

Tittel: Frigivelse av asbestfibrer fra luftbefuktere ved bruk av asbestholdig vann

Forfatter(e): Asbjørn Skogstad, Statens arbeidsmiljøinstitutt
Bjørn V. Johansen, Folkehelse
Wijnand Eduard, Statens arbeidsmiljøinstitutt
Hans Kristiansen, Norsk institutt for vannforskning

Prosjektansvarlig: Asbjørn Skogstad

Prosjektmedarbeidere:

Steinar Messel, Statens arbeidsmiljøinstitutt

Utgiver (seksjon): Yrkeshygienisk seksjon

Dato: 17/6-93

Antall sider: 23

ISSN: 0801-7794

Serie:

HD 1039/93 FOU

Sammendrag: Frie asbestfibrer kan forekomme i springvann hvis vannrørene er fremstilt av asbest-sement eller hvis vannkilden ligger på berggrunn som inneholder asbest-mineraler. Dette kan føre til eksponering for asbest dersom slikt vann benyttes i luftbefuktere. Rapporten beskriver en test for å måle frigivelse av fibrer fra luftbefuktere. Destillert vann tilsatt krysotil og amositt i kjente konsentrasjoner ble benyttet, og forsøkene ble gjennomført i et modifisert støv-eksponeringskammer. En luftbefukter som fungerer ved fordampning og to som forstøver vannet ble testet. For begge forstøvertypene ble ca. 20% av fibre i vannet påvist i den forstøvede aerosolen. For modellen som befukter lufta ved fordampning ble mindre enn 0,5% av fibre påvist.

Stikkord:

Luftbefuktere
Asbestfibrer
Laboratorieforsøk
Drikkevann

Keywords:

Air humidifiers
Asbestos fibres
Laboratory test
Tap water

Postadresse:
PB. 8149 Dep.
0033 Oslo

Besøksadresse:
Gydasvei 8
Majorstua

Telefon 22 466850
Telefax 22 603276

Bankgiro 0629 05 81247
Postgiro 0804 20 00214

**Frigivelse av asbestfibrer fra
luftbefuktere ved bruk av
asbestholdig vann.**

Asbjørn Skogstad, Statens arbeidsmiljøinstitutt

Bjørn V. Johansen, Folkehelse

Wijnand Eduard, Statens arbeidsmiljøinstitutt

Hans Kristiansen, Norsk institutt for vannforskning

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Forord	2
1.	Innledning	3
2.	Materialer og metoder	4
2.1	Forstøvingskammer	4
2.2	Luftbefuktere	6
2.3	Tillaging av asbest og asbestsuspensjon	8
2.4	Forsøksmetodikk	9
2.4.1	Forstøving	9
2.4.2	Preparering av filtere for SEM og TEM	10
2.4.3	Telleprosedyrer	11
3.	Resultater	12
3.1	Innledende forsøk	12
3.2	Testing av luftbefuktere	12
4.	Diskusjon	16
5.	Litteratur	20
6.	Vedlegg	23

FORORD

Prosjektet har vært et samarbeid mellom Folkehelsa, Norsk Institutt for vannforskning og Statens arbeidsmiljøinstitutt.

Hans Kristiansen har gått bort før manuskriptet var ferdig. Samtlige bidragsytere takkes for sine innspill, og to leverandører takkes for lån av utstyr.

1. **INNLEDNING**

Under fyringssesongen i Norge er luften i moderne bygninger tørr. Irritasjon av øyne og slimhinner blir ofte tilskrevet tørr luft. For å bøte på problemer med tørr inneluft blir luftbefuktere av forskjellige typer brukt både i hjemmene og i arbeids-miljøet.

Både bakterier, alger og sopp kan vokse i vann som blir stående i luftbefuktere over flere dager. Med mindre et strengt renhold av luftbefukteren gjøres regelmessig, kan disse mikro-organismene bli spredd til inneluften og føre til feber-anfall (luftfukterfeber) (Burke, et al. 1977), eller utløse astma-anfall hos astmatikere (Solomon, 1974).

Forurensninger i vannet kan frigjøres til innelufta avhengig av kvaliteten på vannet og befruknings-teknikk som brukes (Highsmith & Rodes 1988, Highsmith et al. 1992, Vesley et al. 1992, Hardy et al. 1992). I Norge er ca. 5000 km av vannlednings-nettet asbest-sementrør. Surt, bløtt og bikarbonat-fattig vann er aggressivt mot betong og forårsaker utløsning av kalsium innvendig i rørene.

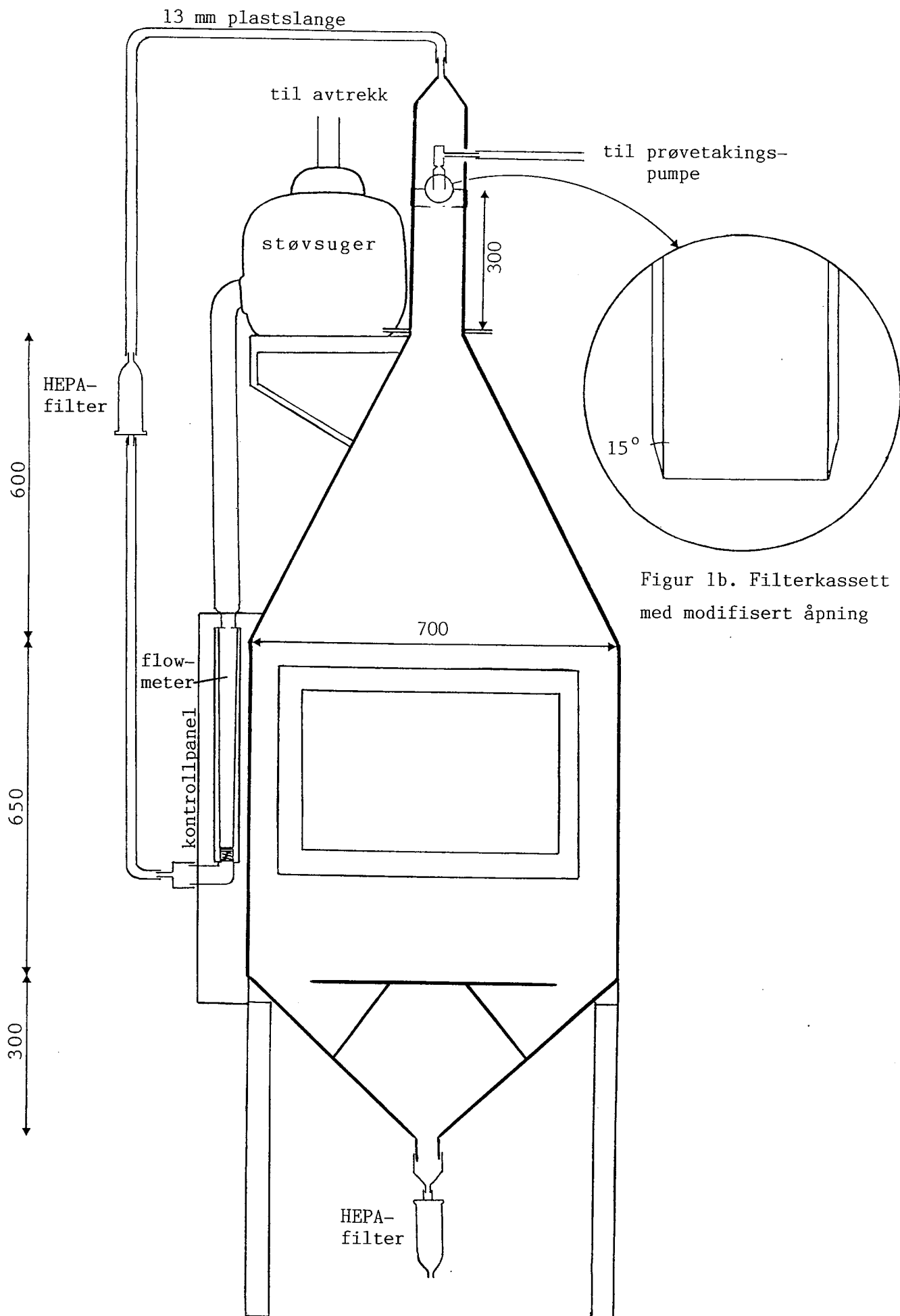
Asbestfibrene som ligger som en armering i sementen, vil kunne frigjøres til vannet. Ved et interkommunalt vannverk i Vest-Norge ble det funnet i gjennomsnitt 15 millioner asbestfibrer/liter

konsumvann(hos forbruker) med konsentrasjoner opptil 250 millioner fibrer/liter(Johansen et al. 1983). På bakgrunn av slike høye fibertall i drikkevannet er det reist spørsmål om luftbefuktere kan forurenses innelufta med asbest.

2. **Materialer og metoder**

2.1 Forstøvingskammer.

Et testkammer utviklet til generering av støv og til inhalasjons-eksperimenter ble benyttet (Timbrell et al. 1970, Bruun et al. 1980). Kammeret ble modifisert for å tilpasse denne forsøksserien(Se fig.1). Luftbefukterne ble plassert inne i kammeret. Luft ble sugd gjennom kammeret med en Nilfisk støvsuger type GA 70 via en slange koblet til øverst på utløpsrøret. Luftstrømmen ble justert med en rheostat og kontrollert med en kalibrert luftstrømsmåler; Brooks Instruments B.A. Luften som trekkes inn i bunnen av kammeret filtreres gjennom et Gelman HEPA Capsule Filter. Et tilsvarende filter er også plassert på vakum-siden, før støvsugeren. All luft ble ført ut av kammeret gjennom ett rør. En filterkassett ble plassert sentralt i utløpsrøret og samlet prøver tilnærmet isokinetisk. Filterkassetten ble tilkoblet en vakumpumpe av type Gast DOA-P109-FD.



Figur 1b. Filterkassett med modifisert åpning

Figur 1. Skisse av testkammer. Målestokk 1:10

Det ble brukt Nuclepore filter med $0,4\mu\text{m}$ pore-størrelse og diameter 25mm i elektrisk ledende kassetter (Nuclepore Air Monitor Cassette 300075). For å redusere muligheten for turbulens ble kasset-åpningen modifisert som vist i figur 1. Et støtte-gitter i metall ble anbragt under støttefilteret i kassetten.

2.2 LUFTBEFUKTERE.

Tre modeller som befukter luften på forskjellig måte, ble testet.

Luftbefukter nr. 1: En hurtiggående sentrifuge suger vannet opp fra et reservoar og slynger det mot en forstøverkrans slik at vannet forstøves til en aerosol. Denne typen luftbefukter tilsvarende det som senere i rapporten refereres til som "impeller"-type. Aerosolen blåses ut av luftbefukteren med en vifte. Befukningskapasiteten er fast innstilt.

Luftbefukter nr. 2: En sentrifuge suger vann opp fra et bunnkar og slynger det inn mellom 27 lag fordunsterplater. En vifte over sentrifugen suger luft gjennom sidene av luftbefukteren som er utstyrt med filtermateriale slik at partikler fjernes fra inntaksluften. Modellen kan derfor brukes både som luftrensere og befukter. Vannet som forbrukes erstattes automatisk fra et reservoar. Ifølge

produsenten skjer luftbefuktningen ved fordampning av vannet. Modellen har 3 innstillinger for befuktningskapasitet. Vi valgte den med størst effekt under forsøkene.

Luftbefukter nr. 3: Apparatet forstøver vann ved hjelp av ultralyd. Ultralyd-hodet er plassert i bunnen av et forstøverkammer som fylles automatisk med vann fra en separat beholder. Ultralyd-hodet drives av en høy-frekvens (2,6 MHz) generator. En vifte blåser den befuktede luften ut gjennom en ca.30mm diameter slange. Befuktningskapasiteten kan reguleres trinnløst fra 0 - 0,24L/t og luftgjennomstrømningen fra 30 - 900L/t. I luftinntaket kan det monteres filtere, og under forsøkene ble det brukt et grovstøvfilter. Modellen ble kjørt med maksimal befuktningskapasitet og luftgjennomgang. Kapasiteten for luftbefukterne er angitt i Tabell 1.

Tabell 1. Kapasitet for luftbefukterne som oppgitt i datablad for apparatene.

Luftbefukter	befuktnings- kapasitet L/t	luftstrøm m ³ /t
1	ca. 0,8	-
2	0,18 - 0,32	120 - 190
3	0 - 0,24	0.03 - 0,9

2.3 Tillaging av asbest og asbestsuspensjon.

Canadian chrysotile B og Amosite (begge UICC referanse-materiale) ble mortret med etanol i en agat-morter, tørket og blandet i forholdet 80:20. Dette tilsvarer de samme asbestmineraler og det samme blandingsforholdet som er oppgitt for asbestsementrør benyttet i Norge. Materialet ble deretter dispergert i etanol og filtrert; først gjennom en 30 μm sikt, deretter gjennom en 15 μm sikt. Dette ble gjort for å få fiberdimensjoner tilnærmet lik de en finner i drikkevann. Filtratet ble tørket og dispergert i dobbelt destillert vann. Denne stamsuspensjonen inneholdt 170 μg asbest/L. Stamsuspensjonen ble ultralydbehandlet i ca. 30 min med en Virtis Virsonic 300 ultralydsonde før den ble fortynnet til varierende, men realistiske fiberkonsentrasjoner (Tabell 2). Siden innledende forsøk viste at asbestsuspensjonen ikke var stabil over tid ble bruksblandinger tillagd umiddelbart før forsøkene startet. Fiberkonsentrasjonen ble bestemt i ca. 250 ml av bruksblandingen. Suspensjonen ble filtrert gjennom et Nuclepore-filter med porestørrelse 0,2 μm og diameter 47 mm. Filteret ble lufttørket og snittet i to deler. En filterdel ble umiddelbart undersøkt med SEM for å kontrollere kvaliteten på suspensjonen og estimere konsentrasjonen av fibrer. Den andre delen ble preparert og undersøkt med TEM.

Etter forsøket ble ca. 250 ml av restvannet i luftbefukterne filtrert og preparert for TEM som beskrevet ovenfor.

2.4 **Forsøksmetodikk**

Luftstrømmen gjennom kammeret ble regulert til 65 l/min som er i området for laminær flow i utløpsrøret. Luftstrømmen gjennom kassetten ble regulert med en kritisk dyse til 6,5 l/min som er tilnærmet lik den lineære luftstrømmen sentralt i røret.

2.4.1 Forstøving.

På grunn av langsom luftutskiftning i kammeret og det beskjedne kammervolumet i forhold til befuktnings-kapasitetene, måtte luftbefukter 1 og 3 kjøres intermitterende. De ble derfor koblet til en tidsbryter som automatisk slo luftbefukterne på og av i de ønskede intervaller. Tidsintervallene ble bestemt ut fra luftstrøm gjennom kammeret og den oppgitte befuktnings-kapasiteten. Luftstrøm gjennom kammeret og filterkassetten gikk kontinuerlig over hele forsøksperioden som varierte fra 19 - 27 timer.

Mengde vann forstøvet ble bestemt ved å veie forstøveren med vann før og etter forsøket.

Mellom hvert forsøk ble kammerveggene og utløps-

røret vasket med destillert vann og etanol og tørket ved å ventilere kammeret med maksimal effekt på støvsugeren.

Kontaminasjons-kontroll ble foretatt ved å forstøve asbestfritt vann og undersøke prøver av utblåsningsluften.

2.4.2 Preparering av filtere for SEM og TEM.

SEM: Filteret fra vannprøven ble snittet i mindre deler som ble montert på karbon-stubber med karbon-lim. De ble deretter pålagt Au(ca. 25 nm) i en JEOL JFC 1100 sputter-coater.

TEM: Et rektangulært område 5 x 47mm, diametralt på filteret ble stanset ut og i høyvakum pådampet en 15 nm tynn film av karbon. Deretter ble tre skiver med diameter 3 mm stanset ut fra henholdsvis sentrum og hver side av det pådampede filteret.

Filterskivene ble lagt på hvert sitt 200 mesh kopper-nett(TEM-grid) og plassert på en såkalt Jaffe Washer over natten i avtrekksskap. Filtermaterialet som består av poly-karbonat, løses her opp av kloroform, og en sitter igjen med et ekstraksjonsavtrykk av filteret(Chatfield & Dillon 1983).

2.4.3 Telleprosedyrer

Telleregler SEM:

●Alle partikler med parallelle sider og lengde:
bredde forhold $\geq 5:1$ ble talt.

Med hensyn til fibrenes orientering i telleruten (i dette tilfellet billed-skjermen i SEM), ble følgende regler benyttet:

●fibrer med begge endepunkter innfor skjermen telles

●fibrer som krysser en vertikal eller en horisontal skjermkant telles (fibrer som krysser de to andre kantene telles ikke).

●fibrer som går gjennom hele tellefeltet med begge endepunkter utenfor skjermkanten, telles ikke.

100-300 fibrer ble talt direkte på skjermen i slow-scan ved 6000 gangers forstørrelse i en JEOL JSM-35.

Telleregler TEM:

Telleregler for TEM fulgte EPA's metode (Chatfield & Dillon 1983) og ble utført i et JEOL 100CX TEMSCAN mikroskop med Link energidispersivt røntgen spektroskopi, ved 20 000 gangers forstørrelse.

Det ble antatt at fibrene var jevnt fordelt på filterflaten siden elektrisk ledende filterkassetter

ble benyttet. Tellingene kunne derfor utføres på tilfeldige synsfelt. Visse statistiske kriterier måtte oppfylles for at en fibertelling kunne godkjennes. Telletallene i TEM ligger til grunn for utregning av fiberkonsentrasjonene i vann- og luftprøver.

3. **Resultater**

3.1 Innledende forsøk.

Det ble lagd en suspensjon med konsentrasjon ca. $40 \cdot 10^6$ fibrer/L som var ment brukt til hele forsøks-serien. Suspensjonen viste seg å være meget ustabil med hensyn til fiberkonsentrasjonen. Etter et par dager ble det ikke funnet fibrer overhode i dette vannet, selv etter kraftig risting. Det ble antatt at fibreene satt festet til glassveggene. Dette fenomenet er observert tidligere (Gylseth et al. 1982). For å estimere tapet av fibrer i luftbefukterne ble restvannets konsentrasjon av asbestfibrer også bestemt etter forsøket.

3.2 Testing av luftbefuktere.

Til de resterende forsøk ble det lagd en konsentrert (100-200X) suspensjon som før fortykning ble ultralydbehandlet med ultralydsonde. Dette ga oss mulighet til å ha kontroll med fiberkonsentrasjonen i suspensjonene.

Forholdet mellom krysotil og amositt som var

vektinnstilt på 80:20 ble ikke observert på filterprøvene av vann og luft med unntak av en prøve. Telle-resultatene for vannprøvene viste i snitt et forhold på 95:5 mens luftprøvene hadde i snitt et forhold på 92:8. Avvikene som her er observert har trolig sammenheng med forskjeller i fiberlengde og diameter på de registrerte krysotil og amositt-fibre.

Fiberlengdene i asbestsuspensjonene var i det vesentlige mindre enn 5 μm som følge av forbehandlingen av asbestmaterialet. Fiberdimensjonene var derfor i samsvar med det en normalt finner i drikkevann.

For 5 prøver ble de initielle fiber-konsentrasjonene i vannet estimert både med SEM og TEM. Siden tellekriteriene for de to metodene er tilnærmet like antyder resultatene at SEM har detektert ca. halvparten så mange fibrer som TEM. For en analyse er verdiene fra de to metodene tilnærmet like.

Karakterisering av fibre i SEM utover fiberform var imidlertid meget vanskelig siden de var for små til å gi et akseptabelt EDS-signal. Fig.2 og 3 viser typiske fibrer fra luftprøvene. For hvert forsøk ble det beregnet en gjenfinningsgrad (%) som uttrykker fiber mengden som ble funnet i aerosolen, i forhold til den totale fibermengden i vannet som ble

forstøvet. Til denne beregningen ble startkonsentrasjonen av fibrer i vannet benyttet. Resultatene går frem av Tabell 2. I aerosolen som Luftbefukter nr.1 produserte ble ca. 20% av fibre gjenfunnet. For Luftbefukter nr. 2 fant vi en gjenfinningsgrad under 0,5% . Det ble bare gitt anledning til ett forsøk med ultralyd-forstøveren. Det antyder en gjenfinning på ca.20%

Konsentrasjonen av fibrer i restvannet var i alle forsøkene betydelig redusert i forhold til startkonsentrasjonen(Tabell 2). Dette viser at asbest-suspensjoner er ustabile, noe som også ble observert i de innledende forsøkene.

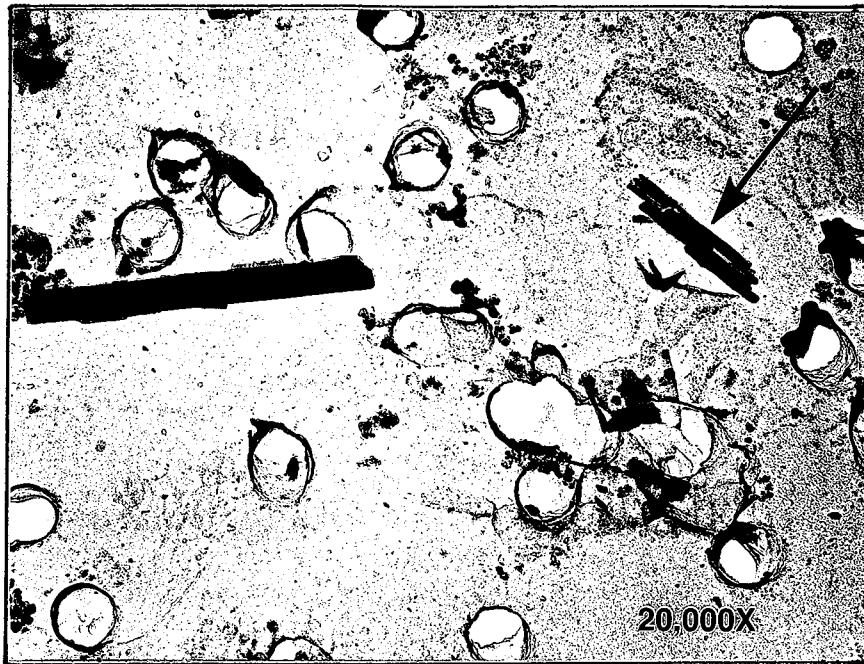


Fig.2 Asbestfibrer fra forsøk med Luftbefukter 1.
Krysotil (pil) og amositt. TEM

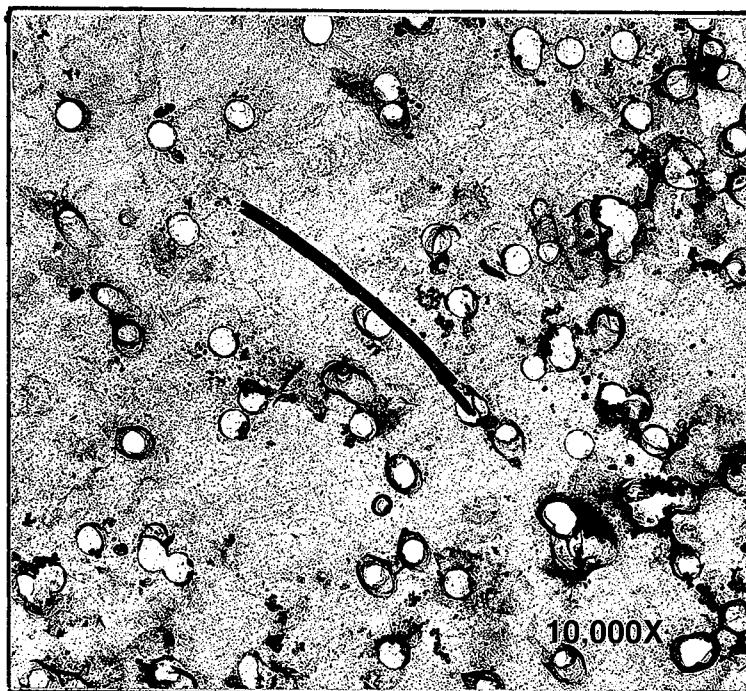


Fig.3 Krysotil-fiber fra forsøk med Luftbefukter 1
TEM

4. **Diskusjon**

To av luftbefukterne frigjorde en vesentlig del (ca 20%) av asbestfibrene i vannet til lufta. Begge apparatene fukter lufta ved å forstøve vannet. Dette er i samsvar med amerikanske undersøkelser (Vesley et al. 1992, Hardy et al. 1992). Disse konkluderer med at luftbefuktere av "impeller"-type (tilsvarende vår luftbefukter nr.1) og i enda større grad ultralyd-forstøvere, kan frigi asbestfibrer i betydelige mengder til lufta.

Den lave gjenfinningsgraden av fibrer vi finner for luftbefukter nr.2 som oppgis å fukte lufta ved fordampning, stemmer også med de amerikanske undersøkelsene. Vesley et al.(1992) og Hardy et al.(1992) fant ikke målbar fiberfrigivelse fra luftbefuktere som fordamper vann. Når det allikevel detekteres fibrer i lufta kan det skyldes at noe vann forstøves i vifta. Fibrer fra fordampet vann i fordunstningspanelet kan muligens også løsne og blåses ut i lufta. Et vesentlig bidrag til å redusere eventuelt frigjorte fibrer under testen kan dog være befukterens evne også som luftrenser. Med maksimal effekt er luftgjennomstrømningen oppgitt til å være 180 m³/t hvilket er 46 ganger luftskiftet i prøvekammeret. Det er derfor mulig at en større del av de frigitte fibrene er blitt fjernet av filteret i luftbefukter nr.2 enn i luftbefukter nr.3

som ikke ble kjørt med tilsvarende filter. Luftbefukter nr.1 har ikke mulighet til å filtrere inntaksluften. Vesley et al.(1992) fant en fiberkonsentrasjon på ca. 0,01 fibrer/ml luft ved bruk av ultralyd-forstøver og vann med start-konsentrasjon på $23 \cdot 10^6$ fibrer/l. Ut fra deres data kan vi beregne en gjenfinningsgrad på 0,9 % , altså mye lavere enn det vi finner. Med de oppgitte forsøksbetingelsene bør det påpekes at vesentlig mere vann ble forstøvet eller fordampet i deres forsøk enn det luften kan inneholde i dampform. Det meste av vannet må derfor ha vært tilstede som dråper som kan ha sedimentert raskt. Vanndråpene kan også ha vasket ut genererte fibrer.

Hardy et al.(1992) testet "impeller"-type og ultralyd-forstøvere med vannprøver med 3 ulike asbestfiber-konsentrasjoner: $0,057 \cdot 10^9$, $45 \cdot 10^9$ og $280 \cdot 10^9$ fibrer/l. Ut fra deres data kan vi beregne gjenfinningsgrader for "impeller"-typen på h.h.v. 258%, 1,5% og 1% . Ultralydforstøveren ga for de samme fiberkonsentrasjonene h.h.v. 515%, 3,4% og 11% De høye verdiene ved lav fiberkonsentrasjon kan sannsynligvis forklares med kontamineringsproblemer i forsøkskammeret som ikke ble rengjort mellom forsøkene.

Asbestfiber-konsentrasjonene i utblåsningslufta var i snitt 0,12, 0,003 og 0,05 fibrer/cm³ for

henholdsvis "impeller"-, fordamper- og ultralyd-type. Testkammeret i denne undersøkelsen har et beskjedent volum med et vesentlig større overflate/volum-forhold sammenlignet med et rom. Det må forventes et relativt større tap til overflater i kammeret enn under bruk av befukterne i et rom. De fiberkonsentrasjonene vi har funnet må derfor betraktes som minimums-verdier.

Det bør påpekes at det vannet vi har benyttet i forsøkene ikke inneholder andre partikler enn asbestfibrer. I drikkevann vil det være både organiske og uorganiske partikler tilstede som kan assosieres til fibrene og påvirke frigivelsen av disse.

Forsøkene viser at en vesentlig del av asbestfibrer som kan forekomme i springvann, kan frigis hvis vannet brukes i luftbefuktere. Med en konsentrasjon på 15 millioner asbestfibrer/l vann, viser modellberegninger at vår "impeller" luftbefukter kan gi luftkonsentrasjoner på 0,1 fibrer/cm³ (Se Vedlegg). Beregningen baserer seg på analyser i TEM. Verdien kan derfor ikke sammenlignes med administrativ norm for fibrer i arbeidsatmosfære som baserer seg på tellinger i fasekontrast lysmikroskopi.

Helsedirektoratets retningslinjer for innendørs luftkvalitet (Helsedirektoratets utredningsserie) anbefaler at asbestfibrer ikke skal forekomme fritt. I de områder av landet hvor asbest-sementrør benyttes i ledningsnett, bør man vurdere å bruke andre typer luftbefuktere enn de mekaniske som forstøver vannet.

5.

LITTERATUR

Bruun,R. et al. Testkammer for støv.

Konstruksjon og virkemåte. -HDnr. 837/80

1980.

Burke,G.W. et al. Allergic alveolitis caused by home humidifiers. -JAMA 238(25): 2705-2708 1977.

Chatfield,E.J. & Dillon,M.J. Analytical methods for determination of asbestos fibres in water. -EPA 600/4-83-043; US Environmental Protection Agency, Environmental Laboratory Athens, Georgia, 30605 1983.

Gylseth,B. et al. Analysis of fibres in human lung tissue. -Br.J.Ind.Med. 39:191-195 1982.

Hardy,R.J. et al. Indoor asbestos concentrations associated with the use of asbestos-contaminated tap water in portable home humidifiers.

Environ.Sci.Technol. 26(4):680-689 1992.

Helsedirektoratets utredningsserie. Retningslinjer for inneluft-kvalitet 6-90. Helsedirektoratet 1990. 113 s.

Highsmith,V.R. & Rodes, C.E. Indoor particle concentrations associated with use of tap water

in portable humidifiers. -Environ.Sci.Technol.
22(9): 1109-1112 1988

Highsmith,V.R. et al. Physical and chemical
characterization of indoor aerosols resulting
from the use of tap water in portable home
humidifiers. -Environ.Sci.Technol. 26(4):673-680
1992

Johansen,E.S. et al. Undersøkelse av vannets
virkning på asbest-sementrør og forekomst av asbest-
fibrer i drikkevannet for syv kommuner tilknyttet
IVAR-vannverket. -Rapport SK 7/83. Statens Institutt
for Folkehelse, 1983

Solomon,W.R. Fungus aerosols arising from cold-
mist vaporizers. -J.Allergy Clin.Immunol. 54(4):222-
228 1974

Timbrell,V. et al. Exposure chambers for
inhalation experiments with standard reference
samples of asbestos of the International Union
Against Cancer (UICC). -Aerosol Science 1:215-
223 1970.

Vesley,D. et al. Asbestos fiber release
associated with room humidifiers. -
Appl.Occup.Environ.Hyg. 7(8):552-526 1992.

Tabell 2. Asbestfibrer(l:d≥5:1) estimert med SEM og TEM på vann (initielt og restvann) og luftprøver.

Type luftbefukter	Fibrer i vann, $x \cdot 10^6/L$			Fibrer i luft, TEM	
	SEM før	TEM ¹⁾		talte fibrer	gjenfinning (%)
		før	etter		
Luftbefukter 1 impeller	33	67	31	320	20
	32	35	30	313	19
	37	79	58	342	28
	--	103	63	326	19
Luftbefukter 2 fordamper	37	69	41 ²⁾	40	0,6
	--	103	76	20	0,2
	--	85	63	15	0,2
Luftbefukter 3 ultralyd	29	56	30 ³⁾	301	23

1) Telletall for vannprøvene var 500-1800 pr. analyse

2) Prøvene fra Luftbefukter 2 er tatt fra bunnkaret

3) Prøven fra Luftbefukter 3 er tatt fra forstøverkammeret

VEDLEGG**Estimering av asbestfiber-konsentrasjonen i luft ved luftbefuktning**

Antagelser:

befuktning + 40% RH

temperatur 20° C

frigivelse av asbestfibrer fra vann til luft: 25%

konsentrasjon av asbestfibrer i vann: 15×10^6 fibre l⁻¹

ingen tap ved sedimentering p.g.a. små fiberdimensjoner

$$100\% \text{ RH ved } 20^\circ \text{ C} \equiv 17,5 \text{ mm Hg} \equiv \frac{17,5 \text{ mmHg}}{760 \text{ mmHg}} = 23000 \text{ ppm} \equiv$$

$$\frac{23000 \cdot M}{24} \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3} = \frac{23000 \cdot 18}{24} \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3} = 17250 \text{ mg m}^{-3}$$

hvor M er molekylvekten for vann og 24 er molar volumet ved 20° C og 760 mm Hg

Luftbefuktning tilsvarende 40% RH ved 20° C \equiv 6900 mg vann per m³ luft.

Hvis vannet inneholder 15×10^6 fibre l⁻¹ frigjøres 0,1 fibre cm⁻³ luft