-12.2	E		E	E		
12		17-18.2	E		E	E		
13	29	19-20.2	E		E	E	S	
14	30	20-21.2	E	E	E	E	E,S	
15		21-22.2	E		E	E	E	
16		22-23.2	E		E			
	31	5-6.3					S	
	32	6-7.3					S	
	33	7-8.3					S	

Tabell 4: Oversikt over prøvetaking og analyse, Elverum, februar-mars 1981.

Prøve	Dato	Metaller og sulfat	Karbon
1	18-19.2	x	
2	19-20.2	x	
3	21-22.2	x	x
4	22-23.2	x	x
5	23-24.2	x	x
6	4-5.3	x	x
7	6-7.3	x	x

2.2 Analyse

Partikkelprøvene fra prøvetaker 1 er analysert av SI med hensyn på PAH. I alt 40 komponenter ble bestemt, som vist i vedlegg E. Filtrene ble ekstrahert med diklormetan og opparbeidet med hensyn på PAH, og analysert på gasskromatograf med flammeionisasjonsdetektor. Analysemetoden er beskrevet i vedlegg A. Deler av ekstraktene av filtrene ble overført til dimetylsulfoksyd (DMSO) og testet for mutagenitet i Ames' Salmonella mutagenitetstest. Metoden er beskrevet i vedlegg I.

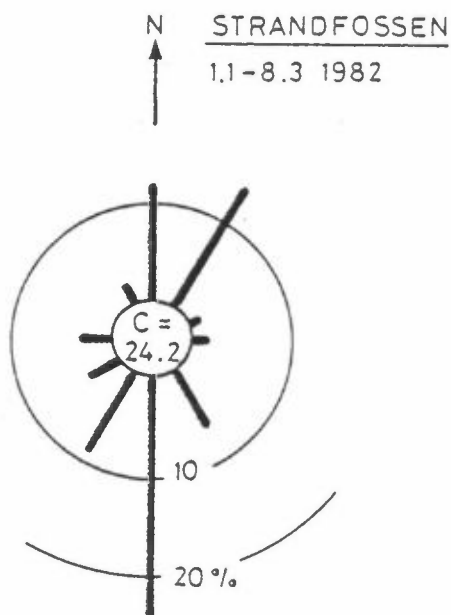
Partikkelprøvene fra prøvetaker 2 er analysert av NILU med hensyn på sulfat og følgende 10 metaller: bly (Pb), kadmium (Cd), kalium (K), mangan (Mn), nikkel (Ni), krom (Cr), vanadium (V), arsen (As), jern (Fe) og aluminium (Al). Videre er 12 prøver analysert av National Bureau of Standards (NBS), Washington med hensyn på totalt karbon og karbon-14. NILU har bestemt følgende benzenderivater: benzen, toluen og xylener (o-xylen, m-xylen og p-xylen). Analysemetodene er beskrevet i vedlegg A.

Prøvene fra vinteren 1981 ble analysert med hensyn på sulfat og Pb, K og Fe. Videre ble fem prøver analysert av NBS med hensyn på karbon og karbon-14, se vedlegg D.

3 RESULTATER OG DISKUSJON

3.1 Vind og temperatur

Sammendrag av vindmålingene og timesvise verdier for vindstyrke og vindretning er gitt i vedlegg B. I figur 2 er det gitt vindretningsfordeling for perioden 27.1-8.3.82. Det var som ventet to tydelige hovedvindretninger, gitt av den lokale topografien. Innslaget av vind fra sørlig kant var imidlertid noe større enn antatt på forhånd. I 24% av tiden var vindstyrken mindre enn 0.3 m/s.



Figur 2: Vindretningsfordeling (%) for Strandfossen, 27.1-8.3.82. Stolpene viser retningen vinden kommer fra. C betyr forekomst av vindstille, dvs. vindstyrke mindre enn 0,3 m/s.

Gjennomsnittlig vindstyrke for hele perioden var 1.2 m/s. Den midlere døgnlige variasjon var relativt liten, 1,0-1,6 m/s. De største midlere vindstyrkene forekom i hovedvindretningene.

For hvert av døgnene med prøvetaking har en beregnet middelvindstyrke og middeltemperatur og kort karakterisert vindretningen, som vist i tabell 5. Mitteltemperaturen er beregnet på en for-

enklet måte ved å ta aritmetisk middel av observasjonene innenfor tidsintervallet for prøvetaking. Denne metoden antas å gi middeltemperaturen innenfor en usikkerhet på $\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Tabell 5: Data for vindretning, middelvindstyrke og middeltemperatur for prøvetakingsdøgnene 1982.
C betyr vindstille.

Prøve nr.		Dato	Vindretning	Vindstyrke	Temperatur	Kategori	
Elverum	Strandfossen			m/s	$^{\circ}\text{C}$		
1	21	18-19.1	-	<1	- 4		
		22-23.1	-	<1	- 7		
2	22	27-28.1	NØ,S,V,C	0,5	-16	kald	
3	23	28-29.1	NNØ	2,9	- 9	"	
		24	29-30.1	"	3,4	-12	"
		30-31.1	N,Ø,S	1,1	-13	"	
4	25	31.1-1.2	V,C,SØ	0,2	-11	"	
5		1-2.2	SØ,SV	0,5	- 3		
6		2-3.2	"	0,4	0	mild	
7	26	3-4.2	SV,V	0,5	- 4	"	
		27	4-5.2	SV,NØ	1,2	- 7	
		28	5-6.2	NØ	1,4	-10	
8	29	8-9.2	SV,SØ	1,1	- 7		
9		9-10.2	SØ,SV	0,8	0	mild	
10		10-11.2	S,NØ,S	0,8	0	"	
11	30	11-12.2	SV,SØ	1,7	+ 2	"	
12		17-18.2	NØ,N	3,0	- 8		
13		19-20.2	C	0,1	-15	kald	
14	31	20-21.2	C	0,1	-14	"	
15		21-22.2	C	0,1	-16	"	
16		22-23.2	C,NØ	0,8	-13	"	
	32	5-6.3	C,S	1,0	- 7		
	33	6-7.3	SV	3,0	+ 1	mild	
		7-8.3	SØ	1,8	+ 1	"	

De fleste av døgnene i tabell 3 er videre delt inn i kategoriene "kald" og "mild". Denne inndelingen er basert på middeltemperaturen med en ca-grense på -10°C for "kald" og -2°C for mild. Det er imidlertid også tatt hensyn til varigheten av kalde og milde perioder.

I den videre diskusjonen blir de milde døgnene i februar vurdert samlet og kalt "februar-mild". De to kalde periodene blir vurdert hver for seg, fordi den første, "januar-kald", forekom 3-4 uker før den siste, "februar-kald". Solinnstrålingen er vesentlig større i den siste og behovet for oppvarming derved redusert. Dette er illustrert i tabell 6 som viser gjennomsnittlig solstråling på en vertikal, sørvendt flate og en vertikal, vestvendt flate ved 61°N (3).

Tabell 6: Gjennomsnittlig direkte solstråling (MJ/m^2) mot en vertikal, sørvendt flate og en vertikal, vestvendt flate ved 61°N for 19. januar, 13. februar og 17. mars (3).

Dato	19.1	13.2	17.3
Vertikal, sørvendt flate	8,9	14,1	19,2
Vertikal, vestvendt flate	1,5	3,5	7,9

3.2 Konsentrasjon av respirable partikler

Konsentrasjon av respirable partikler er gitt i tabell 7 for begge prøvetakerne på de to målestedene.

Tabell 7: Konsentrasjon av respirable partikler, Elverum og Strandfossen, 1982.

Målested	Prøve	Dato	Total konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
			Prøvetaker 1	Prøvetaker 2
Elverum	1	22-23.1	39	
	2	27-28.1	89	
	3	30-31.1	43	52
	4	31.1-1.2	96	106
	5	1-2.2	75	79
	6	2-3.2	36	47
	7	3-4.2	36	41
	8	8-9.2	30	42
	9	9-10.2	25	38
	10	10-11.2	27	34
	11	11-12.2	30	42
	12	17-18.2	22	41
	13	19-20.2	43	74
	14	20-21.2	50	71
	15	21-22.2	46	78
	16	22-23.2	63	60
Strandfossen	21	18-19.1	59	64
	22	27-28.1	35	35
	24	29-30.1		22

Det viste seg å være systematisk forskjell mellom partikkelmengdene som ble samlet med de to prøvetakerne, se tabell 8.

Tabell 8: Midlere konsentrasjon av respirable partikler ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) for de to prøvetakerne på døgnet med parallelle prøver, Elverum, 1982.

	Prøvetaker 1	Prøvetaker 2
Alle døgnet	44	57
Januar-kald	70	79
Februar-mild	31	40
Februar-kald	50	71

En har ikke noen tilfredsstillende forklaring på forskjellen mellom de to målerne. Forskjellen i bunnfiltertype, "Glassfiber" og "Microquartz", skulle ikke ha vesentlig betydning. Resultatene fra de to målerne i Elverum var brukbart korrelert (korrelasjonskoeffisient 0,89).

Tabell 8 viser også at partikkelkonsentrasjonen var vesentlig høyere på kalde dager enn på milde, og høyere i kuldeperioden i januar enn i kuldeperioden i februar. Dette skyldes antakelig en kombinasjon av større utslipp og dårligere spredningsforhold.

Det var dessverre bare ett døgn med samtidig måling av partikler på Elverum og Strandfossen, nemlig 27-28.1. Middelttemperaturen var -16°C , og midlere vindstyrke var 0,5 m/s. Vindretningen var variabel, og det var et lite innslag av vind fra sørlig kant. Partikkelkonsentrasjonen var vesentlig høyere på Elverum ($89 \mu\text{g}/\text{m}^3$) enn på Strandfossen ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Data for konsentrasjon av respirable partikler vinteren 1981 er gitt i vedlegg D. Det ble målt høyere partikkelkonsentrasjoner i Elverum vinteren 1982 enn vinteren 1981. Dette kan delvis henge sammen med at prøvetakerens "cut-off" var $3,0 \mu\text{m}$ i 1982 og $2,0 \mu\text{m}$ i 1981.

Vinteren 1980 ble det målt respirable partikler i Oslo på to målesteder (4). Det ene, St.Olavs gt., var direkte eksponert for biltrafikk (årsdøgntrafikk 13 000), mens det andre var en referansestasjon for generelle forurensningsnivå i Oslo sentrum. Partikkel-"cut-off" var $3,5 \mu\text{m}$. Resultatene er sammenfattet i tabell 9.

Tabell 9: Konsentrasjon av respirable partikler ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), Oslo, vinteren 1980 (4).

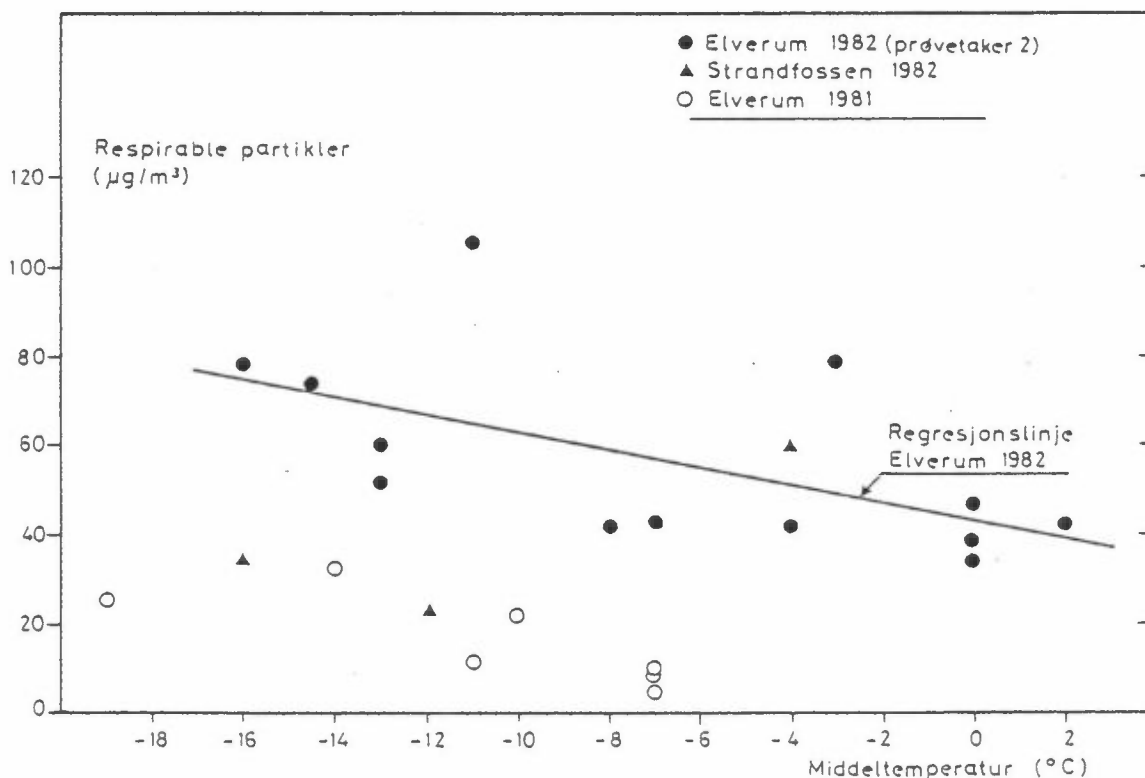
Målested	Middelverdi (8 prøver)	Maksimal- verdi
St.Olavs gt.	60	189
Referansestasjon	49	71

Konsentrasjonsnivået som ble målt i Oslo vinteren 1980 var altså sammenliknbart med det som ble målt på kalde dager i Elverum vinteren 1982.

I januar 1978 ble det målt $68 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i Portland, Oregon ("cut-off" $2,5 \mu\text{m}$) i et område med utstrakt vedfyring (5).

Et problem med å sammenlikne konsentrasjon av respirable partikler fra ulike steder er mangelen på standardiserte målemetoder. Det fins heller ikke vanlig aksepterte grenseverdier for respirable partikler.

I figur 3 er partikkelkonsentrasjonen for prøvetaker 2 gitt som funksjon av midlere temperatur. Det var tendens til økende konsentrasjon ved lave temperaturer. Regresjonslinjen for Elverum 1982 er tegnet inn på figuren. Korrelasjonskoeffisienten var 0,60, dvs. signifikant forskjellig fra null på 5%-nivå, men ikke på 1%-nivå. For nærmere diskusjon av samvariasjon vises til pkt. 3.10.



Figur 3: Konsentrasjon av respirable partikler som funksjon av middeltemperatur.

3.3 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

Fullstendige analyseresultater er gitt i vedlegg E.

PAH-nivåene viste store variasjoner fra dag til dag avhengig av vær-situasjonen. Fra 27.1 til 1.2 var nivået av PAH høyt i Elverum. Dette falt sammen med en periode med stabilt og kaldt vær, kaldere enn -10°C . Gjennomsnittet for denne perioden var 373 ng/m^3 .

Prøver fra 2.2 til 12.2 viste en klar nedgang i PAH-nivået til gjennomsnittlig 34 ng/m^3 . Dette var en periode med mye mildt vær, omkring 0°C . Fra 19.2 til 23.2 sank temperaturen igjen med minimums-temperaturer lavere enn -20°C om natten, men med forholdsvis sterk solinnstråling om dagen. Gjennomsnittsverdien for denne perioden var 134 ng/m^3 . Gjennomsnittsverdien for samtlige målinger i perioden var 158 ng/m^3 .

Tabell 10 gir en oversikt over konsentrasjoner av PAH i Elverum og Oslo om vinteren. Målingene i Oslo er fra St.Olavs plass (6).

Tabell 10: Konsentrasjoner av PAH (ng/m^3) i Elverum og Oslo.

Prøvested	Periode	Middelverdi	Maksimalverdi
Elverum 1982	Alle døgn	158	497
"	Januar-kald	373	497
"	Februar-mild	34	48
"	Februar-kald	134	150
Oslo	Januar-februar 1978	184	414
	Februar 1979	149	355

I USA er det gjort en rekke undersøkelser på mindre steder med mye vedfyring (7,8). De fleste steder er kun partikkelmengden pr. kubikkmeter registrert, bare i enkelte tilfeller er PAH analysert. Imhoff et al. (7) målte PAH i Petersville, Alabama, en by med 1200 boliger hvorav 900 fyrte med ved. I et døgn med sterk inver-sjon ble det målt 1117 ng PAH/m^3 , og en partikkelkonsentrasjon

opptil $870 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ble registrert ("fine particulates"). Disse konsentrasjonene var altså vesentlig høyere enn det som ble målt i Elverum. Prøvetakingsmetoden var imidlertid ikke den samme.

Som det går fram av tabell 10, var PAH-nivåene i Elverum sammenlignbare med nivåer i Oslo sentrum, noe som må karakteriseres som høyt for et så lite sted. En beregning av PAH-utslippene i Elverum er vist i tabell 11.

Mange undersøkelser har vist at vedfyring medfører betydelige utslipp av PAH til omgivelsene (9-14). Basert på egne og utenlandske data medfører vedfyring et utslipp på ca $40 \text{ mg}/\text{kg}$ ved (15). De to undersøkelsene av vedforbruket i Elverum nevnt i kapittel 1 ga et totalt forbruk på 2600 tonn og 4200 tonn pr år. Med disse tallene og en utslippsfaktor på $40 \text{ mg}/\text{kg}$ blir PAH-utslippet 104-168 kg.

Forbruket av olje og parafin er beregnet til 6700 tonn pr år (32). Det finnes svært få undersøkelser om hvor mye PAH som slippes ut ved brenning av olje. En tysk undersøkelse angir ca $10 \text{ mg}/\text{kg}$ olje for små fyringsanlegg (15). Brukes denne emisjonsfaktoren, gir olje- og parafinforbruket i Elverum et utslipp på ca 67 kg PAH i året. Hoveddelen av PAH fra oppvarming med ved, olje og parafin slippes naturlig nok ut i vinterhalvåret.

I tillegg til boligoppvarming vil biltrafikk og andre kilder bidra til PAH-nivået. Det finnes i Elverum ca 6500 personbiler, busser og lastebiler (16). Hvis en antar at disse gjennomsnittlig kjøres ca 10 km pr dag i det sentrale Elverum (17) og bruker ca 1 liter brennstoff pr mil, og at den gjennomsnittlige PAH-emisjonen fra kjøretøyer er ca $10 \text{ mg}/\text{kg}$ brennstoff (15), medfører trafikken i Elverum et utslipp på ca 20 kg PAH i året. Antar en at fyringssesongen er et halvt år, er bidraget fra biltrafikk i denne perioden ca 10 kg PAH.

Tabell 11: Beregnet PAH-utslipp fra forskjellige kilder i Elverum i vinterhalvåret.

Kilde	Brenselsforbruk (tonn)	Utslippsfaktor (mg/kg)	Utslipp (kg)
Vedfyring	2600-4200	40	104-168 (58-69%)
Olje og parafin til boligoppvarming	6700	10	67 (37-27%)
Biltrafikk	850	10	9 (5-4%)

Tabell 11 tyder på at vedfyring bidrar atskillig til PAH-nivået i Elverum om vinteren.

En PAH-komponent som er karakteristisk for biltrafikk, er cyclopenta-(cd)pyren, som ofte dominerer blant PAH på partikler i luft i områder med mye biltrafikk (18). Cyclopenta(cd)pyren foreligger da i større mengder enn benz(a)anthracen og chrysen/triphenylen, som elueres like etter fra gasskromatografen. Cyclopenta(cd)pyren var ikke dominerende i noen av prøvene fra Elverum. På bakgrunn av disse PAH-profilene synes bidraget fra biltrafikk til PAH-nivået i Elverum om vinteren, som også antatt over, å være lite.

Det er påvist en PAH-komponent som er karakteristisk for fyring med gran og furu. Denne blir nærmere diskutert i pkt. 3.5.

Det var dessverre bare to prøver tilgjengelig for PAH-analyse fra Strandfossen. Bare én av disse prøvene er tatt parallelt med en prøve i Elverum. Denne prøven viste en PAH-konsentrasjon som var 20% av nivået i Elverum. Resultatene fra Strandfossen kan tyde på at stedet til en viss grad blir påvirket av Elverum tettsted. Dette gjorde seg også gjeldende for mutagenitetmålingene, se pkt. 3.9.

3.4 Kvalitativ analyse av PAH-derivater

Det er tidligere påvist en rekke derivater av PAH, slike som ketoner, quinoner, aldehyder og nitriler i røykgassene fra vedfyring (19). Det var derfor av interesse å undersøke om disse forbindelsene kunne identifiseres i luften i Elverum. Disse kan imidlertid ikke benyttes som spesifikke indikatorforbindelser for vedfyring, da de også kan være til stede i utslipp fra andre forbrenningskilder.

Prøver fra den kalde perioden i januar og den kalde perioden i februar ble slått sammen til én prøve som representerte kaldt vær, (prøve 1+2+3+4+13+14+15+16). Tilsvarende ble prøver fra den milde perioden i februar slått sammen, (prøve 6+7+9+10+11). Prøvene ble fraksjonert ved hjelp av høytrykks væskechromatografi (HPLC) og analysert ved hjelp av gasschromatografi/massespektrometri (GC/MS) (19). Tabell 12 viser de forbindelser som ble karakterisert i de to sammenslåtte prøvene. En rekke PAH-derivater ble påvist i de kalde periodene, mens kun et fåtall i den milde perioden. Noen god kvantitativ analyse var ikke mulig på det meget begrensede prøvematerialet, men nivået av PAH-derivater var ca ti ganger høyere i de kalde periodene enn i den milde perioden.

Tabell 12: *Kvalitativ analyse av PAH-derivater i sammenslåtte prøver fra kalde og milde dager.*

Forbindelse	Kaldt	Mildt
Bifenylkarboksaldehyd	+	
Fluorenon	+	+
Acenaftenkarboksaldehyd	+	
Metylfluorenon	+	+
Antraquinon	+	+
Cyclopenta (def) fenantrenon	+	+
Antracenkarboksaldehyd	+	
Benzantron	+	
Pyrenkarboksaldehyd	+	
Pyrenkarbonitril	+	
Benzantraquinon	+	
Benzo (cd) pyrenon	+	
Cyclopenta (ghi) perylenon	+	

3.5 Andre organiske stoffer karakteristiske for vedfyring

Det har hittil vært vanskelig å påvise forbindelser i røykgasser som kan være spesifikke for vedfyring. Dog ble det påpekt i SI's rapport om emisjonsmålinger fra små fastbrenselsovner (20) at betydelige mengder tetrametylfenantren ble påvist i utslippet fra fyring med gran, men ikke med bjerk. Det har vist seg at denne substansen fra granfyring er 1-metyl-7-isopropylfenantren, en isomer av den tidligere rapporterte tetrametylfenantren. Et annet navn for denne forbindelsen er reten (21). Reten er et nedbrytningsprodukt fra harpikssyrer som finnes i gran og andre nåletrær.

Blant harpikssyrene i gran er det abietinsyre som er den dominerende forbindelsen, og denne degraderes lett til dehydroabietinsyre (21). Harpikssyrene er relativt flyktige diterpener som fordamper ved forbrenning av gran. Abietinsyre, dehydroabietinsyre og deres metylestere har tidligere vært identifisert ved forbrenning av nåletrær (22). Ved ytterligere reduksjon av harpikssyrene er reten sluttproduktet. Dette kan enten foregå som langsom produksjon i sedimenter (23) eller ved forbrenning (20). Reten, som er et alkyl-PAH, isoleres sammen med de øvrige PAH i den opparbeidingen som er benyttet, og kan gjenkjennes i PAH-kromatogrammer ved sin bestemte retensjonstid mellom benzo(a)- og benzo(b)fluoren.

De enkelte partikkelprøvene fra Elverum er undersøkt for sitt innhold av reten. De sammenslåtte prøvene fra henholdsvis kald og mild periode beskrevet under pkt. 3.4, ble analysert for sitt innhold av dehydroabietinsyre-methylester som finnes i den samme moderat polare HPLC-fraksjonen som PAH-derivatene.

Reten ble påvist i alle prøvene fra Elverum, og konsentrasjonene er angitt sammen med de øvrige PAH i vedlegg E. Konsentrasjonen av reten kan ikke brukes direkte til å angi hvor stor del av PAH-mengden som kommer fra vedfyring, men tyder på at vedfyring bidrar med en betydelig del til PAH-nivået, både i den kalde og i den milde perioden.

Dehydroabietinsyre-methylester ble påvist både i prøven fra kald periode og fra mild periode. Konsentrasjonene var henholdsvis 12 og

3,6 ng/m³, noe som igjen viser et bidrag fra vedfyring, og at dette bidraget var større da det var kaldt enn da det var mildt. Det må i denne sammenheng understrekes at reten og harpikssyrer bare stammer fra forbrenning av gran og furu, men ikke fra bjerk. Undersøkelsen av vedforbruk i Elverum gjort av Universitetet i Oslo (2) viser at gran og furu bare utgjorde 23% av forbruket. Resten var bjerk (71%) og annen løvskog (6%).

3.6 Karbon

Karbonanalysene er utført av National Bureau of Standards (NBS), Washington D.C. Ialt 12 prøver er analysert med hensyn på totalt karbon og karbon-14. Karbon-14 er en radioaktiv isotop som fins naturlig i atmosfærens karbondioksyd (CO₂) og er dannet bl.a. ved kosmisk stråling. Halveringstiden er 5730 år. Det vil si at biomasse har et innhold av karbon-14 som omtrent tilsvarende atmosfærens CO₂, mens fossilt brensel ikke inneholder karbon-14. Ved å analysere totalt karbon og karbon-14 får en derfor kjennskap til mengden av karbon i prøven som kommer fra biomasse (5,7).

Analyseresultatene er gitt i Vedlegg F. Av de 12 prøvene var 10 fra Elverum og 2 fra Strandfossen.

I tabell 13 er det gitt gjennomsnittskonsentrasjoner for periodene januar-kald, februar-mild og februar-kald. Variasjonen var den samme som for partikler og PAH, nemlig høyest verdier for januar-kald og lavest verdier for februar-mild. Dette gjaldt både absolutt karbonkonsentrasjon og den relative andel av karbon fra biomasse. Den høyeste relative andel av karbon fra biomasse var på 83% (prøve 14).

Tabell 13: Midlere konsentrasjon av karbon, Elverum 1982.

	Totalt karbon µg/m ³	Karbon fra biomasse	
		µg/m ³	%
Alle døgn	20	14	70
Januar-kald	32	24	75
Februar-mild	7,0	3,9	56
Februar-kald	24	17	71

Karbon-14 er teoretisk et entydig sporstoff for luftforurensning fra biomasse. Om vinteren er innholdet av pollen, sporer etc. lavt, samtidig som disse partiklene har større aerodynamisk diameter enn 3 μm . Det antas derfor at målingene av karbon-14 på partikler i all hovedsak er et mål for fyring med biomasse. Av biomasse brukt til fyring må det antas at størstedelen utgjøres av ved.

I gjennomsnitt var karbon-andelen fra biomasse lik 70%. Dette er vesentlig høyere enn den andelen ved og annen biomasse utgjør av energiforsyningen med karbonholdig brensel. Men utslippet pr. energienhet er vesentlig høyere for fyring med ved enn for fyring med fossile brensler.

3.7 Sulfat og metaller

Oversikt over alle måleresultater er gitt i vedlegg D for 1981 og vedlegg G for 1982.

I tabell 14 er det gitt middelveidier for 1982 for periodene januar-kald, februar-mild og februar-kald. For noen elementer var det høyere konsentrasjon i de kalde periodene. Dette gjaldt Pb, Cd, K og As. For andre var det liten eller ingen slik temperaturvariasjon. Dette gjaldt sulfat, Mn, Ni, Cr, V, Fe og Al.

Tabell 14: Middelmålinger av sulfat og metaller (ng/m^3) for Elverum 1982.

	SO ₄ -S	Pb	Cd	K	Mn	Ni	Cr	V	As	Fe	Al
Alle døgn	1690	280	0,99	211	6	1,3	0,3	4	2,6	59 ^{*)}	45
Januar-kald	1140	435	1,91	273	5	1	0,4	<2	2,9	27	<20
Februar-mild	2220	145	0,54	147	6	2	0,3	6	2,0	44	36
Februar-kald	1410	376	0,74	227	5	1	0,2	3	3,2	115 ^{*)}	70

*) Prøve nr. 16 ikke inkludert.

Konsentrasjonen av Pb, Cd, K og As var høyere enn det generelle nivået i sørlige deler av Norge. For de øvrige elementene var konsentrasjonen av omtrent samme størrelse som "bakgrunnsnivået" i sørlige deler av Norge (24). Konsentrasjonen av Pb og Cd var lavere enn i sentrale deler av Oslo (4, 25).

I tabell 15 er konsentrasjonen av bly (Pb) gitt for de to målestedene i Oslo vinteren 1980 (4). Tabellen viser et konsentrasjonsnivå atskillig høyere for trafikkstasjonen i Oslo (St.Olavs gt.) enn i Elverum. For referansestasjonen i Oslo var middelkonsentrasjonen omtrent den samme som på kalde dager i Elverum, mens maksimal døgnverdi var langt høyere.

Tabell 15: Konsentrasjon av bly (ng/m^3), Oslo, vinteren 1980 (4).

Målested	Middelverdi	Maksimal døgnverdi
St.Olavs gt.	1500	3200
Referansestasjonen	500	1200

Konsentrasjonen av bly gir grunnlag for å anslå bidraget fra biltrafikk. En regner med at blyinnholdet i respirable partikler fra bileksos er ca 10%. Andre kilder for bly enn bensindrevne biler er det ikke grunn til å regne med i Elverum. Dette betyr at bensindrevne biler bare kan forklare 3-6% av konsentrasjonen av respirable partikler. Blymålingene fra Oslo 1980 viste at utslipp fra bensinbiler kunne forklare ca 25% av konsentrasjonen av respirable partikler i St.Olavs gt. og ca 10% på referansestasjonen.

Den 18-19.1 ble det målt partikler på Strandfossen, men ikke i Elverum. I dette døgnet ble det målt de høyeste konsentrasjonene av sulfat, Mn, Ni, Cr, V og As. Konsentrasjonen av Cd, K og Fe var også relativt høy. Dette døgnet hadde tilførsel av forurensninger fra andre land, og konsentrasjonen av partikulære forurensninger var høy over store deler av Sør-Norge. Konsentrasjonen av sulfat på Birkenes i Aust-Agder var ca $6 \mu\text{g S/m}^3$ dette døgnet, som er en faktor på 5-10 høyere enn gjennomsnittlig verdi (24).

3.8 Benzenderivater

Måleresultatene er gjengitt i vedlegg H. I tabell 16 og 17 er det gitt middelveidier for de to målestedene for periodene januar-kald, februar-mild og februar-kald.

For målestedet Elverum var det systematisk høyere konsentrasjoner i kuldeperiodene og høyest for januar-kald. For Strandfossen er det ingen slik systematisk variasjon.

På tre døgn ble det målt samtidig i Elverum og Strandfossen. Resultatene herfra er vist i tabell 18. For to av døgnene var det langt høyere konsentrasjoner i Elverum, mens det var ingen tydelig forskjell på et av døgnene. En har ingen umiddelbar forklaring på forskjellen mellom disse døgnene.

Tabell 16: Midlere konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) av benzen, toluen og xylener for Elverum 1982.

Periode	Benzen	Toluen	Xylener
Januar-kald	23	56	46
Februar-mild	13	26	22
Februar-kald	20	36	32

Tabell 17: Midlere konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) av benzen, toluen og xylener for Strandfossen 1982.

Periode	Benzen	Toluen	Xylener
Januar-kald	-	4,7	2,8
Februar-mild	1,8	6,7	11
Februar-kald	3,2	4,8	13

Tabell 18: Samtidige målinger av benzen, toluen og xylener ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Elverum og Strandfossen, 1982.

Dato	Vindretning	Middelvindstyrke (m/s)	Middeltemperatur ($^{\circ}\text{C}$)	Målested	Benzen	Toluen	Xylener
1-2.2	SØ, SV	0.5	-3	Elverum Strandfossen	26 -	56 5,6	51 5,2
3.-4.2	SV, V	0.5	-4	Elverum Strandfossen	11 -	19 13	14 17
20-21.2	C	0.1	-14	Elverum Strandfossen	18 2,6	33 4,3	31 19

I 1980 ble det målt benzenderivater i Oslo på de samme to stedene der det ble målt bly og respirable partikler (26). Målingene foregikk i mars og i august/september. Konsentrasjonene i Oslo var noe høyere i august/september enn i mars, og dette antas å skyldes at avdampingen av bensin øker med økende temperatur (26). I tabell 19 er middelverdiene gitt for mars 1980 i Oslo. Disse konsentrasjonene var av omtrent samme størrelse som på Elverum vinteren 1982. Liknende konsentrasjoner er også målt i tilknytning til bolighus når en varm bil står parkert i en garasje i huset (27).

Tabell 19: Middelverdier for benzen, toluen og xylener ($\mu\text{g}/\text{m}^3$),
Oslo, mars 1980 (26).

	Benzen	Toluen	Xylener
St.Olavs gt.	33	89	86
Referansestasjonen	13	32	26

3.9 Mutagenitetstesting

Beskrivelse av Ames' test (28) er gitt i vedlegg I. Prøvene ble testet med to bakteriestammer, TA98 og TA100, som har noe forskjellig følsomhet overfor mutagene stoffer. Vanligvis er TA98 den bakteriestammen som er mest følsom for mutagener i uteluft, men stammen TA100 er inkludert i forsøkene for å gi tilleggsinformasjon.

Alle ekstraktene ble testet med bakteriestammene TA98 og TA100 med og uten tilsats av leverenzymmer. Resultater er gitt i vedlegg I. Stort sett viste alle prøvene lineær doseavhengighet. (For enkelte prøver var det noe avvik fra linearitet i høyeste dose.) Resultatene er omregnet til revertanter pr m^3 , og gitt i tabell 20.

Testet med Salmonella-bakterien TA98, viste alle prøvene fra Elverum høyest aktivitet i nærvær av leverenzymmer (S9). Dette kan tyde på et høyt innhold av usubstituerte PAH-stoffer, som alle må omdannes av enzymer for å være aktive i Salmonella-testen. Den høyeste mutageniteten med TA98 ble påvist i prøve 5 (1-2.2), 67 revertanter/ m^3 (+S9). Denne dagen var det ikke så kaldt ($-3^{\circ}C$), men det var lav vindstyrke og relativt høy partikkelmengde i luften.

Testet med bakteriestammen TA100, var det liten forskjell på aktiviteten med og uten leverenzymmer. Den høyeste aktiviteten ble målt i prøve 2 (27-28.1), 79 revertanter/ m^3 . Også PAH-konsentrasjonen var høy. Middelsestemperaturen var $-16^{\circ}C$.

Prøvene fra Strandfossen gav noe uventet resultat. Spesielt viste prøven tatt 18-19.1 svært høy mutagenitet med TA98, og aktiviteten var høyest i fravær av S9 (direktevirkende mutagener). Som nevnt i pkt. 3.7 var det også høye konsentrasjoner av sulfat og metaller dette døgnet, noe som sannsynligvis skyldes langtransport av luftforurensninger. Det er tidligere påvist mutagene forbindelser ved langtransport (33).

Fra 27-28.1 ble det tatt prøver på begge stasjonene. For TA98 var aktiviteten med S9 ca dobbelt så høy i Elverum som på Strandfossen. Uten S9 var forskjellen i mutagenitet enda mindre. Dette tyder på at Strandfossen til en viss grad er påvirket av forurensning fra Elverum tettsted.

Som nevnt foran, er bakteriestammen TA98 den som vanligvis er mest følsom for mutagenitet i partikulære luftforurensninger fra byområder. Vanligvis vil det i slike prøver være liten forskjell mellom aktiviteten i nærvær og fravær av leverenzymmer (S9). Dersom

det er en forskjell, vil mutageniteten som oftest være noe høyere uten S9. En unntakelse fra dette er prøver tatt i gatenivå (nær kilden), hvor mesteparten av mutageniteten skyldes bensindrevne biler, der vil aktiviteten være høyest med S9 (29).

Alle Elverums-prøvene viste høyere mutagenitet med S9 enn uten S9 for stammen TA98. De fleste undersøkelser av mutagenitet i emisjonsprøver fra vedfyring tyder på at denne kilden gir høyest aktivitet med S9.

Mutageniteten målt i TA98 for Elverum-prøvene, var sammenlignbar med vintermålinger utført i Stockholms-området og i Oslo (30-31). De høyeste målingene i Elverum var sammenlignbare døgnprøver tatt over tak i Stockholm og dagprøver tatt over tak i Oslo sentrum. De laveste verdiene var om lag som resultater fra målinger i en forstad til Stockholm og som nattverdier tatt over tak i Oslo sentrum.

For TA100 er det kun utført målinger i Stockholm, og disse verdiene var lavere enn det som ble målt i Elverum.

Tabell 20: Mutagenitetstesting med Salmonella-bakteriene TA98 og TA100. Resultatene er uttrykt som antall revertanter/m³ luft (se vedlegg I).

Sted	Prøve	Revertanter pr m ³ luft			
		TA98		TA100	
		+S9	-S9	+S9	-S9
Elverum 1982	1	25	24	15	19
	2	38	18	73	79
	3	33	22	42	41
	5	67	30	51	60
	6	19	15	16	16
	9	12	8	13	10
	10 14	8 29	8 23	8 31	6 26
Strandfossen 1982	21	68	81	39	49
	22	19	12	21	18
Alle døgn		29	19	31	32
Januar-kald		36	20	58	60
Februar-mild		13	10	12	11
Februar-kald*)		29	23	31	26

*) Bare prøve nr. 14

3.10 Lineær regresjonsanalyse

For å undersøke samvariasjonen mellom de målte forurensningene er det gjort en del beregninger av regresjons- og korrelasjonskoeffisienter.

Antall prøver for ulike kombinasjoner av stoffer varierte fra 4 til 16. Dette får stor innflytelse på signifikansen av de forskjellige korrelasjonskoeffisientene. Følgende variable viste best samvariasjon:

- Respirable partikler
- Totalt karbon
- Karbon fra biomasse
- Polysykliske aromatiske hydrokarboner
- Kalium
- Bly
- Mutagenitet

Korrelasjonsmatrisen for disse er gitt i tabell 21. I tabellen er det bare tatt med to av mutagenitetstestene, nemlig TA98(+S9) og TA100(+S9). Det var også svært god korrelasjon mellom mutagenitetstestene TA100(+S9) og TA100(-S9) ($r=0,99$).

Tabell 21: Korrelasjonskoeffisienter for kombinasjoner av variable, 1982. Verdier i vanlig parentes () er ikke signifikant forskjellig fra null på 5%-nivå. Verdier i hakeparentes [] er signifikant forskjellig fra null på 5%-nivå, men ikke på 1%-nivå.

	RP	C _t	C _b	PAH	K	Pb	TA98 (+S9)	TA100 (+S9)
Respirable partikler (RP)	1,0							
Totalt karbon (C _t)	0,97	1,0						
Karbon fra biomasse (C _b)	0,97	0,99	1,0					
Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)	0,93	0,93	0,93	1,0				
Kalium (K)	0,83	0,88	0,87	0,72	1,0			
Bly (Pb)	0,91	0,92	0,88	0,79	0,67	1,0		
Mutagenitet TA98(+S9)	0,80	(0,89)	(0,70)	(0,62)	(0,85)	0,98	1,0	
Mutagenitet TA100(+S9)	0,95	(0,80)	(0,64)	0,97	[0,70]	[0,90]	[0,74]	1,0

Konsentrasjonen av respirable partikler var særlig godt korrelert med totalt karbon, karbon fra biomasse, PAH, bly og mutagenitet TA100(+S9). Totalt karbon og karbon fra biomasse var svært godt korrelert innbyrdes ($r=0,99$) og med PAH og bly. I tillegg var det svært god korrelasjon mellom PAH og mutagenitet TA100(+S9) og mellom bly og mutagenitet TA98(+S9).

Ingen av variablene i tabell 21 var signifikant korrelert med temperaturen på 1%-nivå. Dette kan ha sammenheng med solinnstrålingen, jfr. pkt. 3.1. Det var heller ingen signifikant korrelasjon mellom benzen og variablene i tabell 21.

En kan ikke trekke konklusjoner med hensyn til bidrag fra ulike utslipp på grunnlag av en slik statistisk analyse. Den høye andelen av karbon fra biomasse og samvariasjonen mellom totalt karbon, karbon fra biomasse, PAH og mutagenitet tyder imidlertid på at vedfyring er en viktig kilde. Variasjonen av kalium peker i samme retning. Men også bly viste stor grad av samvariasjon med de samme stoffene, og bly antas i all hovedsak å komme fra bensinbiler. Likevel har en i pkt. 3.7 konkludert at utslipp fra bensinbiler bare kan forklare en liten del (3-6%) av partikkelkonsentrasjonen, på grunn av relativt lave blykonsentrasjoner. Utslippoversikten for PAH (tabell 11) tyder også på at utslippene fra biltrafikk bidrar relativt lite.

For å trekke sikrere slutninger om bidraget fra de ulike utslippskategoriene trenger en bedre utslippsdata, både med hensyn til mengde og sammensetning. Det bør også brukes beregningsmodeller som knytter sammen utslipp og konsentrasjoner i bakkenivå, men dette ligger utenfor rammen for denne rapporten.

3.11 Forslag til fortsatte målinger

- a) Målinger på svært kalde dager. Det er mye som tyder på at bruken av ved øker sterkt når temperaturen blir virkelig lav, -30°C og under. Slike dager er ikke uvanlige i indre strøk av landet, selv om de ikke forekom på Elverum i måleperioden. Et problem vil imidlertid bli å få måleapparatene til å virke skikkelig ved slike lave temperaturer, når andre mekaniske innretninger har tendens til å gå i stå.

- b) Målinger i boligområder med mye vedfyring. Selv om det synes å være en generell tendens til økning av bruk av ved, synes det som om denne økningen ikke er like stor alle steder. I eldre, etablerte boligstrøk kan bruken ventes å øke langsommere enn i områder med nye hus. En kort intervju-undersøkelse i utkanten av Elverum tydet på at i to områder med nye rekkehus og eneboliger var energibærerne nesten utelukkende elektrisitet og ved. Målinger på kalde dager i slike områder vil kunne gi informasjon om nær maksimale vedfyringsbidrag.

- c) Målinger andre steder. Elverum ble valgt for denne undersøkelsen fordi det fantes data for bruk av ved, og fordi målingene vinteren 1981 syntes å vise at stedet var egnet. Det er imidlertid ønskelig også å måle andre steder, blant annet for å finne ut hvor representativ Elverum er med hensyn til luftforurensning fra vedfyring. En bør vurdere andre tettsteder med lav temperatur og ugunstige spredningsforhold om vinteren. Det bør også vurderes å ta enkelte målinger om sommeren for å sammenlikne med vintermålingene.

4 KONKLUSJON

Det er gjort målinger av luftkvaliteten i Elverum vintrene 1981 og 1982. Hensikten med målingene har vært å studere bidraget fra fyring med ved. Målingene har foregått på to steder, Elverum (i tettstedet) og Strandfossen (2-3 km nord for tettstedet). Det er lagt vekt på målinger på kalde dager. Målingene av luftkvalitet har omfattet respirable partikler, polysykliske aromatiske hydro-

karboner (PAH) og derivater av disse, harpikssyrer, karbon, sulfat og metaller, benzenderivater og mutagenitet.

Konsentrasjonen av respirable partikler i Elverum på kalde dager var av omtrent samme størrelse som gjennomsnitt for sentrale strøk av Oslo. Konsentrasjonen var høyest i en kald periode i januar, nest høyest i en kald periode i februar, og lavest i en mild periode mellom disse. Videre var konsentrasjonen høyere i Elverum enn på Strandfossen.

Også PAH-målingene viste høyest konsentrasjoner i den kalde perioden i januar, nest høyest i den kalde perioden i februar, og lavest i den milde perioden mellom disse. Gjennomsnittsnivået for hele måleperioden var sammenlignbart med tidligere målinger av PAH-nivået i Oslo. På bakgrunn av de relative mengder av de forskjellige PAH-komponenter, syntes bidraget fra biltrafikk til PAH-nivået i Elverum om vinteren å være lite. Dette støttes av en utslippsoversikt for PAH, som også tyder på at vedfyring utgjør det største PAH-bidraget. En måling fra Strandfossen viste et PAH-nivå på 20% av det som ble målt i Elverum samme dag.

Det ble påvist organiske forbindelser som er karakteristiske for vedfyring, blant annet reten og dehydroabietinsyre-methylester.

Både total konsentrasjon av karbon og andelen fra biomasse varierte på samme måte som respirable partikler og PAH.

Konsentrasjonen av sulfat og metaller var ikke spesielt høy sammenliknet med andre områder. For enkelte elementer var konsentrasjonen noe høyere på kalde dager enn på milde. Dette gjaldt arsen, bly, kadmium og kalium. Analysene av bly tyder på at bensindrevne biler bidro relativt lite (3-6%) til konsentrasjonen av respirable partikler. Tilsvarende tall for Oslo vinteren 1980 var 10-25%.

For flere av metallene ble de høyeste konsentrasjonene målt på Strandfossen i et døgn med transport av forurensninger fra andre land.

Konsentrasjonen av benzenderivater (benzen, toluen og xylener) var høyere på kalde dager enn på milde, og høyere på Elverum enn på Strandfossen. Konsentrasjonen på kalde dager i Elverum var sammenliknbar med det generelle nivået i Oslo.

Mutageniteten av luftprøvene målt i bakteriestammen TA98 var sammenliknbar med vintermålinger utført i Stockholms-området og i Oslo. For bakteriestammen TA100 er det kun utført vintermålinger i Stockholm, og disse verdiene var lavere enn det som ble målt i Elverum. En prøve fra Strandfossen viste med TA98 halvparten av aktiviteten i en prøve fra Elverum samme dag.

Det var svært god samvariasjon mellom respirable partikler, PAH, totalt karbon, karbon fra biomasse, bly, kalium og mutagenitet. Variasjonen med temperaturen var noe mindre tydelig, og dette kan ha sammenheng med at det er vesentlig mer solstråling i februar enn i januar til tross for at temperaturen også i februar kan være lav.

Utslippsoversikten for PAH og analysene av bly peker begge i retning av et bidrag til partikler og PAH fra biltrafikk på om lag 5%. Resten antas i hovedsak å komme fra fyring med fossilt brensel og biomasse. Analyseresultatene for totalt karbon og karbon-14 gir andelen av karbon som stammer fra biomasse. Denne andelen varierte fra ca 30% til ca 80% med høyest verdier på de kalde dagene. Den gjennomsnittlige andelen var 70%. Utslippsoversikten for PAH ga også et bidrag på ca 60-70% fra vedfyring.

Konklusjonene i denne rapporten bygger på relativt få data. Det er derfor ønskelig med ytterligere undersøkelser for bedre å karakterisere luftforurensning fra vedfyring.

5 REFERANSELISTE

- (1) Ramdahl, T.
Schjoldager, J. Luftforurensning fra vedfyring. Målinger i Elverum vinteren 1982. Prosjektforslag. Lillestrøm, Norsk institutt for luftforskning, 1982.
- (2) Pedersen, J.
Veiberg, R.
Wähle, E.
Berge, B. Vedfyring i Elverum tettsted. Foreløpig rapport. Universitetet i Oslo, Rådet for natur- og miljøfag, 1982.
- (3) Johannessen, T.W. Varmeutvekslingen i bygninger og klimaet. Oslo, Tanum, 1956.
- (4) Larssen, S. Overvåking av bilforurensninger i Oslo, 1979-1980. Lillestrøm, Norsk institutt for luftforskning, 1982.
- (5) Cooper, J.A.
Currie, L.A.
Klonda, G.A. Assessment of contemporary carbon combustion source contributions to urban air particulate levels using carbon-14 measurements. *Environ.Sci.Technol.* 15, 1045-1050 (1981).
- (6) Olufsen, B.
Alfheim, I. Analyse av polysykliske aromatiske hydrokarboner i Osloluft. Oslo, Sentralinstitutt for industriell forskning, 1980. (Nordisk PAH-prosjekt, rapport nr. 6.)
- (7) Residential solid fuels. Environmental impacts and solutions. J.A. Cooper and D. Malek (Eds.). Beaverton, Oregon Graduate Center, 1982.

- (8) Proceedings documents for wood heating seminars 1980/81. M. Mairén and W.J. Magnotti (Eds.). Washington D.C., Wood Heating Alliance, 1981.
- (9) Rudling, L.
Ahling, B.
Löfroth, G. I: Residential Solid Fuels, Environmental Impacts and Solutions. J.A. Cooper and D. Malek (Eds.), Beaverton, Oregon Graduate Center, 1982, s. 34.
- (10) Ramdahl, T.
Alfheim, I.
Rustad, S.
Olsen, T. Chemical and biological characterization of small residential stoves burning wood and charcoal. *Chemosphere*, 11, 601-611 (1982).
- (11) Snowden, W.D. Source sampling residential fireplaces for emission factor development. Research Triangle Park U.S. Environmental Protection Agency, 1975 (EPA-450/3-76-010.)
- (12) DeAngelis, D.G.
Ruffin, D.S.
Reznik, R.B. Preliminary characterization of emissions from wood-fired residential combustion equipment. Washington 1980 (U.S. EPA, EPA-600/7-80-040.)
- (13) Lee, M.L.
Prado, G.P.
Howard, J.B.
Hites, R.A. Source identification of urban airborne polycyclic aromatic hydrocarbons by gas chromatography mass spectrometry and high resolution mass spectrometry. *Biomed. Mass. Spectrom.* 4, 182-186 (1977).
- (14) Alsberg, T.
Stenberg, U. Capillary GC-MS analysis of PAH emissions from combustion of peat and wood in a hot water boiler. *Chemosphere*, 8, 487-496 (1979).
- (15) Ramdahl, T.
Alfheim, I.
Bjørseth, A. Sources and emission factors of polycyclic aromatic hydrocarbons. Nordisk Miljøforskning, MIL-2. Oslo, Sentralinstitutt for industriell forskning, 1981. (Rapport nr. 80 09 01 - 1.)
- (16) Meddelelse fra Biltilsynet, Elverum.

- (17) Meddelelse fra Vegdirektoratet, Oslo.
- (18) Grimmer, G.
Böhnke, H.
Glaser, A. Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe im Abgas von Kraftfahrzeugen. *Erdöl und Kohle, Erdgas, Petrochemie*, 30, 411-417 (1977).
- (19) Ramdahl, T.
Becher, G. Characterization of polynuclear aromatic hydrocarbon derivatives in emissions from wood and cereal straw combustion. *Anal. Chim. Acta.* (Under trykking.)
- (20) Ramdahl, T. Forurensninger fra små fastbrenselsovner. Kjemisk karakterisering av utslipp fra vedovner. Oslo, Sentralinstitutt for industriell forskning, 1981. (Rapport 81 03 14 - 1).
- (21) Simoneit, B.R.T.
Mazurek, M.A. Organic matter of the troposphere - II. Natural background of biogenic lipid matter in aerosols over the rural western United States. *Atmos. Environ.* 16, 2139-2159 (1982).
- (22) Pereira, W.E.
Rostad, C.E.
Taylor, H.E. Characterization of organic contaminants in environmental samples associated with Mount St. Helens 1980 volcanic eruption. *Environ. Sci. Technol.* 16, 387-396 (1982).
- (23) Laffamme, R.E.
Hites, R.A. The global distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in recent sediments. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 42, 289-303 (1978).
- (24) Data fra Birkeåes, Aust-Ågder 1972-82. Lillestrøm, Norsk institutt for luftforskning.
- (25) Joranger, E.
Gram, F.
Hanssen, J.E.
Steinnes, E. Chemical composition and sources of aerosols in Oslo, Norway during the winter 1971. Lillestrøm, Norsk institutt for luftforskning, 1977. (NILU OR 27/77.)

- (26) Wathne, B.M. Målinger av benzen fra biltrafikk. Lillestrøm, Norsk institutt for luftforskning 1981. (NILU OR 30/81.)
- (27) Wathne, B.W. Benzen i boliger. Lillestrøm, Norsk institutt for luftforskning, 1981. (NILU OR 52/81.)
- (28) Ames, B.N.
McCann, J.
Yamasaki, E. Methods for detecting carcinogens and mutagens with the Salmonella/mammalian - microsome mutagenicity test. *Mutation Res.* 31, 347-364 (1975).
- (29) Møller, M.
Alfheim, I.
Larssen, S.
Mikalsen, A. Mutagenicity of airborne particles in relation to traffic and air pollution parameters. *Envi.Sci.& Techn.*, 16, 221 (1982).
- (30) Löfroth, G. Salmonella/microsome mutagenicity assay of exhaust from diesel and gasoline powered motor vehicles. I: *Health effects of diesel engine emissions*. - Pepelko, W.E., Danner, R.M. and Clarke, N.A. (eds.) Cincinnati, U.S. Environmental Protection Agency, 1980. (EPA-600/9-80-057a), s. 327-342.
- (31) Alfheim, I.
Löfroth, G.
Møller, M. Bioassays of extracts of ambient particulate matter. *Env. Health Persp.* 1982, in press.
- (32) Bakkan, G. Sivilingeniør Rolf Aalerud A/S, Elverum. Meddelelse, desember 1982.
- (33) Alfheim, I.
Møller, M. Mutagenicity of long-range transported atmospheric aerosols. *Sci. Total. Environ.* 13, 275-278 (1979).

VEDLEGG A
PRØVETAKINGS- OG ANALYSEMETODER

PARTIKLER

Prøvetakere : Sierra høy-volum prøvetakere med kaskadeimpaktor.

Partikkel "cut-off": 1981: 2,0 µm
1982: 3,0 "

Lufthastighet : 40 ft³/min = 1630 m³/d

Filtertyper : "Glassfiber" for PAH-analyser
"Microquartz" for metaller og karbon-14

Analysemetoder

Sulfat : Ionekromatografi

Metaller : Metallene ble analysert ved atomabsorpsjon (flamme/flammeløs):

	<u>Flamme</u>	<u>Flammeløs</u>
Pb	x	x
K	x	
Mn		x
Ni		x
Cr		x
V		x
As		x (hydridmetoden)
Fe	x	
Al	x (acetylen, N ₂ O)	

Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

Filtrene ble ekstrahert med diklormethan i 24 timer i en Soxhlet apparatur. 2/5 av ekstraktet ble dampet inn, tilsatt indre standard og ekstrahert med cyclohexan. Dette ble ekstrahert med dimetylformamid (DMF):vann, 9:1, og PAH tilbakeekstrahert til cyclohexan ved tilsats av vann. PAH i ekstraket ble ytterligere rensert ved søylekromatografi på silica, og oppkonsentrert ved inndampning. Separasjon av komponenter i PAH-fraksjonen ble utført ved gasskromatografi med glasskapillarkolonne og de ble detektert ved flammeionisasjon. De separerte forbindelsene ble identifisert ut fra retensjonstid basert på standarder og tidligere massespektrometriske data. Kvantifiseringen ble gjort på grunnlag av elektronisk integrerte topparealer og ved sammenligning med indre standarder.

BENZENDERIVATER

Prøvetakere : Adsorpsjon på aktiv kull,
to kullfiltre i serie.

Lufthastighet : 0,15-0,20 l/min = 0,22-0,29 m³/d

Ekstraksjon : Karbondisulfid.

Analyse : Gasskromatograf med glasskapillarkolonne,
Ucon LB 550, 50 m; 1-kloroktan som intern
standard.

VEDLEGG B

VINDDATA FRA STRANDFOSSEN 27.1-9.3.1982

B1. SAMMENDRAG

B2. TIDESTYRKE FOR VINDSTYRKE (M/S)
OG VINDRETNING (DEKAGRADER).
(VINDRETNING 37.0 BETYR VARIABEL
VINDRETNING.)

B1: SAMMENDRAG AV VINDDATA

SEKTOR	VINDROSE KL			22	DØGN
	1	4	Klokkeslett		
Vindretning	Vindretningsfordeling (%) for gitte klokkeslett				Total vindretningsfordeling (%), gjennomsnitt over døgnet
STILLE	Vindstillefrekvens (%)				
ANT.OBS.	Antall observasjoner				
MIDL.VIND	Midlere vindstyrke (m/s) for gitte klokkeslett				

VINDANALYSE

DØGNMIDDEL	30	60	Vindretning	360	TOTAL
Vindstyrkeklasser	Frekvens (%) for gitte vindretninger				Fordeling på vindstyrkeklasser, alle vindretn.
TOTAL	Total vindrose (%), tilsvarende DØGN-kolonnen ovenfor				100.0
MIDL.VIND M/S	Midlere vindstyrke (m/s) for gitte vindretninger				
ANT. OBS.	Antall observasjoner				

SEKTOR	VINDROSE KL.										DØGN
	1	4	7	10	13	16	19	22	25	28	
20-40	17.5	15.0	12.5	20.5	17.5	9.8	15.0	14.6	14.1		
50-70	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3		
80-100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	4.9	0.7		
110-130	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	0.7		
140-160	5.0	5.0	5.0	5.1	7.5	4.9	5.0	4.9	5.8		
170-190	30.0	25.0	25.0	25.6	25.0	29.3	30.0	17.1	24.3		
200-220	5.0	0.0	10.0	10.3	12.5	12.2	5.0	9.8	9.1		
230-250	0.0	2.5	2.5	5.1	2.5	9.8	2.5	0.0	3.0		
260-280	5.0	5.0	0.0	0.0	2.5	0.0	5.0	7.3	3.2		
290-310	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	0.6		
320-340	5.0	2.5	2.5	0.0	2.5	0.0	2.5	0.0	1.6		
350-10	7.5	10.0	20.0	15.4	12.5	9.8	2.5	9.8	12.2		
STILLE	20.0	32.5	22.5	17.9	17.5	19.5	27.5	31.7	24.2		
ANT.OBS.	40	40	40	39	40	41	40	41	962		
MIDL.VIND	1.1	1.1	1.3	1.6	1.6	1.3	1.0	1.0	1.2		

VINDANALYSE													
DØGNMIDDEL	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	TOTAL
STILLE													24.2
0.3-2.0 M/S	9.8	0.5	0.7	0.7	4.7	14.3	8.8	3.0	3.2	0.6	1.1	4.8	52.2
2.1-4.0 M/S	3.7	0.0	0.0	0.0	1.1	8.4	0.3	0.0	0.0	0.0	0.4	5.0	19.0
4.1-6.0 M/S	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	4.3
OVER 6.0 M/S	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3
TOTAL	14.1	0.3	0.7	0.7	5.9	24.3	9.1	3.0	3.2	0.6	1.6	12.2	100.0

MIDL.VIND M/S	1.6	1.1	1.1	1.0	1.1	1.2	0.9	0.6	0.6	0.8	1.3	2.7	1.2
ANT. OBS.	136	3	7	7	56	234	88	22	31	6	15	117	962

MIDLERE VINDSTYRKE FOR HELE DATASETTET ER 1.2 M/S, BASERT PÅ 970 OBSERVASJONER

B2: Timesverdier for vindstyrke og vindretning.

VIND-DATA

PAR 3 VINDSTYRKE M/S
PAR 4 VINDRETNING DEKAGRADER

STRANDFOSSEN

DATE	270182	270182	280182	290182	290182	300182	300182	310182	310182	10282	10282	20282	20282
TIME	3	4	3	3	4	3	3	3	4	3	4	3	4
1			.5	3.5	1.0	3.1	2.0	.6	32.0	0.0	37.0	1.1	18.0
2			.3	2.9	1.0	3.8	2.0	.7	32.0	0.0	37.0	.9	20.0
3			.2	3.1	1.0	2.8	2.0	.2	12.0	0.0	37.0	1.1	18.0
4			.3	2.4	2.0	3.1	2.0	.6	2.0	0.0	37.0	.5	17.0
5			.2	1.9	2.0	3.3	2.0	.8	2.0	0.0	37.0	.5	16.0
6			.3	2.5	2.0	3.1	2.0	.6	8.0	0.0	37.0	.7	18.0
7			0.0	3.7	1.0	4.3	1.0	.8	3.0	0.0	37.0	.3	21.0
8			0.0	3.9	1.0	6.6	1.0	.7	4.0	0.0	37.0	.3	20.0
9			0.0	3.9	1.0	6.8	1.0	.7	18.0	0.0	37.0	.3	19.0
10			0.0	4.6	2.0	6.4	1.0	.3	16.0	0.0	37.0	.4	20.0
11			0.0	4.1	2.0	5.7	1.0	1.1	20.0	0.0	37.0	.5	21.0
12			.6	3.8	2.0	5.4	1.0	.6	16.0	0.0	37.0	0.0	37.0
13		2.0	.3	4.4	1.0	4.6	1.0	1.1	2.0	.4	16.0	0.0	37.0
14		24.0	.4	3.6	2.0	3.2	1.0	.4	12.0	0.0	37.0	0.0	37.0
15		20.0	.8	3.0	1.0	2.6	1.0	.5	20.0	.3	16.0	.3	2.0
16		36.0	.7	2.9	1.0	3.1	2.0	.4	30.0	.3	18.0	.3	20.0
17	1.9	2.0	.9	1.5	2.0	2.8	2.0	.3	26.0	.2	22.0	.2	30.0
18	1.1	2.0	1.1	2.6	1.0	1.7	36.0	.4	24.0	.3	16.0	.3	27.0
19	.3	2.0	2.1	3.5	2.0	2.7	1.0	.5	28.0	.6	17.0	.3	16.0
20	.2	20.0	2.3	3.3	2.0	1.6	1.0	.3	28.0	.2	24.0	.2	16.0
21	.5	18.0	2.6	3.3	1.0	1.6	1.0	.2	26.0	.3	16.0	.2	18.0
22	.9	14.0	3.1	3.6	2.0	1.3	1.0	.3	28.0	.7	19.0	.3	19.0
23	1.4	26.0	3.3	5.1	2.0	.9	1.0	.2	14.0	1.3	16.0	0.0	37.0
24	1.1	18.0	3.3	4.5	1.0	1.1	1.0	.2	28.0	1.3	18.0	.2	28.0

VIND-DATA
 PAR 3 VINDSTYRKE M/S
 PAR 4 VINDRETNING DEKAGRADER

STRANDFOSSEN

DATE	30282	30282	40282	40282	50282	50282	60282	60282	70282	70282	80282	80282	90282	90282
TIME	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4
1	.3	22.0	.4	27.0	.9	2.0	1.7	2.0	.3	36.0	.3	17.0	.3	19.0
2	.3	20.0	.6	26.0	.3	2.0	2.4	2.0	.3	24.0	.9	18.0	.3	26.0
3	.3	20.0	.5	24.0	.6	2.0	2.4	2.0	.7	3.0	.3	18.0	.2	20.0
4	.5	18.0	.4	26.0	1.2	2.0	2.1	2.0	.9	6.0	0.0	37.0	.4	24.0
5	.3	17.0	.5	21.0	1.9	2.0	2.1	2.0	1.1	2.0	0.0	37.0	0.0	37.0
6	.5	20.0	.5	20.0	1.7	2.0	1.5	3.0	.6	1.0	0.0	37.0	.3	20.0
7	.6	20.0	.5	24.0	1.6	2.0	2.1	2.0	.9	1.0	.3	19.0	.9	19.0
8	.5	18.0	.3	26.0	2.1	2.0	2.1	2.0	.9	3.0	.5	20.0	2.4	20.0
9	.3	16.0	.4	26.0	1.8	2.0	2.4	2.0	.7	2.0	.3	20.0	2.5	19.0
10	.3	18.0	.7	24.0	1.1	2.0	3.1	2.0	.9	2.0	.3	21.0	2.1	17.0
11	.6	16.0	.8	21.0	2.2	1.0	3.4	2.0	.3	2.0	.3	28.0	3.1	16.0
12	.9	20.0	1.1	24.0	2.1	2.0	1.6	1.0	.3	16.0	.7	2.0	3.5	16.0
13	1.6	19.0	.9	26.0	1.1	2.0	.5	2.0	0.0	37.0	.7	2.0	2.8	16.0
14	.9	21.0	1.1	24.0	.3	12.0	.2	16.0	.3	20.0	.9	2.0	3.1	16.0
15	.6	24.0	1.1	21.0	.2	24.0	.5	24.0	.3	22.0	.7	2.0	2.4	17.0
16	.7	24.0	1.1	20.0	0.0	37.0	.4	24.0	.3	24.0	.3	3.0	2.6	18.0
17	.7	28.0	1.1	20.0	0.0	37.0	1.5	30.0	.3	21.0	.3	3.0	1.7	18.0
18	.6	26.0	.9	19.0	.6	2.0	.7	36.0	.3	16.0	0.0	37.0	.9	16.0
19	.3	24.0	.9	19.0	.4	2.0	2.0	2.0	.5	20.0	0.0	37.0	1.1	16.0
20	.6	24.0	.9	19.0	.8	1.0	1.1	2.0	.3	2.0	0.0	37.0	.9	18.0
21	.4	24.0	.9	20.0	.9	2.0	2.3	36.0	1.2	2.0	.3	22.0	.6	18.0
22	.4	26.0	.3	22.0	.8	2.0	1.5	2.0	.3	8.0	.4	21.0	.8	20.0
23	.3	24.0	.4	2.0	1.6	2.0	1.5	2.0	.4	4.0	.5	22.0	.7	19.0
24	.5	27.0	1.3	2.0	1.8	2.0	.5	2.0	.3	16.0	.5	24.0	.3	19.0

VIND-DATA

PAR 3 VINDSTYRKE M/S

PAR 4 VINDRETNING DEKAGRADER

STRANDFOSSEN

TIME	100282		110282		120282		130282		140282		150282		160282	
	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4
1	.3	16.0	.9	17.0	1.9	18.0	2.8	19.0	1.1	20.0	.3	12.0	1.1	2.0
2	.3	20.0	.4	18.0	1.9	18.0	4.3	18.0	1.1	20.0	.4	16.0	.7	2.0
3	.3	21.0	.9	20.0	1.6	19.0	5.1	19.0	1.4	18.0	.3	16.0	.2	6.0
4	.4	16.0	.3	17.0	1.6	19.0	4.1	19.0	2.6	15.0	.6	17.0	1.1	17.0
5	.3	16.0	0.0	16.0	.9	16.0	4.3	19.0	1.7	16.0	.4	17.0	.9	20.0
6	.4	22.0	0.0	18.0	.9	18.0	4.1	18.0	2.1	16.0	.5	26.0	.5	18.0
7	.4	16.0	0.0	18.0	.7	18.0	4.0	18.0	1.3	17.0	.7	20.0	.9	16.0
8	.3	32.0	.3	16.0	1.1	16.0	4.1	18.0	1.3	17.0	.4	20.0	1.1	18.0
9	.5	24.0	.7	16.0	.7	16.0	5.2	19.0	2.1	18.0	.3	28.0	.7	20.0
10	.6	19.0	1.1	18.0	.8	16.0	2.8	19.0	1.4	18.0	1.8	2.0	.9	20.0
11	.9	22.0	1.3	18.0	1.4	20.0	1.5	20.0	1.1	18.0	1.4	2.0	.9	20.0
12	.7	22.0	1.7	19.0	1.5	20.0	3.4	19.0	.8	20.0	1.1	2.0	.4	24.0
13	1.1	21.0	1.7	17.0	1.1	17.0	4.3	18.0	.6	18.0	.5	2.0	.7	21.0
14	1.4	20.0	1.1	22.0	1.5	22.0	4.2	17.0	.3	18.0	.4	2.0	.7	20.0
15	.9	20.0	1.6	24.0	1.6	24.0	3.6	18.0	.3	18.0	.5	16.0	.5	22.0
16	1.3	17.0	2.5	20.0	1.1	20.0	3.4	19.0	.6	14.0	.7	21.0	.5	24.0
17	.6	19.0	2.1	18.0	.4	16.0	5.2	19.0	.6	16.0	.3	14.0	1.5	19.0
18	.2	17.0	2.5	16.0	.4	16.0	4.9	19.0	1.1	18.0	1.1	2.0	.8	27.0
19	.4	8.0	1.9	17.0	.4	17.0	3.4	19.0	.7	18.0	.5	32.0	.3	28.0
20	.4	32.0	2.8	18.0	1.5	18.0	3.4	19.0	.5	18.0	.6	29.0	.2	4.0
21	1.1	2.0	2.9	19.0	.9	19.0	1.6	19.0	.4	15.0	.7	2.0	.3	17.0
22	1.4	2.0	2.6	18.0	.6	18.0	1.5	20.0	.5	18.0	1.1	2.0	.3	28.0
23	2.4	2.0	1.3	16.0	.9	18.0	1.1	20.0	.3	18.0	.9	36.0	.7	30.0
24	.9	2.0	2.3	16.0	2.4	18.0	1.1	20.0	.3	2.0	.7	2.0	1.3	32.0

WIND-DATA

PAR 3 VINDSTYRKE M/S

PAR 4 VINDRETNING DEKAGRADER

STRANDFOSSEN

TIME	170282	170282	180282	180282	190282	190282	200282	210282	220282	230282	230282	
1	.9	30.0	2.5	34.0	0.0	37.0	0.0	37.0	0.0	37.0	1.2	1.0
2	.9	14.0	3.3	36.0	0.0	37.0	0.0	37.0	0.0	37.0	0.0	37.0
3	1.6	2.0	3.1	36.0	0.0	37.0	0.0	37.0	0.0	37.0	1.4	2.0
4	1.7	36.0	2.9	36.0	0.0	37.0	0.0	37.0	0.0	37.0	0.0	37.0
5	.6	24.0	1.9	33.0	0.0	37.0	0.0	37.0	0.0	37.0	.6	2.0
6	.6	21.0	2.2	34.0	.7	1.0	37.0	0.0	0.0	37.0	1.4	1.0
7	1.1	36.0	2.6	34.0	0.0	37.0	0.0	37.0	0.0	37.0	1.1	2.0
8	.3	20.0	3.4	36.0	.7	33.0	0.0	37.0	0.0	37.0	1.5	2.0
9	.5	18.0	3.2	36.0	.7	1.0	37.0	0.0	0.0	37.0	1.6	1.0
10	2.9	1.0	2.1	2.0	0.0	37.0	0.0	38.0	0.0	37.0	.7	4.0
11	4.1	1.0	3.1	2.0	0.0	37.0	0.0	4.0	0.0	37.0	0.0	37.0
12	4.8	36.0			0.0	37.0	0.0	38.0	.6	38.0	.6	17.0
13	5.2	1.0	1.8	2.0	0.0	37.0	0.0	37.0	0.0	37.0	1.5	16.0
14	4.9	1.0	0.0	37.0	0.0	37.0	0.0	37.0	0.0	37.0	1.5	16.0
15	4.1	1.0	0.0	37.0	.6	17.0	0.0	37.0	1.2	16.0	.9	17.0
16	3.3	2.0	0.0	37.0	0.0	37.0	0.0	37.0	1.0	21.0	0.0	37.0
17	2.3	36.0	0.0	37.0	0.0	37.0	0.0	37.0	0.0	37.0	0.0	37.0
18	2.8	36.0	0.0	37.0	0.0	37.0	0.0	37.0	0.0	37.0	0.0	37.0
19	3.6	2.0	0.0	37.0	0.0	37.0	0.0	37.0	1.0	19.0	.9	18.0
20	4.5	2.0	.7	1.0	0.0	37.0	0.0	37.0	0.0	37.0	1.4	18.0
21	3.5	2.0	0.0	37.0	0.0	37.0	0.0	37.0	.8	36.0	1.0	19.0
22	4.6	2.0	0.0	37.0	0.0	37.0	0.0	37.0	0.0	37.0	0.0	37.0
23	5.1	2.0	0.0	37.0	0.0	37.0	0.0	37.0	.7	1.0	0.0	37.0
24	2.1	2.0	0.0	37.0	0.0	37.0	0.0	37.0	1.4	1.0	.7	18.0

VIND-DATA
 PAR 3 VINDSTYRKE M/S
 PAR 4 VINDRETNING DEKAGRADER

STRANDFOSSEN

DATE	240282	240282	250282	250282	260282	260282	270282	270282	280282	280282	10382	10382	20382	20382
TIME	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4
1	1.3	19.0	1.4	2.0	.6	18.0	2.5	19.0	2.4	17.0	0.0	37.0	.7	28.0
2	1.4	19.0	1.9	1.0	0.0	37.0	2.8	20.0	2.1	17.0	0.0	37.0	0.0	37.0
3	1.5	19.0	1.1	1.0	0.0	37.0	2.6	19.0	2.0	15.0	.7	18.0	.6	30.0
4	0.0	37.0	2.4	1.0	0.0	37.0	1.8	19.0	1.9	18.0	0.0	37.0	.6	34.0
5	0.0	37.0	3.6	1.0	0.0	37.0	1.6	19.0	1.6	18.0	0.0	37.0	0.0	37.0
6	0.0	37.0	3.1	1.0	0.0	37.0	1.2	19.0	2.0	18.0	0.0	37.0	0.0	37.0
7	.6	19.0	2.9	1.0	0.0	37.0	1.8	19.0	2.2	17.0	.8	20.0	0.0	37.0
8	.6	38.0	2.5	1.0	0.0	37.0	3.0	18.0	2.3	17.0	1.3	19.0	.7	26.0
9	1.1	2.0	1.8	36.0	0.0	37.0	3.2	18.0	2.3	17.0	.8	18.0	1.0	27.0
10	.9	2.0	1.9	1.0	0.0	37.0	2.8	19.0	2.6	17.0	.8	18.0	.7	23.0
11	0.0	37.0	1.1	1.0	0.0	37.0	4.2	19.0	2.5	17.0	1.0	17.0	.8	17.0
12	0.0	37.0	1.8	2.0	.7	18.0	4.3	19.0	2.8	17.0	.8	17.0	1.0	21.0
13	.7	18.0	1.3	38.0	1.2	19.0	3.9	19.0	2.0	17.0	0.0	37.0	1.6	24.0
14	.7	17.0	1.2	23.0	1.8	18.0	3.8	19.0	2.5	17.0	1.1	18.0	1.7	27.0
15	.7	18.0	.9	25.0	2.7	19.0	3.7	19.0	2.7	16.0	2.2	18.0	1.1	27.0
16	.6	17.0	0.0	37.0	3.7	19.0	3.8	18.0	2.3	18.0	1.6	18.0	0.0	37.0
17	.6	17.0	0.0	37.0	2.2	19.0	2.5	18.0	1.0	18.0	1.3	19.0	.6	25.0
18	.8	18.0	0.0	37.0	1.6	20.0	2.9	18.0	0.0	37.0	.8	19.0	0.0	37.0
19	1.1	19.0	0.0	37.0	1.0	20.0	2.8	18.0	0.0	37.0	0.0	37.0	0.0	37.0
20	0.0	37.0	0.0	37.0	2.2	19.0	2.9	18.0	0.0	37.0	.7	16.0	0.0	37.0
21	0.0	37.0	0.0	37.0	2.7	19.0	3.5	19.0	.9	18.0	0.0	37.0	0.0	37.0
22	0.0	37.0	0.0	37.0	1.8	19.0	3.7	19.0	0.0	37.0	0.0	37.0	0.0	37.0
23	0.0	37.0	.8	17.0	2.8	19.0	3.1	19.0	0.0	37.0	0.0	37.0	0.0	37.0
24	0.0	37.0	.8	19.0	2.8	19.0	2.7	18.0	0.0	37.0	0.0	37.0	.8	19.0

VIND-DATA

PAR 3 VINDSTYRKE M/S
PAR 4 VINDRETNING DEKAGRADER

STRANDFOSSEN

DATO	30382	30382	40382	40382	50382	50382	60382	60382	70382	70382	80382	80382	90382	90382
TIME	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4
1	1.2	19.0	1.7	2.0	0.0	37.0	0.0	37.0	4.0	19.0	2.0	19.0	1.3	1.0
2	0.0	37.0	2.0	36.0	0.0	37.0	.6	36.0	3.6	19.0	2.0	19.0	.8	1.0
3	0.0	37.0	2.9	1.0	0.0	37.0	.7	36.0	3.3	19.0	1.3	18.0	1.1	1.0
4	0.0	37.0	4.1	36.0	0.0	37.0	0.0	37.0	3.1	19.0	1.7	17.0	1.9	3.0
5	1.5	1.0	4.3	36.0	0.0	37.0	0.0	37.0	4.3	19.0	2.0	17.0	1.2	1.0
6	2.9	1.0	4.1	36.0	.6	2.0	0.0	37.0	4.1	19.0	2.7	17.0	.9	2.0
7	3.5	1.0	4.9	36.0	.6	36.0	.6	2.0	3.1	19.0	2.6	17.0	0.0	37.0
8	3.6	1.0	4.3	1.0	.6	3.0	0.0	37.0	2.7	19.0	2.5	17.0	0.0	37.0
9	3.5	1.0	4.7	1.0	1.1	1.0	0.0	37.0	1.7	20.0	2.3	17.0	0.0	37.0
10	3.3	1.0	4.7	1.0	3.1	35.0	0.0	37.0	2.0	20.0	2.7	17.0	0.0	37.0
11	2.7	2.0	4.9	1.0	2.7	35.0	1.1	19.0	2.0	20.0	2.8	17.0	0.0	37.0
12			4.6	36.0	2.3	35.0	1.9	19.0	2.0	20.0	3.1	18.0	0.0	37.0
13	3.7	1.0	4.0	1.0	2.5	33.0	2.7	19.0	2.0	21.0	2.5	19.0	0.0	37.0
14	2.8	1.0	3.0	1.0	2.6	35.0	3.0	18.0	2.0	22.0	2.5	16.0	0.0	37.0
15	1.3	3.0	2.7	1.0	2.0	35.0	2.3	19.0	2.1	20.0	1.5	13.0	1.6	17.0
16	1.9	11.0	1.3	36.0	2.5	35.0	3.2	19.0	2.7	17.0	1.2	14.0	1.5	19.0
17	1.4	11.0	.9	2.0	1.9	34.0	2.9	19.0	2.3	17.0	.6	21.0	.7	19.0
18	1.3	11.0	.7	34.0	1.0	38.0	2.9	19.0	1.1	17.0	0.0	37.0	0.0	37.0
19	1.2	9.0	0.0	37.0	1.2	38.0	3.1	19.0	.7	19.0	0.0	37.0	.8	21.0
20	1.0	7.0	0.0	37.0	1.5	35.0	2.6	19.0	.7	18.0	0.0	37.0	1.5	19.0
21	1.5	8.0	0.0	37.0	1.1	36.0	3.5	19.0	.6	18.0	.9	1.0	2.2	19.0
22	1.6	9.0	0.0	37.0	1.0	36.0	3.8	19.0	0.0	37.0	.8	1.0	2.4	16.0
23	1.9	8.0	0.0	37.0	.9	36.0	3.5	19.0	0.0	37.0	1.3	1.0	1.7	16.0
24	1.5	5.0	0.0	37.0	0.0	37.0	3.9	19.0	1.4	18.0	1.2	1.0	2.5	16.0

VEDLEGG C

TEMPERATURDATA, ELVERUM BRANNSTASJON
1981 OG 1982. (ENHET: °C.)

AVLEST AV ELVERUM BRANNVESEN.

1981

Dato	Klokkeslett				Min. til neste dag
	08	12	16	20	
18.2.81	-17	-9	-6	-6	-9
19.2.	- 7	-5	-5	-9	-15
20.2	-16	-11	-8	-15	-23
21.2	-22	-14	-12	-20	-24
22.2	-25	-15	-10	-18	-21
23.2	-17	- 6	- 1	- 8	-17
24.2	- 6	- 3	- 3	- 4	- 7
4.3	- 8	- 3	0	- 4	-10
5.3	- 7	- 6	- 8	-13	-21
6.3	-17	- 9	- 8	-13	-13
7.3.81	- 9	- 7	- 6	- 7	-13

1982

Dato	Klokkelsett				Min. til neste dag
	08	12	16	20	
18.1.82	- 6	- 5	- 5	- 4	- 4
19.1	- 4	- 4	- 5	- 7	- 8
22.1	- 8	- 7	- 6	- 6	- 9
23.1	- 8	- 7	- 6	- 6	- 7
27.1	-18	-12	-13	-14	-21
28.1	-20	-11	- 9	- 9	- 8
29.1	- 8	- 9	-12	-14	-14
30.1	-12	- 9	-10	- 8	-17
31.1	-17	-11	- 6	-14	-17
1.2	-12	- 8	- 7	- 6	- 2
2.2	- 2	0	0	0	0
3.2	0	0	0	- 3	- 6
4.2	- 5	- 4	- 5	- 6	- 9
4.2	- 9	- 8	- 9	- 9	-10
6.2	- 8	-12	- 7	- 7	- 7
8.2	-12	- 9		- 9	-14
9.2	- 3	- 1	+ 1	- 2	- 3

1982 forts.					
Dato	Klokkeslett				Min. til neste dag
	08	12	16	20	
10.2	0	+ 2	0	0	- 1
11.2	+ 1	+ 2	+ 2	+ 2	+ 2
12.2	+ 2	+ 2	+ 2	0	- 1
17.2	-11	- 2	- 2	- 5	-13
18.2	-12	- 8	- 4	-11	-17
19.2	-18	-10	-12	-13	-19
20.2	-20	-11	- 6	-13	-22
21.2	-21	-10	-10	-15	-21
22.2	-22	-12	- 5	-16	-17
23.2	-16	-13	-11	-12	-11
5.3	- 9	+ 1	+ 3	- 6	-16
6.3	-14	- 2	+ 1	0	- 1
7.3	+ 1	+ 4	+ 4	+ 2	- 1
8.3.82	- 2	+ 2	+ 1	- 1	- 10

VEDLEGG D

MÅLERESULTATER FOR ELVERUM, VINTEREN 1981

Prøve	Dato	Middel- temp. °C	Respirable partikler µg/m ³	SO ₄ -S	Pb ng/m ³	K	Fe	Total C µg/m ³	Karbon fra bio- masse % av total C
1	18-19.2	-7	3,7	230	21	17	<2		
2	19-20.2	-11	11	810	116	39	16		
3	21-22.2	-19	25	1320	164	106	18	9,0	78
4	22-23.2	-14	32	1030	426	175	47	14	63
5	23-24.2	-7	9,5	1330	59	61	36	7,4	40
6	4- 5.2	-7	9,0	790	98	79	21	3,6	44
7	6- 7.3	-10	22	890	312	94	32	11	58

VEDLEGG E

Konsentrasjon av PAH på partikler (< 3 µm) i Elverum og Strandfossen (ng/m³), 1982

Prøve nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	21	22
BICYCLIC																		
1 Naphthalene	.07	.63	.36		.38	.20	.07	.01	.03	.07	.06	.16		.19			.15	.39
2 2-Methyl naphthalene	.02	.05	.04		.02	.01	.05		.03	.04		.04		.02			.07	.01
3 1-Hochyl naphthalene	.02	.06	.04	.04	.05	.01	.02	.14	.02	.03		.03	.01	.04			.02	.03
4 Biphenyl	.00	.03	.01	.11	.13				.01	.01		.02	.03	.04			.01	.01
Sum identified bicyclic	.11	.77	.42		.44	.22	.15		.07	.15	.45	.25		.24			.31	.44
PAH																		
5 Acenaphthylene	.05	.19	.09		.07	.02	.01	.01	.01	.02	.01	.02		.05	.04		.06	.05
6 Acenaphthene	.24	.06	.04		.02	.02	.02	.02	.02	.03		.03		.04			.01	.02
7 Fluorene	.06	.22	.04	.04	.05		.02	.14	.02	.04		.04	.01	.04			.08	.02
8 2-Methylfluorene	.01	.81	.19	.11	.13				.01	.01		.01	.01	.04			.01	.02
9 1-Methylfluorene	.01	.62	.17	.10	.10							.02	.03	.02			.01	.02
10 Phenanthrene	1.39	42.00	8.79	12.18	5.32	.29	.44	.46	.29	.19	.50	.66	2.62	3.40	3.26	3.42	2.16	2.36
11 Anthracene	.07	6.57	1.39	1.42	.51			.01	.01			.26	.33	.21	.28	.28	.06	.27
12 2-Methylphenanthrene	.20	6.90	1.86	3.78	1.80	.08	.09	.10	.07	.06	.11	.24	.30	.84	.24	.39	.24	.39
13 2-Methylanthracene	.29	8.99	2.51	5.70	2.07	.10	.10	.14	.09	.08	.13	.34	1.18	1.02	1.34	1.10	.25	.57
14 2-Methylphenanthrene	.01	1.60	.38	.84	.25	.01	.01	.01	.01	.02	.01	.04	.14	.09	.13	.10	.01	.05
15 4,5-Methylenephenanthrene	.19	6.36	1.67	3.59	.83	.04	.05	.06	.04	.05	.05	.14	.74	.62	.83	.79	.16	.41
16 4- and/or 9-ethylphenanthrene	.10	2.94	.71	2.15	1.13	.07	.05	.06	.06	.13	.06	.13	.42	.25	.61	.38	.08	.22
17 1-Methylphenanthrene	.30	8.67	2.12	6.04	1.74	.12	.14	.18	.08	.12	.13	.30	1.24	1.09	1.37	1.38	.44	.76
18 Fluoranthene	6.96	76.32	31.41	88.49	26.11	3.50	2.87	4.52	3.32	2.36	2.91	6.49	20.69	18.87	25.67	26.67	6.55	14.36
19 Benz(s)acenaphthylene	.84	22.06	5.60	21.68	5.29	.43	.24	.55	.43	.27	.27	3.22	3.22	2.26	2.69	2.91	7.78	2.47
20 Pyrene	8.06	64.46	30.38	79.15	32.00	5.11	3.33	4.73	3.84	2.25	2.25	7.51	20.24	17.90	26.55	24.80	5.47	14.10
21 Ethylmethylphenanthrene	1.01	9.13	3.78	11.97	3.66	.58	.66	.93	.63	.66	.46	1.08	3.13	3.36	2.98	3.24	.78	2.30
22 Benzo(a)fluorene	2.37	20.21	8.98	24.94	10.54	1.93	.72	2.87	2.13	1.11	.89	3.22	8.17	5.36	2.05	6.74	.34	4.84
23 Benzo(b)fluorene	1.24	8.23	3.58	22.92	3.96	1.07	.31	1.12	1.26	.62	.48	1.40	3.18	1.92	2.59	3.30	.89	1.48
24 4-Methylpyrene	.75	4.92	2.65	8.43	3.78	.50	.19	.96	.49	.32	.22	.78	1.93	1.42	2.08	1.87	.44	1.35
25 2-Methylpyrene and/or Methylfluoranthene	.61	5.62	2.32	7.48	2.98	.59	.19	.93	.57	.34	.22	.94	2.23	1.36	2.28	1.87	.31	1.29
26 1-Methylpyrene	1.29	9.22	5.54	13.99	7.31	1.96	1.11	2.66	2.04	2.40	.71	2.74	4.71	2.53	5.83	3.18	1.32	2.30
27 Benzo(ghi)fluoranthene	.23	1.18	.54	1.69	.58	.11	.59	.47	.17			.04	.21	.30	.88	.30	.15	.36
28 Benzo(c)phenanthrene	1.40	18.86	7.47	25.76	18.08	1.92	.69	1.63	1.66	.94	.94	1.99	5.26	1.92	4.45	11.57	.96	2.74
29 Cyclopenta(c)pyrene	2.21	14.47	7.89	21.91	9.63	3.34	.98	4.85	2.60	1.45	.96	3.64	7.56	3.89	7.90	15.38	1.59	4.52
30 Benz(b)anthracene	3.82	17.81	11.69	27.09	14.05	5.45	2.32	8.16	3.85	3.24	3.27	5.68	9.31	5.50	13.44	8.19	5.67	6.46
31 Chrysene and Triphenylene																		
32 Benzo(k)fluoranthene	7.83	29.08	13.20	35.14	23.47	7.54	3.74	8.56	5.64	4.69	5.32	7.84	14.45	8.67	11.03	1.51	6.98	8.34
33 Benzo(j)fluoranthene	2.09	8.94	3.94	11.77	7.08	1.92	.76	2.54	1.90	1.36	1.61	3.00	5.83	2.45	3.69	5.14	1.74	2.25
34 Benzo(i)fluoranthene	1.63	12.87	4.98	16.17	8.93	1.99	.55	2.74	1.71	1.01	1.10	2.84	6.29	2.91	4.73	6.39	.97	3.05
35 Benzo(e)pyrene	.17	1.24	.44	2.47	1.30	.12	.05	3.75	.13	.98	.08	.35	1.34	.19	.99	.74	.03	.24
36 Perylene	1.93	8.74	4.29	11.03	7.79	2.10	.88	2.57	1.54	1.34	1.48	3.03	5.54	2.40	3.95	5.17	1.89	2.24
37 Indeno(1,2,3-cd)pyrene	.22	1.00	.45	1.49	.79	.16	.06	.39	.18	.06	.20	.38	.79	.26	.57	.90	.14	.30
38 Dibenz(a,c and/or h)anthracene	2.54	11.81	6.26	14.13	11.35	4.33	1.68	2.98	1.10	2.68	2.10	4.69	7.39	3.37	5.79	6.94	2.71	2.74
39 Benzo(ghi)perylene	.26	2.97	1.20	4.05	2.84	.50	.10	5.1	2.25	.28	.28	.79	1.69	.57	1.14	1.52	.09	.57
40 Anthanthrene	1.11	6.39	3.46	7.45	7.16	1.90	.57	1.20	1.07	1.29	.91	2.77	4.38	1.64	3.22	3.79	.96	1.13
41 Coronene	51.39	441.47	179.97	494.32	222.21	47.78	23.38	60.85	41.45	29.90	27.70	64.09	145.17	95.97	143.05	148.31	44.33	84.03
Sum identified PAH																		
OTHER PAH																		
a Dibenzofuran	.03	.04		.18	.19	.01	.03	.03	.02	.02		.02	.04	.06		.01	.03	.04
b Dibenzothiophene	.04	.97	.17	.03	.03	.01	.01	.01	.01	.01	.05	.03	.06	.06		.07	.13	.04
c Carbazole		.04	.02	.03	.03	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01		.01	.01	.01
d Benzo(duf)benzochlorophene	.10	1.77	1.03	2.15	.91		.03	.05	.04	.03	.06	.32	.91	.57	.30	.83	.26	.11
e Benzo(b)anthracene		.66	.27	.57			.07	.11	.08	.07	.19	.16	.17	.10	.29	.11	.23	.07
f Benzo(b)fluoranthene	.12			.08			.08	.22	.07	.13	.11	.06	.06	.01	.04	.82	.30	.11
g Benzo(cd)pyrene-6-one																		
Sum identified Other PAH	.29	3.48	1.49	3.01	1.13	.13	.14	.42	.21	.25	.41	.60	1.19	.76	.69	1.85	.95	.34
Sum identified Bicyclic, PAH and Other PAH	51.79	445.72	181.88	497.33	223.78	68.13	23.67	61.27	41.71	30.30	28.56	64.94	146.36	96.97	143.74	150.16	45.59	85.41
Ketene	2.46	17.55	5.47	22.92	7.59	1.03	1.38	2.43	0.93	0.65	0.78	3.93	8.07	6.07	6.64	8.13	0.82	5.18

? Identification based on earlier mass spectrometric data; not verified due to the lack of commercially available standards

* High relative standard deviation

VEDLEGG F
MÅLERESULTATER FOR TOTALT KARBON OG
KARBON FRA BIOMASSE, 1982

Målingene er utført av National Bureau of Standards,
Washington D.C.

Målested	Prøve	Totalt karbon $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Karbon fra biomasse $\mu\text{g}/\text{m}^3$	%
Elverum	3	15	9,3	63 (± 3)
	4	50	39	78 (± 4)
	5	30	19	64 (± 3)
	6	9,0	5,8	64 (± 6)
	7	5,1	1,6	32 (± 11)
	11	6,9	4,3	62 (± 9)
	12	12	6,4	54 (± 6)
	13	26	17	65 (± 3)
	14	22	18	83 (± 7)
	15	25	17	67 (± 4)
Strandfossen	21	11	2,9	26 (± 4)
	22	10	6,1	61 (± 10)

VEDLEGG G

KONSENTRASJON AV SULFAT OG METALLER (NG/M³),
ELVERUM OG STRANDFOSSEN, JANUAR-FEBRUAR 1982.

Målested	Prøve	SO ₄ -S	Pb	Cd	K	Mn	Ni	Cr	V	As	Fe	Al	
Elverum	3	730	263	0,52	121	4	1	0,4	<2	0,6	20	<20	
	4	1540	607	3,3	424	6	<1	0,4	<2	5,2	33	<20	
	5	1620	497	1,3	328	10	1	0,6	2	1,6	62	100	
	6	2710	213	0,64	197	4,5	2	<0,2	8	1,6	27	60	
	7	2800	54	0,54	218	6	3	0,2	6	2,0	33	<20	
	8	2060	57	0,49	265	6	3	0,4	4	1,4	32	20	
	9	1620	162	0,33	123	8,5	1	0,4	2	1,6	75	60	
	10	1660	138	0,35	55	4	<1	0,2	2	1,7	12	<20	
	11	2320	160	0,84	140	6,5	3	0,4	14	2,2	72	40	
	12	910	262	2,6	179	4,5	<1	<0,2	2	5,2	57	30	
	13	1300	547	0,97	246	8	<1	<0,2	2	1,7	179	90	
	14	1490	325	0,57	231	2,5	1	0,2	2	1,9	56	60	
	15	1410	419	0,62	245	4	1	0,2	2	3,0	110	60	
	16	1420	214	0,78	185	7	1	0,4	4	6,3	910	70	
	Strandfossen	21	5340	94	1,2	339	15,5	6	2	17	6,3	150	40
		22	310	70	0,31	99	2	1	0,6	<2	0,5	59	20
24		350	18	0,18	48	2,5	2	0,6	<2	0,1	33	40	

VEDLEGG H

KONSENTRASJON AV BENZEN, TOLUEN OG XYLENER ($\mu\text{G}/\text{M}^3$),

ELVERUM OG STRANDFOSSEN, JANUAR-MARS 1982.

(B = BENZEN, T = TOLUEN, X = XYLENER: O = O-XYLEN,
M = M-XYLEN, P = P-XYLEN.)

Målested	Prøve	Dato	B	T	X	o	m	p
Elverum	3	30-31.1	30	64	52	13	26	13
	4	31.1-1.2	15	47	39	9,5	20	9,6
	5	1- 2.2	26	56	51	13	25	13
	6	2-3.2	15	33	30	7,1	15	7,9
	7	3-4.2	11	19	14	3,4	7,4	3,5
	14	20-21.2	18	33	31	7,7	15	7,9
	15	21-22.2	22	38	33	8,3	16	8,2
Strandfossen	21	18-19.1		25	17	3,1	8,4	5,3
	22	27-28.1		5,3	3,0	0,5	1,5	1,0
	23	28-29.1		4,2	2,3	0,4	1,6	0,3
	24	29-30.1		4,6	3,1	0,5	1,7	0,9
	25	1- 2.2		5,6	5,2	0,9	2,5	1,9
	26	3- 4.2		13	17	2,7	6,9	7,4
	27	4- 5.2		5,6	7,4	1,2	3,8	2,4
	28	5- 6.2	5,5	6,7	9,7	1,5	5,4	2,8
	29	19-20.2	3,7	5,2	7,5	1,5	3,6	2,4
	30	20-21.2	2,6	4,3	19	4,6	10	4,2
	31	5- 6.3	0,9	2,3	7,8	1,7	4,3	1,8
	32	6- 7.3	1,2	2,0	4,3	1,5	2,0	0,8
	33	7-8.3	2,5	5,0	11	4,9	2,9	3,4

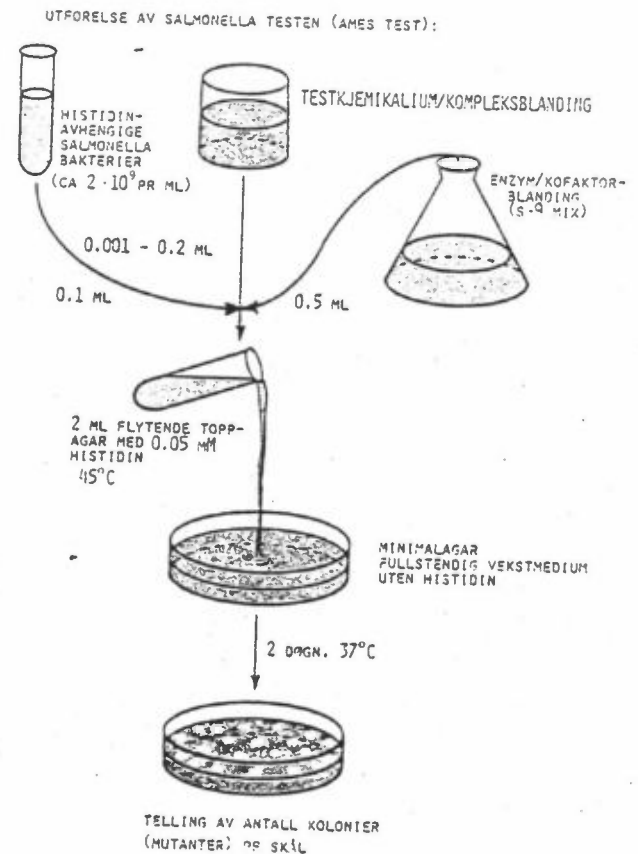
VEDLEGG I
MUTAGENITETSTESTING

MUTAGENITETSTESTING HVA ER AMES' TEST?

Ames' test (Salmonella-testen) benyttes til orienterende undersøkelser av stoffers mutagene (arvestoffskadende), eventuelt kreftfremkallende virkning. Ved forsøk er det funnet at 80-90% av de stoffer som er kreftfremkallende i dyreforsøk, også er mutagene i Ames' test. Metoden er en korttidstest med Salmonella-bakterier, utviklet av Bruce Ames, Berkeley, California.

Det anvendes spesielle Salmonella-bakterier, som mangler evnen til å gro uten aminosyren histidin, dvs bakteriene formerer seg ikke i fravær av histidin. For å vokse og danne kolonier på et histidin-fritt medium, må bakteriene gjennomgå en mutasjon. Et mutagent stoff vil føre til at et økt antall kolonier vokser opp.

Mange stoffer virker som aktive mutagener eller karsinogener først etter omdanning (metabolisering) i kroppen (indirekte mutagener). Bakterier, som har et meget enklere enzymesystem enn pattedyr, vil normalt ikke metabolisere indirekte mutagener. For å simulere betingelsene i pattedyr, aktiveres testsubstansen ved tilsetning av et leverenzympreparat fra rotter til testsystemet.



HVORDAN TESTES PRØVER I PRAKSIS?

Metoden utføres som beskrevet av Ames et al. (Mutation Research 31, 1975, 347).

Rent eksperimentelt gjøres følgende:

Til et reagensrør med 2 ml smeltet toppagar (45°C) tilsettes 0.1 ml bakteriekultur (ca 10⁸ celler) og testsubstans. Det hele blandes raskt og helles over på vekstplater. (Minimalplater kun tilsatt spor av histidin for igangsettelse av vekst.) Til halvparten av skålene tilsettes leverenzymblanding (S9-mix), 25 mg protein/plate. Platene inkuberes ved 37°C, og etter 2 døgn telles antall kolonier (mutanter) på platene. Et vanlig krav til positivt resultat er en fordobling av antall revertanter i forhold til bakgrunnen, eller en lineær doseavhengighet. Prøvene testes i 3-5 doser, med to paralleller pr dose.

For å kontrollere antall spontanmutasjoner, inkluderes plater uten tilsatt av testsubstans. Som positive kontroller blir benzo(a)pyren (BaP) og 1-nitropyren (1NP) benyttet.

Mutagenitetstesting av filterprøver med Salmonella-stammen TA98,1982. Resultatene er uttrykt som netto kolonier pr plate, hvor spontanmutasjonene er trukket fra. Resultatene er middel av to paralleller.

Prøve	Netto revertanter pr plate TA98					
	20 µl		40 µl		60 µl	
	+S9	-S9	+S9	-S9	+S9	-S9
1	184	181	365	367	513	470
2	388	176	473	294	371	352
3	287	164	475	315	569	421
5	556	224	666	388	694	538
6	133	124	289	234	520	342
9	96	65	192	133	329	191
10	54	49	150	136	206	197
14	267	192	446	358	559	480
21	506	676	1199	1371	1545	1727
22	166	104	300	192	471	352
(blind)	-13	-10	0	- 5	1	- 6
Spontan- mutasjoner	66	63				
5 µg BaP	573					
100 ng 1NP		352				

Mutagenitetstesting av filterprøver med Salmonella-stammen TA100, 1982.

Prøve	Netto revertanter pr plate TA100							
	10 µl		20 µl		30 µl		40 µl	
	+S9	-S9	+S9	-S9	+S9	-S9	+S9	-S9
1	59	96	128	128	245	273		
2	356	412	464	643	518	892		
3	156	161	273	246	412	451		
5	195	205	387	439	568	764		
6	46	94	146	104	289	191		
9			126	99	204	136	287	193
10			71	47	112	96	213	179
14	130	97	203	211	309	362		
21	135	211	358	413	631	728		
22			194	141	336	309	454	431
Spontan- mutasjoner			98	114				
5 µg BaP			1299					
1 µg lNP				574				



NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING

NILU

(NORGES TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FORSKNINGSRÅD)
 POSTBOKS 130, 2001 LILLESTRØM
 ELVEGT. 52.

TLF. (02) 71 41 70

RAPPORTTYPE OPPDRAGSRAPPORT	RAPPORT NR. OR 54/82	ISBN--82-7247-355-0
DATO DESEMBER 1982	ANSV.SIGN. B. Ottar	ANT. SIDER 73
TITTEL Luftforurensning fra vedfyring. Målinger i Elverum vintrene 1981 og 1982		PROSJEKTLEDER J. Schjoldager
		NILU PROSJEKT NR. 26181
FORFATTER(E) Thomas Ramdahl Jørgen Schjoldager Jan Erik Hanssen Mona Møller		TILGJENGELIGHET** A
		OPPDRAGSGIVERS REF.
OPPDRAGSGIVER Statens forurensningstilsyn, Norge Statens naturvårdsverk, Sverige		
3 STIKKORD (å maks. 20 anslag)		
Vedfyring	Elverum	Partikler
REFERAT (maks. 300 anslag, 5-10 linjer)		
<p>Det er målt partikler på en stasjon i Elverum tettsted vintrene 1981 og 1982 og på en stasjon utenfor tettstedet vinteren 1982. Det ble dessuten målt benzenderivater vinteren 1982. Partikkelprøvene er analysert med hensyn på PAH-stoffer, harpikssyrer, karbon, sulfat, metaller og mutagenitet. Resultatene tyder på at vedfyring bidrar atskillig til luftforurensninger i Elverum om vinteren.</p>		
TITLE Air pollution from wood combustion. Winter measurements in Elverum 1981-82.		
ABSTRACT (max. 300 characters, 5-10 lines.)		
<p>Measurements of respirable particles (cut-off 3,0 µm) and benzene have been carried out in Elverum. The particles have been analysed with respect to PAH and other organic compounds, carbon (total and biomass-), sulphate, metals and mutagenicity. The results indicate a considerable contribution from the combustion of wood.</p>		

**Kategorier: Åpen - kan bestilles fra NILU A
 Må bestilles gjennom oppdragsgiver B
 Kan ikke utleveres C