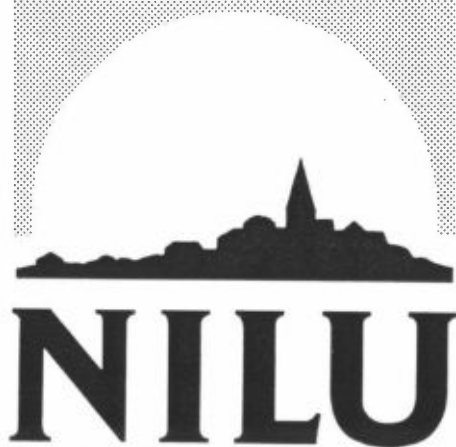


NILU : TR 11/96
REFERANSE : E-96012
DATO : JULI 1996
ISBN : 82-425-0774-0

**Beregning av bidrag fra
vedfyring til
luftforurensning i
Hamar, Lillehammer og
Gjøvik**

Jørgen Schjoldager



Norsk institutt for luftforskning
Norwegian Institute for Air Research
Postboks 100 - N-2007 Kjeller - Norway

Innhold

	Side
Sammendrag	3
1. Innledning	5
2. Kalium som sporstoff for vedfyring	5
3. Beregnede bidrag fra vedfyring til partikkelkonsentrasjoner	7
4. Utslipp fra vedfyring av partikler	10
5. Utslipp fra vedfyring av formaldehyd og polisykliske organiske hydrokarboner	10
5.1 Formaldehyd (HCHO).....	10
5.2 Polisykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)	10
6. Beregnede bidrag fra vedfyring av formaldehyd (HCHO) og polisykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)	11
7. Andre organiske forbindelser fra vedfyring	12
8. Diskusjon	13
9. Konklusjon	13
10. Referanseliste.....	14

Sammendrag

Vedfyring har fått økt oppmerksomhet i de siste 10-20 åra på steder med mye tilgjengelig trevirke. Salg av vedovner har hatt en sterk økning siden prisøkningene på olje i 1970-åra.

I Norge er elektrisitet ennå relativt billig og lett tilgjengelig for boligoppvarming, slik at det ikke uten videre er sikkert at økt salg av ovner har ført til en like stor økning i bruken av dem. Bruken av ved vil også være avhengig av prisen på flytende brensel. Men det er grunn til å anta at med økte priser på olje og elektrisitet vil vedfyring kunne bli mer aktuelt også i vårt land. Særlig gjelder dette steder der ved kan skaffes billig ved sjølhogst.

I 1950- og 1960-åra avtok forbruket av ved kraftig. Fra 1970-åra økte forbruket igjen, bl.a. som følge av økte energipriser. I 1980- og 1990-åra økte forbruket neppe ytterligere, bl.a. fordi oljeprisene var lavere etter 1986.

Hensikten med dette prosjektet har vært å undersøke om tilgjengelige målinger kunne fortelle noe om vedfyringen i andre tettsteder, og eventuelt noe om størrelsen på bidraget til luftforurensninger. Vi valgte å dra nytte av SFTs overvåkingsprogram i byer og tettsteder og velge ut prøver fra steder i innlandsbyer i Sør-Norge. En gjennomgang av oppbevarte filtre viste at disse stedene syntes best egnet:

Hamar:	Bekkelivegen
Lillehammer:	Brannstasjonen
Gjøvik:	Blinken

Prøver ble valgt ut for én måned, januar 1992. Vi antok at kalium var et entydig sporstoff for vedfyring, og at partikler i vedrøyk inneholdt 0,8% kalium.

På grunnlag av målinger av kalium og sot kunne vi ikke beregne pålitelige bidrag fra vedfyring. Vi kunne heller ikke finne at sotmålinger generelt kan brukes til å beregne konsentrasjoner av respirable partikler eller PM_{2,5} (partikler med diameter mindre enn 2,5 µm).

Beregnete middelkonsentrasjoner av formaldehyd fra vedfyring var følgende:

Hamar, Bekkelivegen:	1,9 µg/m ³
Lillehammer, Brannstasjonen:	4,1 µg/m ³
Gjøvik, Blinken:	2,3 µg/m ³

Beregnete konsentrasjoner av formaldehyd fra vedfyring stemte brukbart overens med målinger vinteren 1984 i et småhusområde med mye vedfyring i Aurskog, Akershus.

Beregnete middelkonsentrasjoner av polisykliske aromatiske hydrokarboner fra vedfyring var følgende:

Hamar, Bekkelivegen:	75 ng/m ³
Lillehammer, Brannstasjonen:	164 ng/m ³
Gjøvik, Blinken:	94 ng/m ³

Beregnete konsentrasjoner av PAH fra vedfyring var atskilling lavere enn det som ble målt i Elverum vinteren 1983 i et nyere rekkehusområde basert på elektrisk oppvarming supplert med vedfyring. Vi har ikke noen sikker forklaring på dette.

Beregning av bidrag fra vedfyring til luftforurensning i Hamar, Lillehammer og Gjøvik

1. Innledning

Vedfyring har fått økt oppmerksomhet i de siste 10-20 åra på steder med mye tilgjengelig trevirke. Salg av vedovner har hatt en sterk økning siden prisøkningene på olje i 1970-åra.

I Norge er elektrisitet ennå relativt billig og lett tilgjengelig for boligoppvarming, slik at det ikke uten videre er sikkert at økt salg av ovner har ført til en like stor økning i bruken av dem. Bruken av ved vil også være avhengig av prisen på flytende brensel. Men det er grunn til å anta at med økte priser på olje og elektrisitet vil vedfyring kunne bli mer aktuelt også i vårt land. Særlig gjelder dette steder der ved kan skaffes billig ved sjølhogst.

I 1950- og 1960-åra avtok forbruket av ved kraftig. Fra 1970-åra økte forbruket igjen, bl.a. som følge av økte energipriser. I 1980- og 1990-åra økte forbruket neppe ytterligere, bl.a. fordi oljeprisene var lavere etter 1986.

Vi utførte målinger i tettstedet Elverum i 1981-83 og modellberegninger i 1986-87. Vi målte og beregnet konsentrasjoner i Elverum av bl.a. partikler, polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og kalium (K) (Schjoldager, 1995). Ved hjelp av analyse av isotopen karbon-14 fant vi at karbon fra biomasse utgjorde 56-89% av totalt karbon. Ved hjelp av analyse av kalium fant vi at vedfyring bidro til 34-65% av partikkelkonsentrasjonen. Beregningen baserte seg på at partikler i vedrøyk inneholder 0,8% kalium (Dasch, 1982).

En hensikt med dette prosjektet har vært å undersøke om analyse av kalium kunne fortelle noe om vedfyringen i andre tettsteder, og eventuelt noe om størrelsen på bidraget til luftforurensninger. Vi valgte å dra nytte av SFTs overvåkingsprogram i byer og tettsteder (Hagen, 1992) og velge ut prøver fra steder i innlandsbyer i Sør-Norge. En gjennomgang av oppbevarte filtre viste at disse stedene syntes best egnet:

Hamar:	Bekkelivegen
Lillehammer:	Brannstasjonen
Gjøvik:	Blinken

Prøver ble valgt ut for én måned, januar 1992. Partikler på filtre ble bestemt reflektometrisk på NILU og uttrykt som sot. Kalium ble analysert på NILU med ionekromatografi.

2. Kalium som sporstoff for vedfyring

Kalium slippes ut ved forbrenning av ved og annen biomasse. Vi kjenner ikke til andre antropogene kilder for kalium. Det er mulig at oppvirket vegstøv også kan

inneholde kalium, men vi har ikke data som eventuelt kan bekrefte dette. Soppsporer og pollen kan også ha betydning, men partiklene vil vanligvis være større enn partikler i vedrøyk. Utslipp av soppsporer og pollen vil antakelig være sterkt begrenset, særlig omkring nyttår, når den biologiske aktiviteten er liten, og bakken er dekt av snø.

Et kaliuminnhold på 0,8% i røykpartiklene er ikke en sikker størrelse, men en middelvei av flere målinger. Dasch (1982) har oppgitt disse seks verdiene for kaliuminnhold i røykpartikler:

“Hardwood” (mg/g):	7,7	10	og	13
“Softwood” (mg/g):	4,1	5,1	og	9,0

med en gjennomsnittsverdi på 8,15 mg/g eller avrundet til 0,8% (vekt). De seks verdiene for kaliuminnhold i røykpartikler varierte fra 4,1 mg/g til 13 mg/g, dvs mer enn en faktor på 3.

Vi har ikke opplysninger om fordelingen av vedslag til oppvarming i tettstedene, men vi vil anta at veden kan være en vilkårlig blanding av gran, furu, bjørk, or etc.

Analyse av kalium på partikkelprøver i tettsteder vil være enkelt og billig i forhold til analyse av isotopen karbon-14, som eventuelt måtte utføres av National Institute of Standards and Technology, Maryland, USA. For tettstedet Elverum pekte det i samme retning at 34-65% av partiklene kom fra vedfyring, som at 56-89% av totalt karbon var karbon fra biomasse.

Blyinnholdet i bensin har vist avtakende tendens gjennom 1980-åra, og salget av blyfri bensin har vært økende i den samme perioden. Krav om katalysator og blyfri bensin ble innført for personbiler fra og med modellåret 1989. Fra mars 1993 har oljeselskapet Statoil levert kaliumholdig bensin til erstatning for blyholdig bensin til eldre bilmodeller. I løpet av 1993 sluttet Statoil å levere blyholdig bensin. Andre oljeselskap har fulgt etter, og i 1995 har bare oljeselskapet Esso levert blyholdig bensin til eldre bilmodeller.

Statoil har opplyst at tilsetningen til bensin av kalium til erstatning for bly er 8 mg/l. Av Statoils salg av bensin i 1995 var ca. 22% kaliumholdig. Denne andelen faller med ca. 5 prosentenheter årlig (Vakstad, 1996).

Fordi bensin til eldre bilmodeller nå inneholder kalium, er det ikke lenger slik at kalium er et entydig sporstoff for vedfyring. Det vil dessuten være vanskelig å vite hvilke bensintyper som blir brukt i de ulike tettstedene. Dersom kalium skal kunne brukes som entydig sporstoff for vedfyring, må partikkelprøver være innsamlet seinest i 1992, dvs. før bensin inneholdt kalium.

Vi valgte derfor å bruke eksponerte filtre fra januar 1992 for de tre målestedene i henholdsvis Hamar, Lillehammer og Gjøvik.

3. Beregnede bidrag fra vedfyring til partikkelkonsentrasjoner

Vi kan forsøke å beregne hvilken andel av de målte partiklene som kommer fra vedfyring, ved å gjøre visse antakelser. Vi antar at kalium er et entydig sporstoff for vedfyring (egentlig fyring med ved og annen biomasse), og at partikler i utslipp fra vedfyring har et gjennomsnittlig innhold av kalium på 0,8% (vekt). Vi måler en middelkonsentrasjon av partikler $C(\text{partikler})$ og en middelkonsentrasjon av kalium $C(K)$ på et sted, som kan være påvirket av mange utslipp. Hvis vi måler de samme to parametrene Q i et utslipp fra vedfyring, skal vi få:

$$Q(K, \text{vedfyring}) / Q(\text{partikler}, \text{vedfyring}) = 0,008 \quad (1)$$

Vi kan uttrykke $C(\text{partikler}, \text{vedfyring})$ med følgende enkle likning ved å anta proporsjonalitet:

$$C(K, \text{vedfyring}) / C(\text{partikler}, \text{vedfyring}) = Q(K, \text{vedfyring}) / Q(\text{partikler}, \text{vedfyring}) \quad (2)$$

Vi forutsetter at $C(K, \text{vedfyring}) = C(K)$, dvs. at kalium er et entydig sporstoff for vedfyring. Vi får derfor:

$$C(\text{partikler}, \text{vedfyring}) = C(K) / 0,008 \quad (3)$$

Måleresultater for sot og kalium er gitt i tabell 1 nedenfor som middelverdier for januar 1992.

Tabell 1: Middelkonsentrasjoner av sot og kalium for januar 1992.

Målested	Sot ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Kalium ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Hamar, Bekkelivegen	17,0	0,150
Lillehammer, Brannstasjonen	27,8	0,329
Gjøvik, Blinken	20,5	0,187

Ved å beregne bidraget fra vedfyring til partikkelkonsentrasjoner på grunnlag av likning (3), får vi verdier som vist i tabell 2. Vi ser umiddelbart at de beregnede bidragene blir større enn de målte sotkonsentrasjonene.

Tabell 2: Beregnede bidrag fra vedfyring til partikkelkonsentrasjoner for januar 1992.

Målested	Beregnet bidrag til partikkelkonsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Hamar, Bekkelivegen	18,8
Lillehammer, Brannstasjonen	41,1
Gjøvik, Blinken	23,4

Hvis vi antar at måleresultatene er korrekte, er flere forklaringer mulige:

1. Det er andre kaliumkilder enn vedfyring.
2. Det gjennomsnittlige kaliuminnholdet i røykpartikler fra vedfyring er større enn 0,8%.
3. Sotkonsentrasjonen viser for lavt partikkelinnhold i lufta.

Hvis vi regner med at forekomsten i lufta av pollen og soppsporer er neglisjerbar, og at kalium ikke er brukt som tilsetning til bilbensin, kjenner vi ikke til andre kaliumkilder enn vedfyring.

En annen mulig forklaring er at det gjennomsnittlige kaliuminnholdet i røykpartikler har vært større enn 0,8%. Ifølge Dasch (1982) var gjennomsnittsinholdet 1,0% for "hardwood" og 0,6% for "softwood". Vi kjenner ikke til norske undersøkelser av kaliuminnhold i røykpartikler, men det er grunn til å anta at norske vedslag er nærmere "softwood" enn "hardwood". Vi har derfor ikke holdepunkter for å anta at det gjennomsnittlige innholdet av kalium i røykpartikler har vært større enn 0,8% i norske tettsteder, men det kan være mulig.

Vi vil se nærmere på siste forklaring, nemlig at sotkonsentrasjonen viser for lavt partikkelinnhold i lufta. Sotkonsentrasjonen bestemmes reflektometrisk, dvs. graden av sverting på filteret blir målt, og lysabsorpsjonen er avhengig av mengden av svarte partikler. Som referanse brukes en kalibreringskurve (OECD, 1964), der hovedkildene for luftforurensning har vært fyring med fossilt brensel, særlig olje og kull. Det er mulig at partikler fra vedfyring i norske tettsteder også kan ha lysere farge, som i enkelte fraksjoner av aske, selv om sotpartikler også her vil dominere svertingen. Vi har imidlertid ikke data som eventuelt kan bekrefte dette.

Da vi målte luftforurensninger på målestedet Strandstykket i Elverum i 1983, ble det plassert en sotmåler parallelt med målingene av partikler med diameter mindre enn 2,5 μm . I 1983 kalte vi partiklene for "respirable partikler". De tilsvarer omtrent det som seinere er kalt $\text{PM}_{2,5}$ (SFT, 1992).

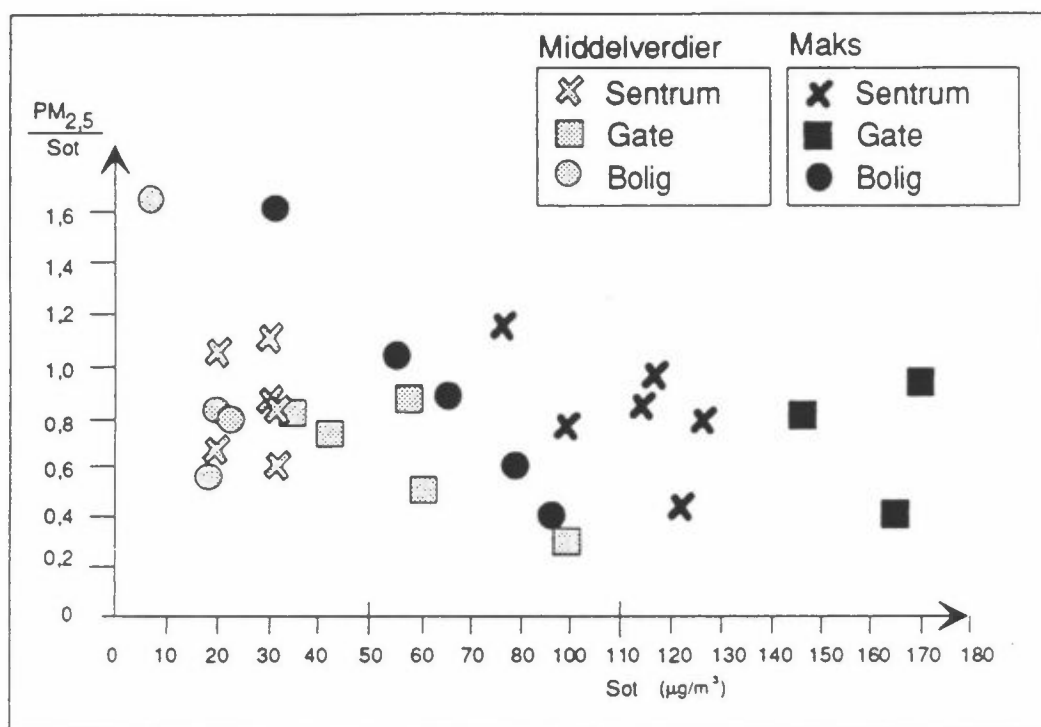
Vi målte systematisk lavere konsentrasjon av sot enn av respirable partikler, som vist i tabell 3. Det midlere forholdstallet mellom konsentrasjonen av respirable partikler og sot var 1,62.

Tabell 3: Måleresultater for respirable partikler og sot ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), Strandstykket, Elverum 1983 (Schjoldager, 1995).

	Kalde døgn		Milde døgn	
	Middelverdi	Maksimum	Middelverdi	Maksimum
Respirable partikler	62	78	35	40
Sot	42	49	20	22

Det kunne være fristende å korrigere de målte sotverdiene i tabell 1 med en faktor på 1,62. Da ville vi ha funnet at partikler fra vedfyring utgjorde 68-91% av mengden av respirable partikler.

Det viser seg imidlertid at pålitelige forholdstall mellom respirable partikler og sot ikke kunne finnes for andre tettsteder. Grønskei et al. (1992) har sammenliknet forholdstall mellom $PM_{2,5}$ og sot for ulike sotkonsentrasjoner i sju byer og tettsteder. Resultater er gjenngitt i figur 1. I bare to tilfeller var forholdstallet så høyt som ca. 1,6. I en rekke andre tilfeller var forholdstallet 1,0 eller lavere. Det var heller innen klar sammenheng mellom $PM_{2,5}$ og sot.



Figur 1: Forholdstall mellom $PM_{2,5}$ og sot som funksjon av sotkonsentrasjonen (Grønskei et al., 1992).

Ut fra disse målingene er det ikke grunnlag for å korrigere middelkonsentrasjonen av sot i Hamar, Lillehammer og Gjøvik, som vist i tabell 1. Det beregnede partikkelbidraget fra vedfyring (tabell 2) har vist seg å være større enn de målte sotkonsentrasjonene, og det blir derfor store usikkerheter ved å beregne partikkelbidraget fra vedfyring. Det blir dessuten vanskelig å bruke sotmålinger til å beregne pålitelige verdier av respirable partikler eller $PM_{2,5}$.

4. Utslipp fra vedfyring av partikler

Utslipp av partikler fra vedfyring vil kunne variere svært mye, avhengig av ovnstyper, fyringsvaner og vedens tilstand. Dasch (1982) har undersøkt utslippsfaktorer for i alt 18 vedslag. I alt ble 39 tester utført. Utslippsfaktorene varierte fra 1,5 g pr. kg ved (1,5 g/kg) til 20 g/kg. Det ble funnet en midlere utslippsfaktor på 10 g/kg.

I spredningsberegningene for Elverum i 1986–87 valgte vi å bruke en utslippsfaktor for partikler på 15 g/kg (Schjoldager, 1995).

I Norge er det satt utslippskrav for partikler fra nye ovner. Krav til partikkelutslipp er nå 10 g/kg for nye ovner uten katalysator og 5 g/kg for nye ovner med katalysator (NSF, 1994).

Som et gjennomsnitt for flere tettsteder i 1990-åra valgte vi å bruke en utslippsfaktor for partikler på 10 g/kg.

5. Utslipp fra vedfyring av formaldehyd og polysykliske organiske hydrokarboner

5.1 Formaldehyd (HCHO)

Utslipp av aldehyder fra fyring med ved og annen biomasse er undersøkt av Lipari et al. (1984), Milliken (1979) og NILU (1993). Lipari et al. (1984) bestemte aldehyder i utslipp fra åtte forbrenningsforsøk. I alt 12 aldehyder og ketoner ble bestemt. Av dette utgjorde formaldehyd 0,3–0,7 g pr. kg ved (0,3–0,7 g/kg), mens samlede aldehyder og ketoner utgjorde 0,6–2,3 g/kg.

Milliken (1979) bestemte utslippsfaktorer for formaldehyd og acetaldehyd til henholdsvis 1,6 g/kg og 0,7 g/kg.

NILU (1993) har oppgitt en utslippsfaktor for aldehyder på 2,5 g/kg for bråtebrann, dvs. brenning av gras og annet hageavfall. Andelen av formaldehyd ble ikke oppgitt.

Det ser altså ut til å være atskillig sprik i utslippsfaktorer for formaldehyd, fra 0,3–0,7 g/kg (Lipari et al., 1984) til 1,6 g/kg (Milliken, 1979). Utslippet vil antakelig kunne variere enda mer enn dette, avhengig av ovnstyper, fyringsvaner og vedens tilstand. Som en gjennomsnittsverdi for flere tettsteder ble det valgt en utslippsfaktor på 1,0 g/kg for formaldehyd fra vedfyring.

5.2 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

Senter for industriforskning (SI, nå SINTEF) har undersøkt og sammenstilt utslippsfaktorer for PAH (SI, 1984). SI har oppgitt utslippsfaktorer for summen av gassformig og partikulært PAH til 40 mg/kg for vedfyring. Verdiene vil også her kunne variere atskillig, særlig for vedfyring, avhengig av ovnstyper, fyringsvaner og vedens tilstand. Som en gjennomsnittsverdi for flere tettsteder ble det valgt en utslippsfaktor på 40 mg/kg for PAH fra vedfyring.

6. Beregnede bidrag fra vedfyring av formaldehyd (HCHO) og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

Ved hjelp av utslippsfaktorer fra litteraturen er det mulig å beregne hvilke middelkonsentrasjoner fra vedfyring vi kan vente. Beregningene baseres på antakelser om proposjonalitet mellom utslipp Q og konsentrasjoner C. Vi behøver ikke å kjenne utslippsfordelingen i et tettsted, men vi forutsetter at alle luftforurensninger fra f.eks. vedfyring fortynnes likt fra utslipp til et reseptorpunkt. Ved hjelp av utslippsfaktorer for HCHO, PAH og partikler kan vi beregne middelkonsentrasjoner fra vedfyring av HCHO og PAH ut fra følgende enkle likninger:

$$C(\text{HCHO, vedfyring})/C(\text{partikler, vedfyring})=Q(\text{HCHO, vedfyring})/Q(\text{partikler, vedfyring}) \quad (4)$$

$$C(\text{PAH, vedfyring})/C(\text{partikler, vedfyring})=Q(\text{PAH, vedfyring})/Q(\text{partikler, vedfyring}) \quad (5)$$

Ved hjelp av likning (4) og (5), beregnede middelkonsentrasjoner av partikler fra vedfyring i tabell 2, og disse utslippsfaktorene:

$$\begin{aligned} Q(\text{partikler, vedfyring}) &= 10 \text{ g/kg} \\ Q(\text{HCHO, vedfyring}) &= 1 \text{ g/kg} \\ Q(\text{PAH, vedfyring}) &= 40 \text{ mg/kg} \end{aligned}$$

kan vi beregne middelkonsentrasjoner fra vedfyring av HCHO og PAH som vist i tabell 4 og 5.

Tabell 4: Beregnede middelkonsentrasjoner ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) av formaldehyd (HCHO) fra vedfyring for januar 1992.

Målested	Beregnet konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Hamar, Bekkelivegen	1,9
Lillehammer, Brannstasjonen	4,1
Gjøvik, Blinken	2,3

Tabell 5: Beregnede middelkonsentrasjoner (ng/m^3) av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) fra vedfyring for januar 1992.

Målested	Beregnet konsentrasjon (ng/m^3)
Hamar, Bekkelivegen	75
Lillehammer, Brannstasjonen	164
Gjøvik, Blinken	94

De beregnede konsentrasjonene av HCHO fra vedfyring (tabell 4) stemte brukbart overens med målinger vinteren 1984 i et boligområde med mye vedfyring i Aurskog, Akershus. Middelkonsentrasjonen av HCHO var $2,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$

(Schjoldager, 1987). De beregnede konsentrasjonene var atskillig lavere enn det som er brukt som grenseverdier av Statens naturvårdsverk i Sverige, nemlig 12–60 µg/m³ (10–50 ppb) (SNV, 1983).

De beregnede konsentrasjonene av PAH fra vedfyring (tabell 5) var atskillig lavere enn det som ble målt i Elverum vinteren 1983 i et nyere rekkehusområde basert på elektrisk oppvarming supplert med vedfyring. Middelkonsentrasjonen av totale PAH var 702 ng/m³ for kalde døgn (lavere middeltemperaturer enn ca. -10°C) og 453 ng/m³ for milde døgn (høyere middeltemperatur enn ca. 0°C) (Schjoldager et al., 1986). Vi har ikke noen sikker forklaring på dette avviket.

7. Andre organiske forbindelser fra vedfyring

Beregningene i kapittel 6 gir bare omtrentlige holdepunkter for hvilke konsentrasjoner en kunne vente av HCHO og PAH fra vedfyring. Tidligere undersøkelser fra Elverum, særlig i 1981-83, viser også at en rekke andre organiske forbindelser kunne påvises. Ramdahl et al. (1982) har rapportert om bestemmelse i røykgasser fra vedfyring av en rekke derivater av PAH, slike som ketoner, kinoner, aldehyder og nitriler, analysert ved høytrykks-væskekromatografi og gasskromatografi/massespektrometri. Sammenslåtte prøver fra kalde døgn (lavere middeltemperaturer enn ca. -10°C), hadde langt høyere konsentrasjoner av PAH-derivater enn fra milde døgn (høyere middeltemperatur enn ca. 0 °C). Tabell 6 viser hvilke forbindelser som kvalitativt kunne påvises for kalde og milde døgn.

Tabell 6: *Kvalitativ analyse av PAH-derivater i sammenslåtte prøver fra kalde og milde døgn, Elverum 1982 (Ramdahl et al., 1982).*

Forbindelse	Kalde døgn	Milde døgn
Bifenylnkarboksaldehyd	+	
Fluorenon	+	+
Acenaftenkarboksaldehyd	+	
Methylfluorenon	+	+
Antrakinon	+	+
Cyclopenta (def) fenanterenon	+	+
Antracencarboksaldehyd	+	
Benzantron	+	
Pyrenkarboksaldehyd	+	
Pyrenkarbonitril	+	
Benzantrakinon	+	
Benzo (cd) pyrenon	+	
Cyclopenta (ghi) perylenon	+	

Mange av forbindelsene i tabell 6 er karakteristiske for vedfyring, men de kan ikke kalles entydige sporstoffer. Flere av dem kan også ha andre kilder, bl.a. forbrenning av fossilt brensel. Det ble imidlertid påvist en forbindelse, 1-metyl-7-isopropylfenantren, som er spesifikk for fyring med gran og furu, men ikke med bjørk. Et annet navn på forbindelsen er reten (Ramdahl et al., 1982, 1984). Reten, som er et alkyl-PAH, er et nedbrytningsprodukt av harpikssyrer som fins i gran, furu og andre nåletrær.

Reten er påvist i alle prøver fra Elverum, både i dem fra kalde døgn og i dem fra milde døgn (Ramdahl et al., 1982; Schjoldager et al., 1986).

8. Diskusjon

Det er viktig å understreke at de beregningene som er gjort for partikler, HCHO og PAH, er usikre og basert på antakelser. Beregningene av partikkelbidrag fra vedfyring har som forutsetning at partikler i vedrøyk har et gjennomsnittlig kaliuminnhold på 0,8% (vekt), og at det ikke er andre kjente kaliumkilder enn vedfyring. Målinger av partikler, sot og kalium er slett ikke nye, og de har antakelig vært lite brukt tidligere til å forsøke å beregne luftforurensning fra vedfyring. Det er klart at muligheten for feil er til stede. Samvariasjonen mellom konsentrasjoner av kalium og sot ble undersøkt for de tre målestedene i Hamar, Lillehammer og Gjøvik. Kalium og sot var signifikant korrelert for Gjøvik, men ikke for Hamar og Lillehammer.

Det arbeides mye med å finne fram til ovnstyper som gir større termisk virkningsgrad og derved mindre luftforurensning. Bl.a. er det lansert ovner med katalytisk forbrenning av røykgassene (Karlsvik, 1985). Men det er gjerne slik at når en vedovn først er installert, blir den som regel beholdt slik den var i mange tiår framover. Det kan derfor være nærliggende å regne med at utskiftingstakten for vedovner er omtrent den samme som utskiftingstakten for bolighus.

Fordi oljeselskapet Statoil begynte å levere kaliumholdig bensin til erstatning for blyholdig bensin fra mars 1993, vil det ikke være mulig å bruke kalium som entydig sporstoff for vedfyring i undersøkelser fra 1993 og seinere. Men det er også grunn til å anta at ovnstypene og bruken av ved til boligoppvarming ikke har endret seg vesentlig siden tidlig i 1990-åra.

9. Konklusjon

På grunnlag av målinger av kalium og sot på eksisterende filtre fra januar 1992, viste det seg vanskelig å finne pålitelige bidrag fra vedfyring til konsentrasjonen av respirable partikler. Det viste seg også vanskelig å finne en tydelig sammenheng mellom sotkonsentrasjonen og partikkelkonsentrasjonen $PM_{2,5}$. Det var derfor store usikkerheter ved å bruke sotmålinger generelt til å beregne pålitelige verdier av respirable partikler eller $PM_{2,5}$.

Beregnete middelkonsentrasjoner av formaldehyd (HCHO) fra vedfyring var følgende:

Hamar, Bekkelivegen:	1,9 µg/m ³
Lillehammer, Brannstasjonen:	4,1 µg/m ³
Gjøvik, Blinken:	2,3 µg/m ³

Beregnete middelkonsentrasjoner av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) fra vedfyring var følgende:

Hamar, Bekkelivegen:	75 ng/m ³
Lillehammer, Brannstasjonen:	164 ng/m ³
Gjøvik, Blinken:	94 ng/m ³

Beregningene av HCHO fra vedfyring er basert på en utslippsfaktor på 1,0 g HCHO pr. kg ved (1,0 g/kg), mens beregningene av PAH er basert på en utslippsfaktor på 40 mg/kg.

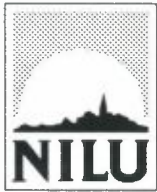
Beregnete konsentrasjoner av HCHO fra vedfyring stemte brukbart overens med målinger vinteren 1984 i et småhusområde med mye vedfyring i Aurskog, Akershus. Konsentrasjonene var atskillig lavere enn det som er brukt som grenseverdier i Sverige.

Beregnete konsentrasjoner av PAH fra vedfyring var atskillig lavere enn det som ble målt i Elverum vinteren 1983 i et nyere rekkehusområde basert på elektrisk oppvarming supplert med vedfyring. Vi har ikke noen sikker forklaring på dette.

10. Referanseliste

- Dasch, J.M. (1982) Particulate and gaseous emissions from wood-burning fireplaces. *Environ. Sci. Technol.*, 16, 639-645.
- Grøsnkei, K.E., Hagen, L.O. og Larssen, S. (1992) Befolkningseksposering for luftforurensninger. Lillestrøm (NILU OR 59/92).
- Hagen, L.O. (1992) Rutineovervåking av luftforurensning april 1991 - mars 1992. Lillestrøm (NILU OR 66/92; Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 498/92).
- Karlsvik, E. (1985) Redusert vedforbruk - mindre forurensning. I: *Bioenergi i Norge*. Red. av G. Wilhelmsen. Oslo, Norges landbruksvitenskapelige forskningsråd. s. 63.
- Lipari, F., Dasch, J.M. and Scruggs, W.F. (1984) Aldehyde emissions from wood-burning fireplaces. *Environ. Sci. Technol.*, 18, 326-330.
- Milliken, J.O. (1979) Aldehyde emissions resulting from combustion av wood. Wood Energy Institute, Wood Heating Seminar IV. Portland, Oregon, March 22-24, 1979.
- NILU (1993) Bråtebrann. Lillestrøm (Nytt fra NILU: Faktablade nr. 3).

- NSF (1993) Lukkede vedfyrte ildsteder – Røykutslipp – Krav. Oslo, Norges standardiseringsforbund (Norsk standard, NS 3059).
- OECD (1964) Methods of measuring air pollution. Paris, Organisation of Economic Co-operation and Development.
- Ramdahl, T., Schjoldager, J., Hanssen, J.E. og Møller, M. (1982) Luftforurensning fra vedfyring: Målinger i Elverum vintrene 1981 og 1982. Oslo – Lillestrøm (SI Rapport nr. 82 01 36-1; NILU OR 54/82).
- Ramdahl, T., Schjoldager, J., Currie, L.A., Hanssen, J.E., Møller, M., Klouda, G.A. and Alfheim, I. (1984) Ambient impact of residential wood combustion in Elverum, Norway. *Sci. Total Environ.* 36, 81-90.
- Schjoldager, J. (1987) Målinger av aldehyder i uteluft 1983–86. Lillestrøm (NILU OR 39/87).
- Schjoldager, J. (1995) Luftforurensning fra vedfyring: Sammenfatning av undersøkelser 1981–87. Kjeller (NILU TR 6/95).
- Schjoldager, J., Currie, L.A., Hanssen, J.E., Hongslo, J.K. og Mikalsen, A. (1986) Luftforurensning fra vedfyring: Målinger i Elverum vinteren 1983. Lillestrøm (NILU OR 68/86).
- SFT (1992) Virkninger av luftforurensning på helse og miljø: anbefalte luftkvalitetskriterier. Oslo, Statens forurensningstilsyn (SFT-rapport nr. 92:16).
- SI (1984) Utslippsfaktorer for PAH (total, eksklusive bisykliske forbindelser) og BaP. Oslo, Senter for industriforskning (TRA/hst 3.1.84).
- Statens naturvårdsverk, SNV (1983) Nytt gränsvärde för formaldehyd utomhus. *Miljöaktuellt*, 11, no. 10, 3.
- Vakstad, B. (1996) Meddelelse fra Statoil Norge AS, juni 1996



Norsk institutt for luftforskning (NILU)
Postboks 100, N-2007 Kjeller

RAPPORTTYPE TEKNISK RAPPORT	RAPPORT NR. TR 11/96	ISBN-82-425-0774-0	
DATO 1/7-96	ANSV. SIGN. <i>PS</i>	ANT. SIDER 15	PRIS NOK 30,-
TITTEL Beregning av bidrag fra vedfyring til luftforurensning i Hamar, Lillehammer og Gjøvik		PROSJEKTLEDER	
		NILU PROSJEKT NR. E-96012	
FORFATTER(E) Jørgen Schjoldager		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAKSGIVERS REF.	
OPPDRAKSGIVER Norsk institutt for luftforskning (NILU)			
STIKKORD Partikler	Vedfyring	Tettsteder	
REFERAT Ut fra analyse av prøver fra januar 1992 av kalium og sot viste det seg å være stor usikkerhet i beregningen av partikkelbidrag fra vedfyring. Beregnede konsentrasjoner av formaldehyd fra vedfyring stemte brukbart overens med målinger i Aurskog, Akershus, mens beregnede konsentrasjoner av PAH var lavere enn målinger i Elverum, Hedmark.			
TITLE Estimated contribution from wood combustion to air pollution in Hamar, Lillehammer and Gjøvik.			
ABSTRACT From the analysis of potassium and soot in samples from January 1992, there were large uncertainties in the estimation of particle contributions from wood combustion. Concentration estimates of formaldehyde from wood combustion were comparable to measurements, while estimated PAH concentrations were lower than measurements.			