

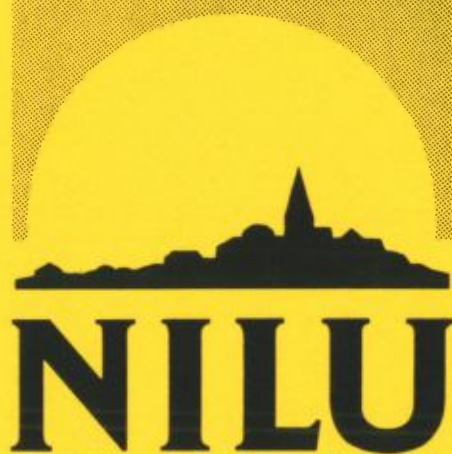
NILU TR: 5/89

NILU TR : 5/89  
REFERANSE: E-8907  
DATO : JUNI 1989  
ISBN : 82-425-0059-2

## MINERALFIBER SOM LUFTFORURENSNING

DEL 2: PRØVETAKING OG IDENTIFISERING  
(LYSMIKROSKOPI)

O. Anda



NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING  
Norwegian Institute For Air Research  
POSTBOKS 64 — N-2001 LILLESTRØM — NORWAY

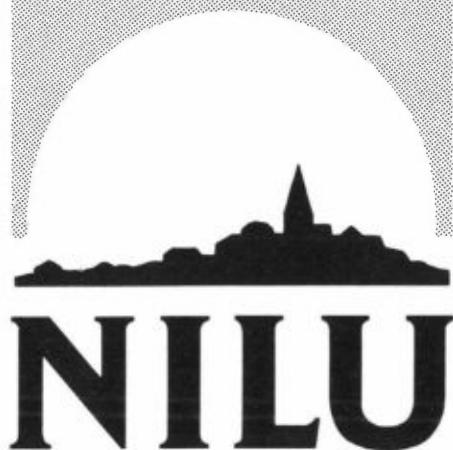
NILU TR: 5/89

NILU TR : 5/89  
REFERANSE: E-8907  
DATO : JUNI 1989  
ISBN : 82-425-0059-2

# MINERALFIBER SOM LUFTFORURENSNING

DEL 2: PRØVETAKING OG IDENTIFISERING  
(LYSMIKROSKOPI)

O. Anda



NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING  
Norwegian Institute For Air Research  
POSTBOKS 64 — N-2001 LILLESTRØM — NORWAY

## FORORD

Denne rapporten omhandler metoder for prøvetaking og identifikasjon av mineralfibre (lysmikroskopi). For en stor del dreier det seg om litteraturstudie, men det beskrives også de fremgangsmåter som anvendes på NILU. Rapporten er beregnet hovedsakelig for personer som arbeider med fiberundersøkelser.

Del 1, som er en separat rapport, omhandler mineralfibrene egenskaper, utbredelse og helsemessige aspekter.



# INNHOOLD

	Side
FORORD .....	1
1 INNLEDNING .....	5
2 FIBER GENERELT .....	5
3 PRØVETAKING .....	6
3.1 Prøvetakingsutstyr .....	6
3.1.1 Filtermaterialet .....	6
3.1.2 Filterholder og luftgjennomgang .....	8
3.1.3 NILUs prøvetakingsmetode .....	10
3.1.4 Elektrostatisk ladning .....	11
4 BEHANDLING AV FILTER VED LYSMIKROSKOPI .....	12
4.1 Klaring av membranfilter .....	12
4.2 Fjerning av filtermassen (NILUs metode) .....	15
5 IDENTIFIKASJON AV MINERALFIBRE .....	16
5.1 Metode-oversikt .....	16
5.2 Lysmikroskopi .....	18
5.2.1 Mikroskoputstyret .....	18
5.2.2 Innledende undersøkelser .....	20
5.2.3 Fasekontrastmikroskopi (PCOM) .....	20
5.2.4 "Dispersion staining" (DS) .....	22
5.2.4.1 DS-kurver .....	25
5.2.4.2 Fremgangsmåte ved identifikasjon av fibre .....	28
5.2.4.3 Litt om DS-væsker .....	38
5.2.5 Diverse andre optiske fargekjennetegn .....	39
6 TELLING AV MF .....	40
6.1 Standarder .....	44
6.1.1 Norsk Standard, NS 4853, 1982 .....	44
6.1.2 Internasjonale referansemetoder .....	44
6.2 Litt om tellenøyaktighet .....	46
7 REFERANSER .....	47
VEDLEGG A: Ordliste .....	51
VEDLEGG B: Membranfilterdata (Millipore) .....	61
VEDLEGG C: Fjerning av elektrostatisk ladning fra membran- filtre (av miksedde estere) .....	67
VEDLEGG D: Köhlers belysning (innstillingsprosedyre) .....	71
VEDLEGG E: Prosedyre for prøvetaking og bestemming av fiber (beregnet mest for innemiljø) .....	75



## MINERALFIBER SOM LUFTFORURENSNING

### DEL 2: PRØVETAKING OG IDENTIFIKASJON (LYSMIKROSKOPI)

#### 1 INNLEDNING

I litteraturen er beskrevet en rekke metoder for prøvetaking i luft, og metoder for identifikasjon og telling av fiber. Metodene har, ettersom erfaring og kunnskaper har økt, blitt mer sammenfallende, og en har kommet frem til en del internasjonale standardmetoder. De er å oppfatte som anbefalinger og/eller forslag til standarder (WHO, 1985; ISO/TC 146/SC 3, 1989), og vi vil komme tilbake til dem siden.

I 1982 fikk vi en norsk standard (NS 4853, 1982). Den omhandler tellekriterier for asbestfiber i arbeidsmiljø, og er likelydende også i Danmark, Finland og Sverige.

Hvilke metoder en bør anvende er avhengig av i hvilket miljø en skal måle, og hva formålet med målingen er.

En ordliste er tatt med i vedlegg A for å lette lesingen. Ord som står i denne liste, er første gang de opptrer i teksten merket med \*.

#### 2 FIBER GENERELT

I luftforurensningssammenheng defineres gjerne en fiber som en partikkel hvor forholdet mellom lengde og diameter er minst 3. Dette gjelder fremdeles i dag når en snakker om undersøkelser i lysmikroskop.

Etter en foreslått ISO-standard beregnet for TEM\* (ISO/TC 146/SC 3/WG 1 N22, 1989) er dette forholdet satt til 5, og en skal ikke rapportere fiberlengder  $< 0,5 \mu\text{m}$ . Fibre med diameter  $< 1,5 \mu\text{m}$  og lengde  $\geq 8 \mu\text{m}$  kalles Stanton-fibre og regnes for å være spesielt helsefarlige.

MMMF (man-made mineral fibres) vil i praksis hovedsakelig være glassull- og steinullfibre. Når en bare bruker uttrykket mineralfibre (MF) inkluderes også asbest.

Dimensjonen antall fibre pr.  $m^3$  luft angis i rapporten som  $f/m^3$ .

Den metoden som er anbefalt for lysmikroskopi (WHO, 1985) gjør bruk av fasekontrastmikroskopi (PCOM).

### 3 PRØVETAKING

For prøvetaking av fiberinnhold i luft er prinsippet at en suger en kjent mengde luft gjennom et filter. Fibrene blir da holdt tilbake av filteret.

#### 3.1 PRØVETAKINGSUTSTYR

Prøvetakingsutstyret er praktisk talt det samme om en skal foreta undersøkelsen med PCOM, SEM\* eller TEM.

##### 3.1.1 Filtermaterialet

Siden fibrene skal sees, er det viktig at de ikke trenger seg inn i filtermassen. Fiberfiltre er derfor uegnet.

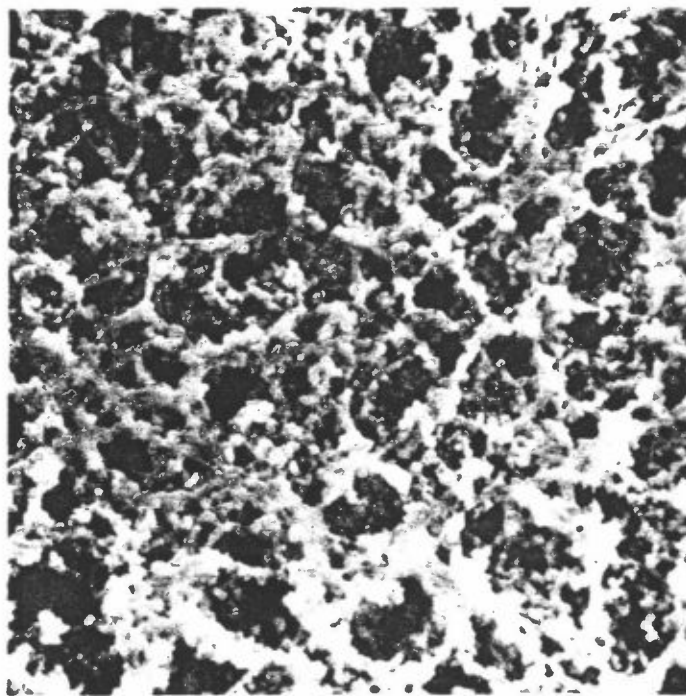
For PCOM-metoden (WHO, 1985) anvendes fortrinnsvis membranfilter av blandede cellulose-estere (acetat og nitrat). De skal ha en nominell porestørrelse på maksimum 1,2  $\mu m$ . Filtrene er hvite pga. lysspredning, men kan klargjøres ved hjelp av væsker med samme brytningsindeks eller ved hjelp av løsemidler. I vedlegg B er gitt en oversikt over slike filtre med egenskaper (Millipore).

For SEM-metoden (WHO, 1985) anvendes kapillarpore-filter av type Nuclepore (polykarbonat) eller Gelman DM800 (polymer av polyvinylklorid (PVC) og akrylnitril). Porestørrelse er her maksimalt satt til 0,8  $\mu m$ .



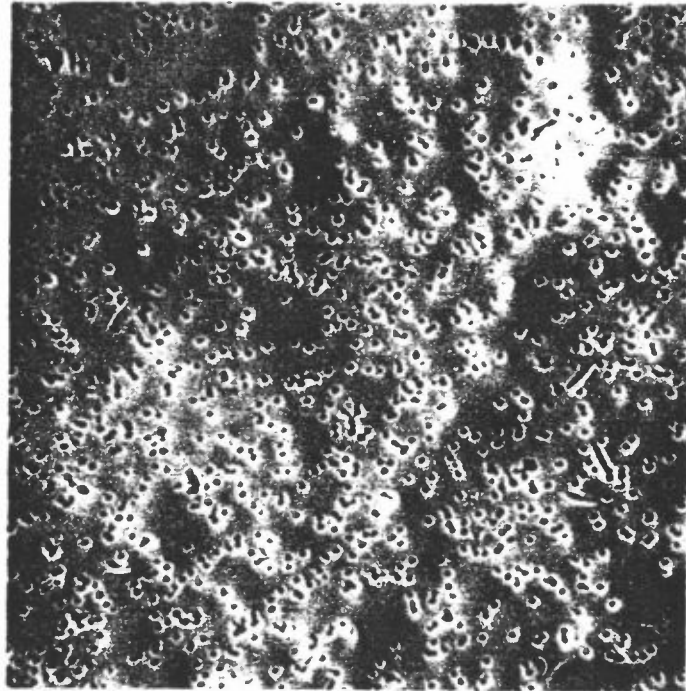
For TEM-metoden (ISO/TC 146/SC 3/WG 1 N22, 1989) ved bruk av kapillarpore-filter, er maksimal porestørrelse  $0,8 \mu\text{m}$ , og for membranfilter  $0,4 \mu\text{m}$ .

En anbefalt størrelse på filterets diameter er 25 mm. Figurene 1 og 2 viser overflatene på henholdsvis membran- og kapillarpore-filter.



5  $\mu\text{m}$

Figur 1: Cellulosenitrat-filter (porediameter  $0,8 \mu\text{m}$ ) SEM foto, 2000X (König og Sengbusch, 1977).

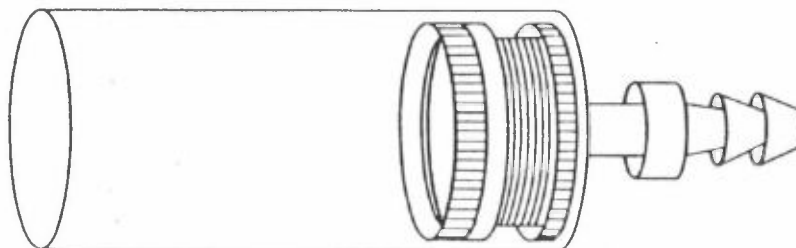


5  $\mu$ m

Figur 2: Polykarbonat-filter (porediameter 0,8  $\mu$ m) SEM foto, 2000X (König og Sengbusch, 1977).

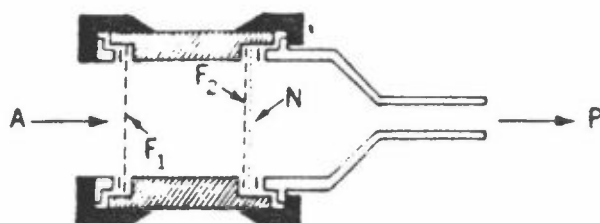
### 3.1.2 Filterholder og luftgjennomgang

Filterholderen skal medvirke til at oppsamlingen av representativt støv skal foregå så uforstyrret som mulig. Det vil f.eks. si at filteret må være slik beskyttet at deponert støv ikke blåses av igjen. Dette kan gjøres ved beskyttelseskappe som vist på figur 3 (WHO, 1985).



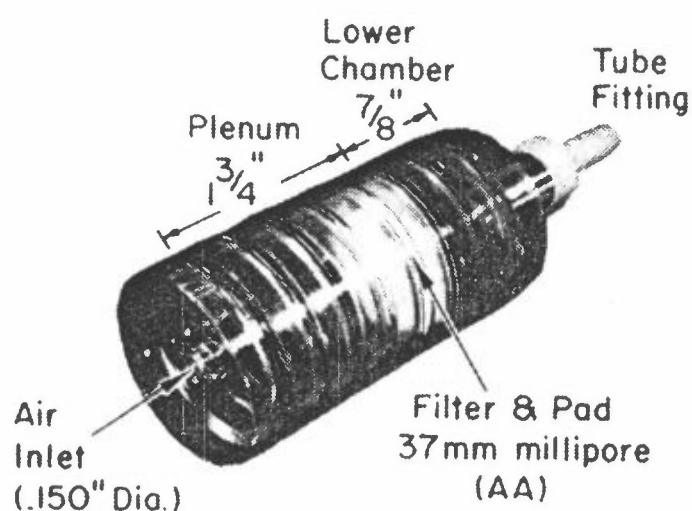
Figur 3: Filterholder med beskyttelseskappe for prøvetaking av fibre såvel ute som inne (WHO, 1985).

En annen utforming er vist på figur 4. Den ble brukt av Spurny et al. (1976) i forbindelse med asbestundersøkelse ved hjelp av elektronmikroskop. Luftgjennomstrømningen var 6,5 l/min, hvilket ga ca. 9 m<sup>3</sup> pr. 24 timer (lufthastighet gjennom filteret ~15 cm/s).



Figur 4: Filterholder med to filtre i serie (Nuclepore),  $F_1$  (5  $\mu\text{m}$  porediameter) og  $F_2$  (0,2  $\mu\text{m}$  porediameter).  $F_2$  ligger på et nett (N) (Spurny et al., 1976).

Det er også viktig at partiklene fordeles jevnt på filteroverflaten. En måte å gjøre det på er ifølge Bartosiewicz (1973), å modifisere NIOSHs\* anbefalte filterholder. Han kom frem til at det bak luftinntaket, som ble innsnevret til 0,150" (diameter), burde være et hulrom (plenum) med distanse til filteroverflaten tilsvarende minst hulrommets diameter. Bak filteroverflaten kom neste hulrom med distanse til uttaket lik hulrommets halve diameter (figur 5).



Figur 5: Bartosiewicz (1973) modifiserte NIOSH-filterholder som gir en forbedret partikkelfordeling.

ISOs foreslåtte standard som gjelder TEM-undersøkelse av asbest (ISO/TC 146/SG 3/WG 1 N22, 1989), foreskriver lufthastighet gjennom filteret på mellom 4 og 25 cm/s.

Det er viktig at filteret ligger tett an mot holder for å unngå lekkasje. Pakning er normalt nødvendig for å oppnå dette. Under tilstrømming av pakning vil det sprø filteret lett kunne skades.

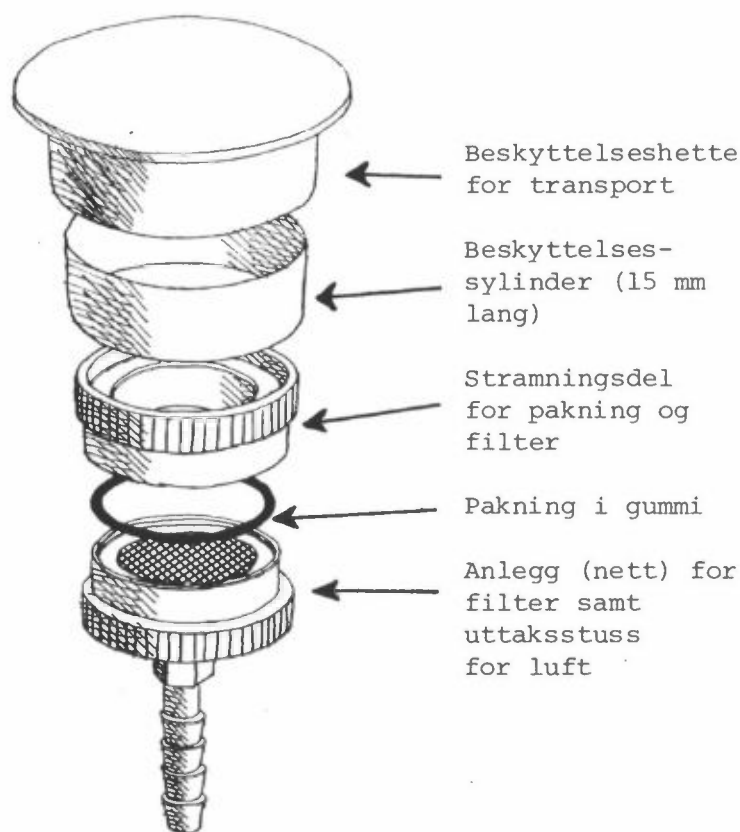
I de metoder som er kommentert her, foreskrives filteroverflaten plassert nedover, dvs. vendt mot bakken, i en høyde over bakken svarende til pustenivå.

### 3.1.3 NILUs prøvetakingsmetode

NILU bruker ved prøvetaking av partikler i luft en filterholder som vist i figur 6. Den anvendes både i inne- og utemiljø. Som figur 6 viser er den påmontert en beskyttelsessylinder i aluminium. Dennes øvre kant rager knappe 2 cm over filteret. Sylinderens lengde er i samsvar med foreslåtte ISO-standard (ISO/TC 146/SG 3/WG 1 N22, 1989). Tidligere brukte NILU sylinderlengde (4 cm) som foreskrevet av WHO (1985).

Filterholderen er dimensjonert for filtre med diameter 25 mm. Med en pumpekapasitet på rundt 8 l/min som er den kapasitet NILU bruker, får man en lufthastighet på ca. 37 cm/s, med en aktiv filteroverflate på 3,6 cm<sup>2</sup>. Dette er en atskillig høyere lufthastighet enn foreskrevet i de foran nevnte standarder.

En har også valgt å la den eksponerte filteroverflaten vende horisontalt oppover. Grunnen til disse avvik er å søke i de mineralfiberfattige miljøer vi oftest måler i. Vi er avhengig av å samle mye støv på filteret for å oppnå tilfredsstillende statistikk. Vår metode samler ikke bare svevestøv, men også nedfallsstøv som gir oss de eventuelt store fibre, og som vi også er interessert i. Det er derfor sannsynlig at vi ved denne fremgangsmåten vil få en noe for høy verdi (overestimert) i forhold til standardmetodene.



Figur 6: NILUs filterholder for prøvetaking av partikler i luft.

Om fibermengden i luften er stor kan luftgjennomgangen reduseres enten ved å regulere pumpen eller, hvis dette ikke er mulig, kan en forsevre (strupe) luftslangen mellom pumpe og filterholder. En tredje mulighet er kortere eksponeringstid. Overlessede filtre er lite egnet for mikroskopering.

Slangen som anvendes må være fleksibel, og så lang at ikke vibrasjoner fra pumpen overføres til filterholder. En enkel måte å sjekke dette på er å betrakte filteret i mikroskop mens pumpen går.

#### 3.1.4 Elektrostatisk ladning

Et stadig tilbakevendende problem er elektrostatisk oppladning av filterholderoppsettet og også av filteret både før og etter oppholdstiden i filterholder. De få kjente undersøkelser som er gjort når det gjelder beskyttelsessylinderens elektrostatiske betydning har gitt

liten entydighet (Speight og Marsh, 1984; Knight et al., 1985). To konklusjoner ser det likevel ut for at en kan trekke. Den ene er at jording av beskyttelsessylindren har liten effekt. Den andre er at problemet synes først og fremst å være til stede når omgivende luft er meget tørr (Johnston et al., 1987), dvs. hovedsakelig innendørs, og det er da all grunn til å være oppmerksom på denne kilden til feil.

Membranfiltrene blir lett så elektrostatisk ladet at det skaper problemer ved håndtering og eventuelt veiing. For å avhjelpe dette kan en blant annet tilsette filteret hyamine. Fremgangsmåte for dette finnes i vedlegg C.

#### 4 BEHANDLING AV FILTER VED LYSMIKROSKOPI

For å kunne identifisere fibre som ligger på membranfilter i lysmikroskop, må en minst gjøre filteret lystransparent, men ofte er det nødvendig å fjerne filtermassen slik at bare partiklene er tilbake.

##### 4.1 KLARING AV MEMBRANFILTER

Det er to måter å gjøre membranfiltre (eksempelvis Millipore RA) av blandede cellulose-estere lystransparente på (Shenton-Taylor og Ogden, 1986). Den ene metoden går ut på å fylle porene i filteret med en væske med nærliggende brytningsindeks ( $ND = 1,49$ ). Dette skjer ved at væsken spres på objektglass, og en filterbit plasseres på væsken. Etersom porene fylles, blir filteret transparent. Filteret kan også mer eller mindre løses i væsken. Brukbare væsker er glyserol triacetat (triacetin), sykloheksanon ( $N_D = 1,450$ ), etylenglycolmonometyleter ( $N_D = 1,408$ ), og en blanding av dimetylftalat og dietyl oksalat (1:1, volum del). Sistnevnte krever ca. 1 time for å gjøre sin virkning, mens triacetin kan ved svak oppvarming gi transparenthet nesten umiddelbart. Dekkglass kan så plasseres over det hele.

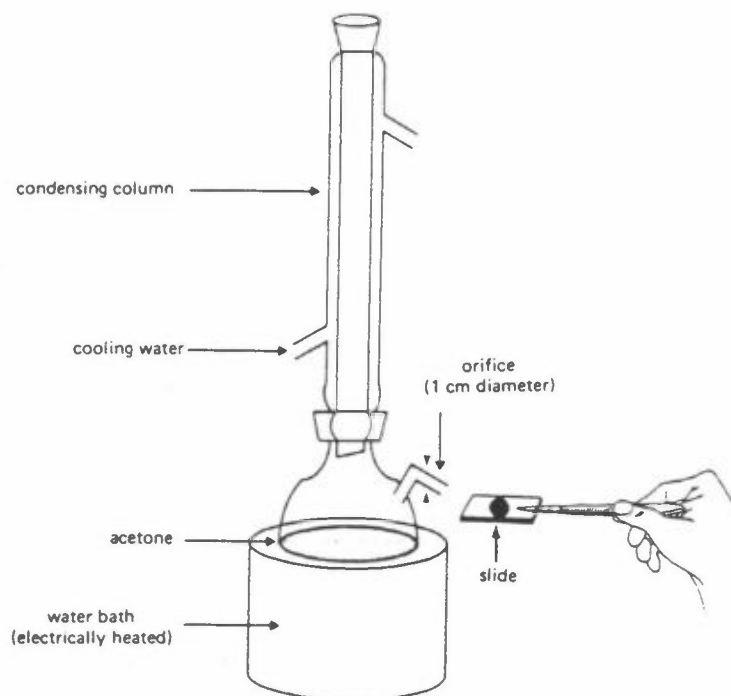
Ulempene ved anvendelsen av de nevnte væsker er den dårlige holdbarhet de gir preparatet (et par dager for ftalat/oksalat og noen uker for triacetin). En risikerer også at partiklene på filteret forskyver seg

og synker i den oppbløtte filtermasse. Dette gir fokuseringsproblemer ved mikroskoperingen, særlig ved forstørrelse 500X og mer. For å dempe denne effekten, kan filtrene tilsettes perspeks løst i kloroform før triacetintilsetning eller ved å tilsette rent filtermateriale (50 mg/ml løsning) til ftalat/oksalat-blandingen ( $ND = 1,46$ ) (Keenan og Lunch, 1970). Sistnevnte blanding har en brukstid på 6 mndr. Filter neddyppet i denne væsken vil bli nesten fargeløst etter ca. 15 min og fullstendig fargeløst etter en dag. Etter to dager kan en få partikkelvandring (migrasjon) og krystallgroing. Tellingene kan også starte ca. 5 min etter tilsetting, men da bør den være gjennomført innen 2 timer. I første alternativ tilsettes løsningsmidlet ved å ha en å to dråper på objektglasset, hvorpå en legger filteret med eksponert side opp. I andre alternativ legges løsningsdråpene inntil filteret. Dekkglass brukes i begge tilfeller. Vending av filteret (dvs. eksponert side lagt mot objektglasset) kan også i noen tilfeller hjelpe. Til slutt skal nevnes at en naturligvis kan gå ned i forstørrelse, hvilket også er nødvendig ved bruk av identifikasjonsmetoden "dispersion staining" som beskrives senere.

Et mindre brukt klaringsmiddel er blandingen dioksan (85%), triacetin (10%) og vann (5%). For SEM-analyse anbefales en blanding dioksan (33%) og sykloheksan (67%) (WHO, 1985).

Den andre klaringsmetoden går ut på å tilsette filteret en væske eller kondenserende damp som mykner filtermaterialet så mye at porestrukturen bryter sammen. Væsken dampes deretter av, og det blir igjen en fast plastfilm som er mye tynnere enn det opprinnelige filteret. Fokuseringsproblemer ved mikroskoperingen blir nå mindre. Eksempel på dette er varm acetondamp. Innretning for dette er vist i figur 7. Et annet eksempel er om filteret tilsettes en blanding av vann (50%), dimetylformamid (35%) og eddiksyre (15%).

Det er nødvendig å ha en væske mellom plastfilmen (opprinnelig filter) og dekkglasset for å få god optisk kontakt. Triacetin og Euparal er mye brukt til dette. Euparal ( $N_D = 1,485$ ) som føres av firma CCM (General Biological, Inc., 8200 South Hoyne Avenue, Chicago, Illinois 60620) gir sammen med vann, dimetylformamid og eddiksyre, et meget godt preparat med lang levetid og høy transparenthet (Shenton-Taylor og Ogden, 1986).



Figur 7: Apparaturopsett for klaring av cellulose-ester filtre med varm acetondamp (WHO, 1985).

En kan også klargjøre filteret med en blanding av amyl- og etylacetat (1:1). Etter tilsetning og tørking eksponeres filteret for kald acetondamp noen få minutter. Væsken 1,1,1-trikloretan kan brukes mellom prøve og dekkglass.

En rekke væsker til mikroskopi er for øvrig nevnt i "The Particle Atlas" side 308 (McCrone et al., 1973-1980). Dersom disse ikke løser cellulose-esterne, er det bare de som har brytningsindekser nær 1,49 som kan anvendes til klargjøringsmiddel for de aktuelle membranfiltrene.

For krysotilasbest på cellulosenitratfilter kan en ved å bruke en væske bestående av sykloheksanon og kanel (= "cinnamic") aldehyd ( $N_D = 1,550$  for  $\lambda = 580$  nm), få frem dispersjonsfarger i overgangssjiktet mellom fiber og væske. Ved rotasjon av polarisasjonsfilter vil en få fargeskiftninger mellom lys blå og mørk blågrå. Metoden er brukt ved forstørrelse 500X (König og Sengbusch, 1977).



#### 4.2 FJERNING AV FILTERMASSEN (NILUS METODE)

For å oppnå en pålitelig identifikasjon av fibre ved hjelp av mikroskopering basert på brytningsindekser og "dispersion staining"-teknikk, er det nødvendig å fjerne filtermaterialet. Problemet er å gjøre dette på en skånsom måte, slik at partiklene en vil undersøke ikke blir påvirket eller i verste fall går tapt.

Det er beskrevet en rekke måter å gjøre dette på, og de er hovedsakelig beregnet på elektronmikroskopi (Bartosiewicz, 1973; Ophus et al., 1978; WHO, 1985; Keenan og Lunch, 1970; Vaughan et al., 1981; Snyder et al., 1987). Prinsipielt dreier det seg enten om oksydasjonsmetoder ved lav temperatur eller utvasking av filtermassen ved løsningsmidler. Metodene er stort sett omstendelige og tidkrevende.

NILU bruker en noe enklere foraskingsmetode basert på at mineralfibre har et atskillig høyere smeltepunkt enn organiske fibre og at egne undersøkelser har vist at en ikke registrerer fibertap som følge av prosedyren. Prosedyren går ut på å skjære ut en firkant (0,5-1 cm<sup>2</sup>) av filteret. Filterbiten legges med eksponert side ned mot et objektglass som er fuktet med f.eks. triacetin eller en collodiumopløsning.

Triacetin er fordelaktig å bruke dersom en før foraskingen vil foreta en mikroskopiundersøkelse gjennom et klargjort filter. Dette oppnås straks en tilfører litt varme.

Som varmekilde ved foraskingen, anvendes spritflamme. Objektglasset med filter holdes over flammen fra 5 til 10 min noe avhengig av hvor raskt foraskingen skjer. Temperaturen på oversiden av objektglasset kommer opp i ca. 500<sup>0</sup>C (målt med termoelement i Zn-smelte). Det er lurt å plassere filteret nær endehjørnene av objektglasset. Da er sjansen for at glasset skal sprekke liten. En må være oppmerksom på at denne behandlingen for noen fibre kan være hard. Dette ser en ved at brytningsindeks i noen tilfeller øker (f.eks. krokidolitt). Krysotil synes ikke å endre seg. Om en har de fibre en søker etter tilgjengelig, bør en på forhånd undersøke dette forhold.

Oppvarmingen av objektglasset gjør at dette kan vise anisotrope\* egenskaper. Det fører til at en del lys slipper gjennom mellom kryssede polarisasjonsfiltre.

Det er ikke undersøkt om den beskrevne metoden er brukbar for submikroskopiske fibre.

## 5 IDENTIFIKASJON AV MINERALFIBRE

Selv om elektronmikroskopi (TEM) mer og mer blir vanlig ved asbestundersøkelser, både for identifikasjon og kvantifisering, er lysmikroskopet meget vel anvendelig til dette i mange tilfeller. Ved bestemmelse av asbest i materialer, gir lysmikroskopi klart det raskeste svaret. Når det gjelder undersøkelser av asbestfibre i luft kan lysmikroskopet bare brukes i asbestrelatert industri eller i miljøer hvor asbest er et støvproblem. Asbestfibre i omgivelser utenfor de nevnte miljøer vil normalt være submikroskopiske. Disse, såkalte fibrillene (minste fiberenhet) er små nok til å holde seg svevende over lengre tid og er således i stand til å opprettholde et bakgrunnsnivå. Studier av disse fibre krever anvendelse av TEM.

### 5.1 METODE-OVERSIKT

Før en spesifikt går inn på lysmikroskopi som undersøkelsesmetode, skal vi presentere en metode-oversikt. Tabell 1 viser en sådan (Keenan og Lunch, 1970).

Med "scanning" elektronmikroskopi (SEM) er det praktisk mulig å se asbestfibre med tykkelse nær  $0,1 \mu\text{m}$  og bare i unntakstilfeller kan fibre med diameter ned til  $0,05 \mu\text{m}$  sees. SEM gir imidlertid mulighet for "energi dispersiv" røntgenanalyse (EDXA) hvor grunnstoffer med atomnummer  $>11$  kan identifiseres ned til fiberdiametere på  $0,2 \mu\text{m}$ , slik at mineralfibertype kan bestemmes.

Tabell 1: Karakteristika for ulike undersøkelsesmetoder for fiber (Keenan og Lunch, 1970).

Method	Application	Characteristic Determined	Type Sample	Comments
Light Microscope Light Field (100X)	Detection and Enumeration	Total dust	Impinger	Traditional standard method for evaluating asbestos exposure
Phase Contrast (400X)	Detection and Enumeration	Fibers by shape	Membrane filter and lung residue	New method for tentative asbestos TLV. Do not see fibers smaller than about 0.1 $\mu$ diameter
Dispersion Staining	Identification	Refractive Index	Bulk or airborne dust	Distinguish asbestos from non-asbestos fibers
Electron Microscope	Detection and Identification	Fiber by shape Fine structure	Bulk, airborne dust and lung	May identify fibers with unique fine structure
X-ray Diffraction	Identification and Analysis	Crystal structure	Bulk, airborne dust (>1.0 mg)	Cannot distinguish fibrous minerals of same crystal structure
Atomic Absorption	Analysis	Elemental composition	Bulk and airborne dust	Sensitive enough for trace elements in mg samples and gross composition of count samples
Emission Spectroscopy	Analysis	Elemental composition	Bulk	Gross and trace constituents
Electron Microprobe	Detection, Identification and Analysis	Elemental composition	Bulk, airborne dust and lung	May determine gross composition of selected fibers and grains

Transmisjonselektronmikroskopet (TEM) gir enda bedre mulighet for identifikasjon. De aller minste fibrene (0,01  $\mu$ m) kan visualiseres med dette instrumentet, og en kan også her analysere enkeltfibre kjemisk (TEM-EDXA). "Selected area electron diffraction" (SAED) teknikken som brukes til å måle små avstander i fibrenes krystallgitter, regnes som den mest nøyaktige identifikasjonsmetoden. Den er bare mulig i kobling med TEM (OECD, 1989).

En instrumentsammensetning som noe forenklet kan sies å være en kombinasjon av SEM og TEM kalles STEM\*.

For øvrig finnes en rekke identifikasjonsmetoder bygget på til dels helt andre prinsipper enn nevnt hittil. En kan ikke komme nærmere inn på dem her, men skal bare summarisk nevne dem.

Gadsden et al. (1979) beskriver en metode for bestemming av krysotil ved hjelp av infrarød spektrometri. Metoden har begrenset anvendelse.

Kjemiske metoder er nevnt blant annet av Lockwood (1974) og Kim et al. (1981). Slike tester har ofte begrenset pålitelighet (Østenstad og Rose, 1986). Lockwood nevner fordelene ved å bruke flussyre som oppløsningsmiddel for asbest. Den gir rask nedbrytning av silikatet og fullstendig avdamping av Si som  $\text{SiF}_4$  allerede ved  $130^\circ\text{C}$ .

"Staining"-teknikker hvor en bruker fluoriserende fargestoffer som absorberes mer eller mindre selektivt av de ulike fibre, er interessante metoder. Teknikker som er spesielt egnet for krysotil er beskrevet av Benarie og Bodin (1979) og Albright et al. (1952).

## 5.2 LYSMIKROSKOPI

### 5.2.1 Mikroskoputstyret

Mikroskopet må være utstyrt for gjennomfallende lys, fasekontrast, polarisator og analysator. Det vil også være en fordel om mikroskopbordet er roterbart. Muligheter for innsetting av kompensatorer (retardasjonskiler) kan i sjeldnere tilfeller være nyttig.

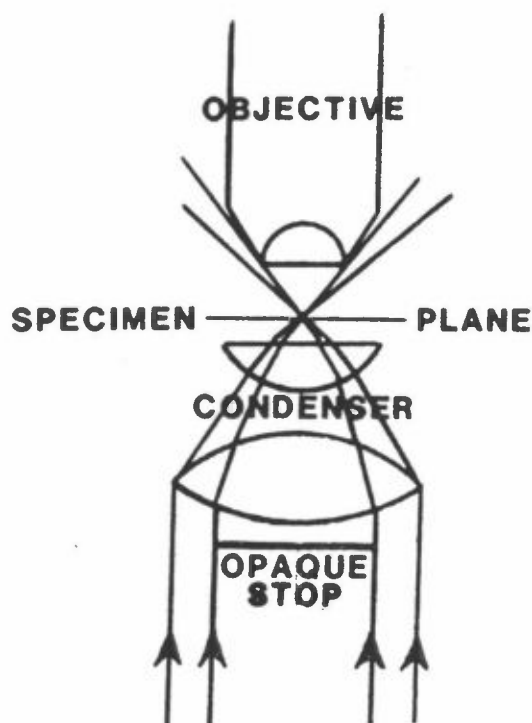
Polarisert lys er ikke nødvendig for å få frem DS-farger (se pkt. 5.2.4), men dersom DS-fargen skal relateres til en definert brytningsindeks til dobbeltbrytende materialer, må en bruke polarisert lys (Ganotes og Tan, 1980). Mikroskop utstyrt med fasekontrastkondensator kan normalt på en enkel måte brukes til å fremkalle DS-farger. Dette skyldes at kondensatorer gir hule lyskjegler med stigende diametere tilpasset objektiver med økende forstørrelse (figur 9).

Lyskjeglene dannes ved hjelp av sentralblendere som sitter under kondensator. Når alle lysstråler i den hule belysningskjeglen blir slik

vinklet at de faller utenfor objektivets lyskjegle, oppnås mørkfeltbelysning (figur 8). Ingen stråler når da øyet, og bakgrunnen vil bli sort.

Når en skal anvende DS-teknikken, innstilles først mikroskopet prosedyremessig som ved fasekontrastbelysning. En setter deretter inn den fasekontrastblender som gir best DS-resultat, dvs. de klareste fargebilder av et kjent preparat.

For Olympus-vanox universalmikroskop, fås gode DS-farger med objektiv 10X eller 20X med fasekontrastblender for 100X innsatt (Okular 10X). Kondensorblender skal være helt åpen. Type objektiv synes ikke å være så viktig. Med tilgjengelig utstyr har det ikke vært mulig å få tilfredsstillende DS-bilder med sterkere objektiv enn 20X. En kan imidlertid øke forstørrelsen ved å bruke kraftigere okular, f.eks. 25X.



Figur 8: Mørkfeltbelysning i mikroskopet, skjematisk fremstilt.

### 5.2.2 Innledende undersøkelser

Da en del fibre kan forveksles, og da prinsippene for identifikasjon er stort sett de samme, skal vi gjennomgå hvordan de fleste av de vanligst forekommende fibre i vårt miljø kan gjenkjennes, både uorganiske og organiske fibre.

Har vi materialprøve til rådighet, bør vi starte med en forhåndsundersøkelse i stereomikroskop ved lav forstørrelse (20-50X). En vil da kunne bedømme materialets homogenitet, og ofte vil en også kunne si noe om materialets sammensetning og om hvordan en videre bør angripe identifikasjonsoppgaven. En vil her også ha mulighet til å plukke ut enkelt-fibre for videre undersøkelse. Av og til kan det være hensiktsmessig å rense fibre før f.eks. "dispersion staining"-undersøkelse (Taylor og Bloom, 1980).

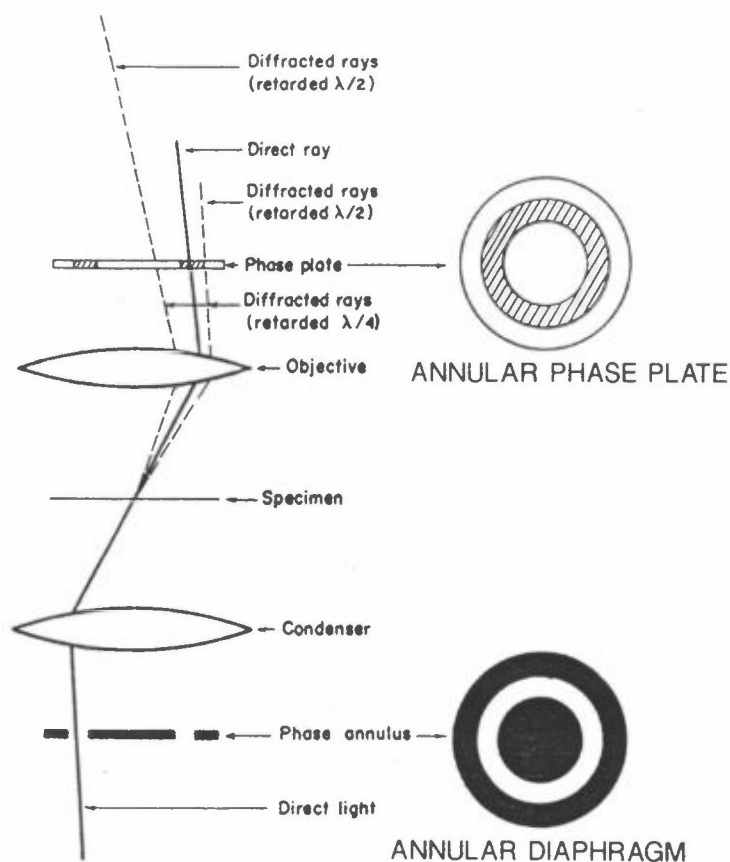
Før en går videre til en mer selektiv identifikasjon, vil det i noen tilfeller være mulig å angi vol % av de ulike fibre i materialet ved bruk av stereomikroskop. Praktiske mengdegrupperinger kan være: <1%, 1-5%, 5-15%, 15-30%, 30-50%, 50-75% og >75%.

En annen og grovere gruppering er: Spor (<2%), mindre mengde (2-50%) og større mengde (>50%). Erfaring viser at laboratorier lett overestimerer fibermengden.

### 5.2.3 Fasekontrastmikroskopi (PCOM)

Den klassiske måten å telle fiber på er ved hjelp av PCOM, og standarder bygger på den (WHO, 1985; NS 4853, 1982).

Mikroskopi ved hjelp av fasekontrast er en teknikk som gir øket bildekontrast frembrakt ved interferens mellom direkte og brutte lysstråler fra preparatet (se figur 9) (McCrone et al., 1973-1980).



Figur 9: Lysgangen ved fasekontrastmikroskopi. En ser strålegangen for direkte (bakgrunns)lys og brutt lys (McCrone et al., 1973-1980, side 40).

Denne metoden er spesielt nyttig ved bestemming av brytningsindeks ( $N_D$ ) på partikler ned til  $1-2 \mu\text{m}$ . Det begynner da å bli vanskelig å anvende Becke-linjen\*. Hvis partikkelen har lavere  $N_D$  enn den væsken den er neddyppet i, får vi positiv fasekontrast. Partikkelen vil da fremtre mørk på lys bakgrunn. Negativ fasekontrast får en om væsken har lavest  $N_D$ . Da blir partikkelen lys på mørk bakgrunn.

Innstilling av fasekontrast er beskrevet av produsent. Grunnlaget for innstilling av de fleste mikroskopiteknikker, er imidlertid Köhlers belysning. Den optimaliserer innstillingen av de ulike optiske elementer både for ortoskopisk\* og konoskopisk\* mikroskopering. Et hovedpoeng ved Köhlers belysning er at en fokuserer bildet av belysningskildens glødetråd i objektivets bakre fokale plan. Det slurves mye med denne viktige innstillingsprosedyren. Den er derfor (noe forenklet) gjengitt i vedlegg D ifølge Goldberg (1980).

PCOM er i prinsippet ingen identifikasjonsmetode, men gir et bilde av fibre med diameter helt ned til 0,2  $\mu\text{m}$ . Rooker et al. (1982) kom helt ned til 0,15  $\mu\text{m}$ ; men det forutsatte optimale betingelser med  $N_D$ -differanser mellom fiber og væske på rundt 0,04. Dette tilsvarer en faseforskyvning i lysprogresjonen på  $4^\circ$ . Forholdet mellom faseforskyvning i grader ( $\emptyset$ ) og  $N_D$  for partikkel og væske ( $n_1$  og  $n_2$ ) samt partikkelens tykkelse i  $\mu\text{m}$  ( $d$ ) og lysets bølgelengde i  $\mu\text{m}$  ( $\lambda$ ) er uttrykt ved formelen

$$\emptyset = \frac{(n_1 - n_2)d \cdot 360}{\lambda}$$

Mikroskopisten har ikke andre identifikasjonskriterier enn utseende, basert på sin hukommelse. Det vil også gå frem av mikroskopbildet hvorvidt  $N_D$  er høyere eller lavere enn  $N_D$  for væsken partikkelen er neddyppet i (Becke-linjen). Stort lengre enn dette kommer en altså ikke med PCOM. Derfor er metoden i hovedsak bare anvendelig i fiberrelaterte industrimiljøer, hvor en har mye fiber, og hvor en vet hvilke fibre som dominerer. Selv i slike tilfeller må en være oppmerksom på at pga. at fibre er små, er sjansen for underestimering atskillig større for amositt og krystotil enn for de fleste MMMF og de andre asbesttypene. Dette tar ikke grensenormer hensyn til. En vil for øvrig komme tilbake til PCOM under kapitlet om telling.

#### 5.2.4 "Dispersion staining" (DS)

Dispersion staining (DS)-teknikken og andre teknikker som anvendes i kombinasjon med denne er inngående beskrevet av McCrone et al., 1973-1980, side 97-114 og side 1158-1165 og av Grabar (1962).

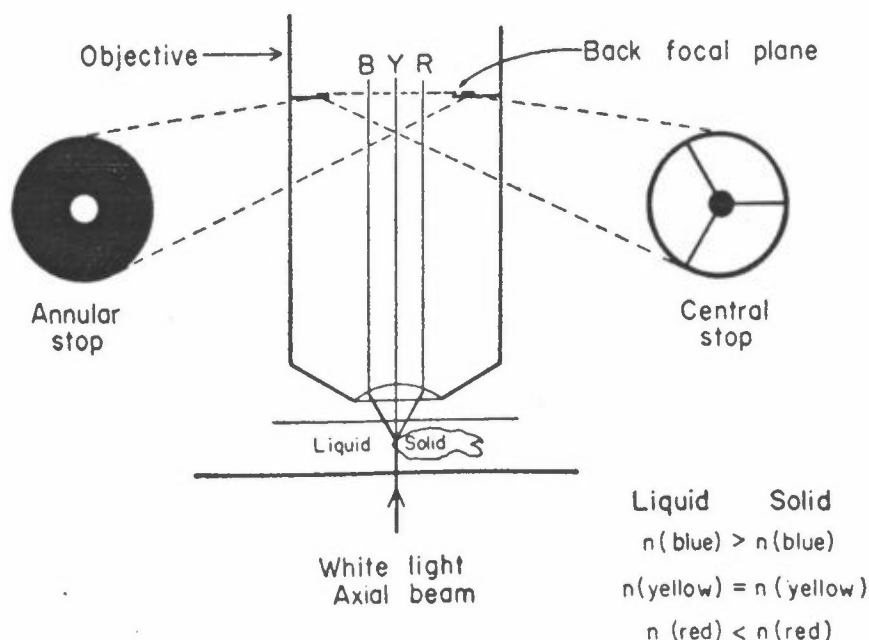
DS er en teknikk for å identifisere stoffer i mikroskop ved optisk å frembringe karakteriserende farger.

Dette oppnås ved å dyppe prøven i en væske (DS-væske) med brytningsindeks ( $N_D$ ) i nærheten av prøvens  $N_D$ , men med betydelig forskjell i lysspredning (dispersjon\*). For å nyttiggjøre seg denne lysspredningsforskjell for å få frem farger, brukes spesielle blanderanordninger.



Vi skal se nærmere på den delen av teorien som er nødvendig å tilegne seg for å kunne bruke denne identifikasjonsmetoden, og da spesielt med tanke på fibre.

Brytningsindeks til et stoff refereres strengt tatt til monokromatisk lys med  $\lambda = 589 \text{ nm}$  (som er D-linjen i Na-spekteret), og som er gult. Stråler av hvitt lys som passerer gjennom en partikkel som ligger i en væske med brytningsindeks lik partikkelens, vil mer eller mindre brytes i partikkelen, alt etter bølgelengde. Bare de stråler som enten treffer partikkelen perpendikulært på overflaten eller som har  $\lambda = 589 \text{ nm}$  vil passere som om partikkelen ikke var der. Disse stråler vil altså ikke brytes. I en partikkels periferi vil en normalt ha mer eller mindre utpregede linse-effekter. Her vil da alle stråler unntatt  $\lambda = 589 \text{ nm}$  brytes og fortsette etter passasjen av partikkelen skjevt i forholdet til strålens opprinnelige forplantningsretning. Ved å plassere partikkelen i væsken i lysgangen i et mikroskop vil objektivet fange opp de gule sentrale stråler, mens de andre som er noe avbøyd vil kunne holdes utenfor lysgangen ved hjelp av en blender med et lite hull i midten, en såkalt ringblender (annular stop), som vist på figur 10.



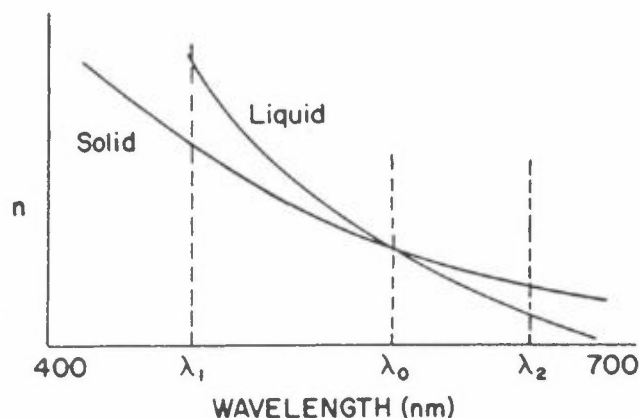
Figur 10: Skjematisk fremstilling av DS-effekten. Bruk av ringblender (annular stop) gir lysfelt-effekt og sentralblender (central stop), som anvendes ved fiberidentifikasjon, gir mørkfelt-effekt (McCrone et al., 1973-1980).

I partikkelens midte vil en god del stråler med hvitt lys møte horisontale flater og vil således nå øyet upåvirket. Det samme er tilfeller med lyset fra bakgrunnen. Bakgrunnen og partikkelens midte vil derfor bli lys, mens kun de gule stråler går ubrutt gjennom randen av partikkelen. Disse stråler når derfor øyet og partikkelen vil fremkomme med gul randfarge. De andre brutte strålene fra randen blir stoppet av ringblenderen.

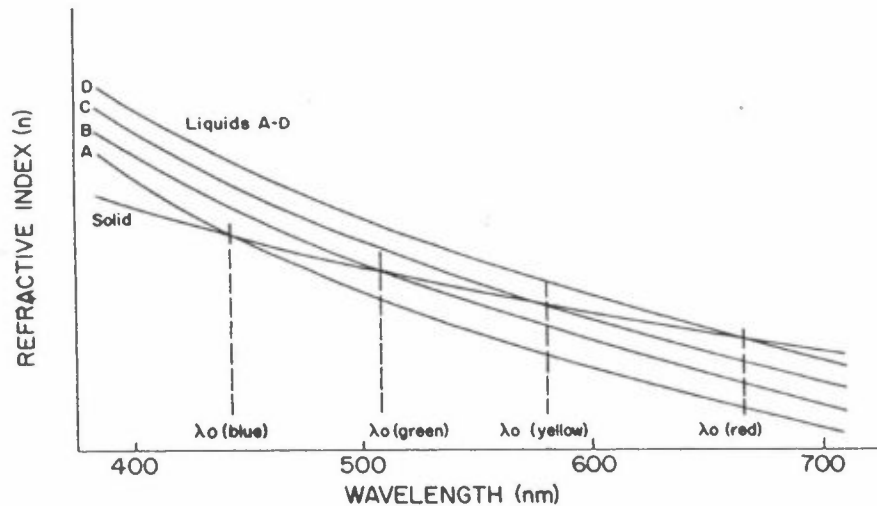
Ved å bruke sentralblender (se figur 10) istedenfor ringblender får en det komplementære bildet i mikroskopet hvor altså randfargen blir blå og bakgrunnen sort. Denne siste fremgangsmåten er mest anvendelig når det gjelder fiber. De DS-farger en derfor refererer til i tekst og tabeller for fibre er sentralblenderversjonen.

I det foregående har en forutsatt felles  $N_D$  for væske og partikkel. Dispersjonen må imidlertid være ulik, dess mer ulik dess bedre (se figur 11). Økt lysspredning gjør fargeatskillelsen lettere. Høydispersive væsker er derfor best egnet som DS-væsker. Dersom den felles brytningsindeks ( $\lambda_0$ ), dvs. dispersjonskurvens skjæringspunkt, er en annen enn  $N_D$  ( $\lambda = 589$ ), vil partikkelens randfarge være en annen enn gul (blå med sentralblender). Fargen vil tilsvare  $\lambda$  for dispersjonskurvenes skjæringspunkt (figur 12). En må huske på å konvertere denne  $\lambda$  til komplementærfargen, da DS-kurvene normalt er tegnet for ringblenderversjonen.

Dersom en kjenner partikkelens  $N_D$  kan en så å si velge hvilken randfarge en vil ha ved å bruke passende DS-væsker.



Figur 11: Dispersjonskurver for partikkel og DS-væske. Den felles brytningsindeks er vist med  $\lambda_0$ .

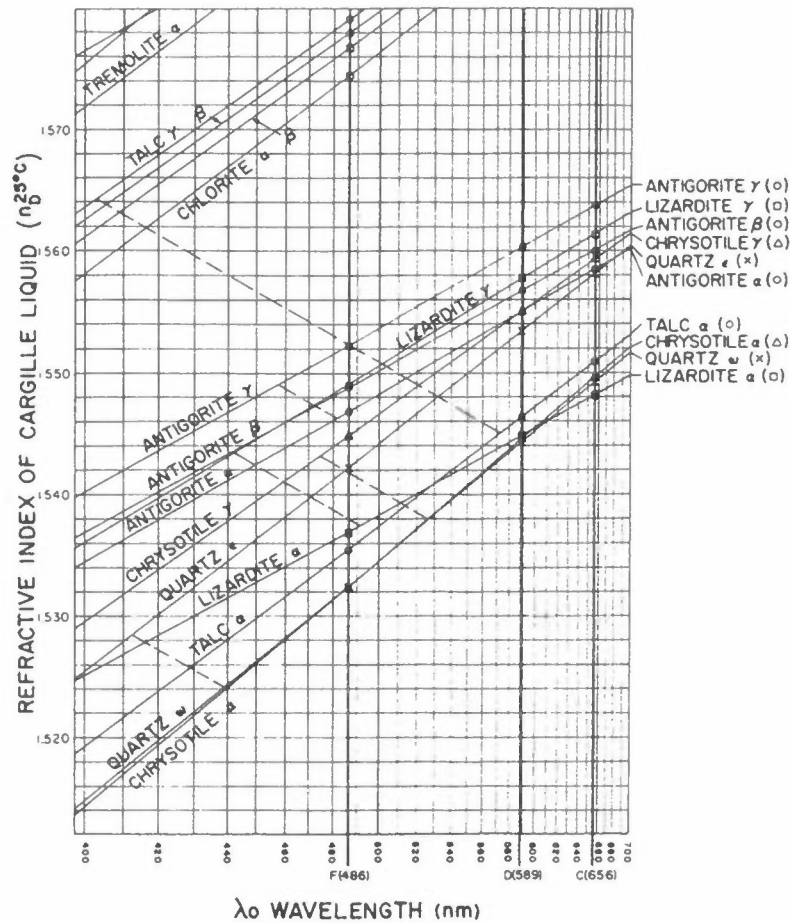


Figur 12: Dispersjonskurver for en partikkel og fire forskjellige DS-væsker. En ser hvilken randfarge en vil få ved bruk av de ulike væskene.

Mineralske stoffer har 1 (isotrope\*), 2 eller 3 (anisotrope) brytningsindekser. Tre indekser er det vanligste, og gjelder alle asbesttyper. Glass- og steinullfibre er isotrope og har således bare en brytningsindeks. Hvilken indeks en observerer avhenger av krystallgitterets orientering i forhold til innfallende lysstråler, som må være monokromatiske (dvs. av samme bølglengde) og polariserte (dvs. svinge i samme plan). For fibre er orienteringen enkel. En opererer med to svingeplan, det ene parallelt (II) med krystallens (fiberens) lengdeakse, det andre vinkelrett ( $\perp$ ) på samme akse. Lys som vibrerer parallelt med lengdeaksen vil møte en stofftetthet som vil gi  $N_D$  som vanligvis tilsvarer  $\gamma$ -indeksen, dvs. den høyeste av brytningsindeksene. I noen sjeldnere tilfeller kan en få  $\alpha$ , som er den laveste av indeksene ( $\beta$ -indeksen vil alltid ligge mellom  $\alpha$  og  $\gamma$ ).

#### 5.2.4.1 DS-kurver

På figur 13 ser en DS-kurver for blant annet et par asbesttyper. Y-aksen angir  $N_D$  for DS-væskene og X-aksen angir randfargen (DS-fargen) eller bølglengden ved hvilken det aktuelle stoff og væske har felles indeks ( $\lambda_0$ ). Av praktiske grunner er X-aksen valgt logaritmisk. Ut fra kurvene ser en hva brytningsindeks er, ikke bare for D-linjen, men for alle bølglengder innen det synlige spekter.



Figur 13: DS-kurver for noen asbester og vanlige mineraler (McCrone et al., 1973-1980, side 1377).

Kurven er basert på anvendelse av ringblender. I forbindelse med fiberundersøkelse brukes imidlertid sentralblender. Dette betyr at alle farger må inverteres, dvs. gis den komplementære fargeversjonen. Til dette kan en bruke tabell 2.

Tabell 2: DS-farger med korresponderende bølgelengder ved bruk av ringblender (annular stop) og sentralblender. Sentralblender brukes ved fiberanalyse. DS-fargene ved bruk av to lyskilder med ulik fargetemperatur er vist (McCrone et al., 1973-1980, side 1161).

$\lambda_0$ (nm)	Annular stop	Central stop	
		C source (6750 <sup>0</sup> K)	A source (2865 <sup>0</sup> K)
250	faint blue-black	white	white
325	blue-black	white	very pale yellow
380	dark blue	very pale yellow	pale yellow
420	dark blue	pale yellow	pale yellow
450	blue	light greenish-yellow	yellow
475	faint green-blue	yellow	yellow
485	light green-blue	yellowish-orange	yellow
490	blue-green	reddish-orange	yellowish-orange
500	green	purplish-red	reddish-orange
510	green	red-purple	red
540	yellowish-green	red-purple	purplish-red
560	yellow-green	reddish-purple	red-purple
570	light green-yellow	purple	reddish-purple
575	faint green-yellow	blue	purplish-blue
590	yellow	greenish-blue	blue
605	golden yellow	blue-green	greenish-blue
625	golden yellow	blue-green	greenish-blue
640	orange	pale blue-green	light greenish-blue
660	orange	pale blue	pale greenish-blue
700	faint brown-orange	pale blue	pale greenish-blue
740	brown-orange	very pale blue-green	very pale greenish-blue
775	dark brown-orange	very pale yellow-green	very pale yellow-green
850	dark brown-orange	very pale yellow-green	very pale yellow-green

<sup>0</sup> Colors noted are edge colors; just inside outer edges, colors are often different - especially with the central stop.

De fleste stoffer har lavere dispersjon enn DS-væskene. Følgelig vil økende  $\lambda_0$ , dvs. en forskyvning mot rødt, skje ved økende  $N_D$  på væsken og omvendt. Kurvene vil altså stige fra venstre mot høyre slik som vist på figur 13, men det finnes unntak. En del kromater har høyere dispersjon enn væskene. Da vil kurvene falle mot høyre. For å komme tilbake til sentralblender igjen er det viktig å ha klart for seg at dersom en får dyp blå til magenta DS-farger, befinner en seg nær aktuell  $N_D$ .

Er randfargen blek blå til blågrønn (med sentralblender), befinner en seg i høyre ende av DS-kurven, og er fargen blek gul til gul, er en i venstre ende av kurven. I siste tilfelle må en følgelig øke  $N_D$  på DS-væskene for å komme nærmere D-linjen som med sentralblender tilsvarer blå randfarge. Randfargen kan avvike en god del fra hva kurvene viser.

Det er flere grunner til det. Her kan nevnes ustabilitet på DS-væsken, stort temperaturavvik, eller at partikkelen kan ha anormal sammensetning. Fargetemperaturen på mikroskopets lyskilde kan også gi avvik fra forventet farge.

#### 5.2.4.2 Fremgangsmåte ved identifikasjon av fibre

En forutsetter i det følgende at filtermassen er fjernet og at fibrene befinner seg på et objektglass.

Da syntetiske organiske fibre såvel som mineralfibre (MF) kan typebestemmes ved hjelp av DS-teknikk, har en for fullstendigheten tatt med optiske data for organiske fibre (tabell 3), slik at en også kan bestemme disse. For å få gode og fremfor alt reproduserbare DS-farger av polymerfibre er det ofte nødvendig å redusere dobbelbrytingen\*. Dette kan gjøres ved varmebehandling etter retningslinjer som er beskrevet i referansene. Fibrenes dispersjon kan da bli så liten at en må anvende høydispersive DS-væsker for å få gode DS-effekter (McCrone et al., 1973-1980; Forlini og McCrone, 1971; Skirius, 1986). I tillegg til DS-data er det i tabell 3 ført opp en rekke andre identifikasjonskjennetegn som morfologiske\* og kjemiske egenskaper, fargerespons ved bruk av kompensator\*, dobbelbryting, utslokking\* og pleokroisme\*. En har også i utstrakt grad tatt med disse egenskaper for asbestene i tabellene 4 og 5. Det er vanskelig å bruke DS-teknikken uten å fjerne filtermassen helt. Dette kan gjøres ved en omstendelig løse- og utvaskingsprosess sammen med sentrifugering, men det blir neppe kvantitativt. Dette er kanskje heller ikke så viktig når det gjelder syntetiske fibre. Hvis de finnes i rikt monn, og det gjør de ofte, vil det være enklest å overføre manuelt de man ønsker å bestemme på et objektglass. En kan så gjøre DS-undersøkelse på dem etter de retningslinjer som er nevnt tidligere.

Identifikasjonskjennetegn for MF finner en i tabellene 4, 5 og 6.

Tabell 3: Organiske fibre, syntetiske og naturlige - egenskaper.

Fibertype	N <sub>D</sub> I/II	DS <sup>1</sup> (I/II)		Morfologi	Kompensator Red plate	Diverse (pU = parallell utsløking) (dB = dobbelbrytende)*
		N <sub>D</sub> = 1,520	N <sub>D</sub> = 1,550			
Akryl <sup>7</sup>	1,513/1,518	Blå-grønn/blå	Blek blå	Tykk, lang, glatt. Orlon har senter stripning.	Blå-grønn/gul	pU. Sterk dB. Mykner v/240°C og dekomponer ved smelting. Løselig i dimetylformamid, NB: N <sub>D</sub> I > N <sub>D</sub> II (α) (som for krokidolitt). Ufullstendig pU. Middels dB.
Animalske fibre (diverse)	/1,54-1,56	-	-	Tykk, lang, m/skjell, farget, hullrom.	Sterkt blå/gul	pU. Brukes i dekk for kjøretøy.
Aramid <sup>6</sup> , kevlar	1,641/2,37	(Hvit)	(Hvit)	Blek gul, glatt, ujevne linjer eller band på tvers av fiber. Lange.	-	pU. Lav dB.
Cellulose-acetat <sup>7</sup>	1,473/1,480	Blek blå	(Hvit)	Kontinuerlige striper. Fliset snitt.	Blå/gul	pU. Svak dB (eller isotropisk). N <sub>D</sub> I > N <sub>D</sub> II. Mørkner v/230°C, og smelter v/293°C. Løselig i kons. eddiksyre.
Cellulose-triacetat, arnel <sup>7</sup>	1,465	-	-	P. stripning langs lengdeakse. Arnel ikke helt glatt. Ikke-sirkulært snitt.	Meget svakt blå/gul	pU. Krymper v/135-155°C og smelter v/160°C. Løselig i varm aceton. En variant er Teklan (N <sub>D</sub> 1,520(I), 1,516 (II). Se for øvrig akryl.
Modakryl, dyne <sup>7</sup>	1,532/1,535	Gyllen gul/gul	Blek blå	Furet overflate.	-	Partiell U.
Papir	1,53-1,58	-	Blek gul/ blek blå	Korte remser, band gjerne huller, ofte vridde fibre.	-	"Bølgende" U. Oppgitt N <sub>D</sub> er for uttrukket materiale. For trukket er N <sub>D</sub> 1,636 (I) og 1,658 (II).
Fenol-formaldehyd, kynol	1,649	-	-	Gul, glatt.	-	U. Sterk dB. Tynek, viser "bølgende" U. Sterk dB. Smelter ikke. Dekomp. >370°C. Variant er Nomex, glatt: N <sub>D</sub> 1,665 (I), >1,8 (II).
Polyamid, nylon <sup>6</sup>	1,52/1,58	Blå/blek gul	Blek blå/ blek gul	Tykk, lang, synlig pigmentering (TiO <sub>2</sub> ), vanlig.	2. eller 3. orden pr. fiber	pU. Sterk dB. Interferensfarger lys grønn og rosa. Løselig i m-kresol.
Polyester, dacron <sup>6</sup>	1,535/1,710	Blek gul/(hvit)	Blek blå/(hvit)	Glatt, men kan være pigmentert. Lange fibre.	-	pU. Mykner v/145-150°C og smelter v/165°C og brenner med en lys røkfyllig flamme. Løses i varm "tri".
Polyetylen	1,52/ 1,56-1,570	Blå/blek gul	Blek blå/gul	-	-	P, men kan ha "bølgende" U. Sterk dB. Bomull: Innrullede sider og mangler U p.g.a. cellenes tvinning. N <sub>D</sub> : ~1,53 (I), 1,575 (II).
Polypropylen <sup>6</sup> (olefin)	1,496/1,530	Blek blå/blå	Blek blå	Lange fibre.	-	
Vegetabiliske fibre (diverse)	/1,50-1,60	-	-	Vinyon har ikke glatt overflate som glassfiber. Ikke sirkulært snitt.	Vanligvis sterk blå/gul	
Vinylklorid, vinyon	1,525	-	-	Viser strippethet. Sammenrullet tverrsnitt.	-	
Viskose rayon <sup>7</sup>	1,51-1,535/ 1,525-1,555	Blå/blek blå	Blek blå/blå		-	pU. Dekk-kord har ikke stripestruktur.

1) DS: "Dispersion Staining" hvor  $N_D$  står for brytningsindeks for de anvendte immersjonsvæsker. 2) Det finnes mange akrylvarianter. Det kan nevnes Orlon (med glans), Zefran, Acrilan (som er avglanset ved hjelp av pigment). Disse kan ha  $N_D$  noe i underkant av det oppgitte i tabellen for akryl. 3) Interferensfarger mellom kryssede polarisasjonsfiltre hvis ikke for sterk pigmentering som kan gjøre fibrene hvite i reflektert lys. 4) Lin har indeksene:  $\sim 1,525$  ( $\perp$ ) og  $1,59$  (II). Jute:  $\sim 1,53$  ( $\perp$ ) og  $1,576$  (II). Silke:  $\sim 1,545$  ( $\perp$ ) og  $1,595$  (II). 5) fungerer optisk som tilnærmet isotropisk. 6) Dette er en orientert ekstruert organisk polymerfiber. 7) Dette er fibre som er spunnet som løsning, og kan derfor krympe etter spinningen. Dette vil normalt gi et karakteristisk krympetverrsnitt og tilsvarende langsgående striper som imidlertid kan være usynlige på noen akrylater og viskose rayon.



Tabell 4: Typiske egenskaper til asbestene.

ASBEST-TYPER Kjemisk formel Div. andre navn	1. KRYSTALL $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$ Hvit asbest	2. KROKIDOLITT $Na_2Fe_3^+Fe_2^+Si_8O_{22}(OH)_2$ Blå asbest	3. AMOSITT $(Fe^2+Mg)_7Si_8O_{22}(OH)_2$ Brun asbest	4. ANTOFYLLITT $(Mg,Fe^2+)_7Si_8O_{22}(OH)_2$ Gul asbest	5. AKTINOLITT $Ca_2(Mg,Fe^2+)_5Si_8O_{22}(OH)_2$	6. TREMOLITT $Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$
Tilsv. ikke-asbestoid form Fiberorientering in situ.	Antigoritt På tvers, og langs åreveggene	Riebeckitt Tvers	Cumingtonitt-Gruneritt Tvers	Langs, uorientert	Langs eller som masse	Nefritt Langs eller som masse
Farge	Grønn, grå, gulaktig til hvit	Blå	Grå, gul til mørk brun	Hvit	Grønnlig	Gråvit, grønnlig, gulaktig og blålig
Glans	Silkeaktig	Silkeaktig til matt	Glassaktig, noe perlemorglans	Glassaktig til perle- morglans	Silkeaktig	Silkeaktig
Tetthet	2,4-2,6	2,8-3,4	3,1-3,6	2,8-3,2	3,0-3,2	2,9-3,2
Hardhet	Ripes meget lett m/kniv	God	God	Dårlig	Dårlig	Dårlig
Bøyelighet (spinnbarhet)	Meget god	1,44-4,66	1,44-2,58	2,45	-	-
Strekkfasthet ( $10^3 N/mm^2$ )	3,64-3,78	147-170	143	156	-	-
Elastisitetsmodul ( $10^3 N/mm^2$ )	145	6,7	-	8,4	-	-
Dielektr. konst. (220V/60 Hz)	33,7					
Sp. motstand v/50% RH ( $10^9 \Omega$ cm, sterkt RH-avhengig)	0,01-1	34-95	14-1 400	1 700-2 100	-	-
Varmebestandighet	God, men blir sprø	Dårlig, smelter	God, men blir sprø	Meget god	-	Bra
Fibrill diameter ( $\mu m$ ). Min.- verdier	0,02-0,025*	0,08	0,1	0,1-4	0,1-4	0,1-4
Kjemiske egenskaper	Danner gele av $SiO_2$ med HCl	Uløselig i syrer	Bare løselig i HF Blir sort ved rød- glødning hvis Fe-rikt	Dekomp. bare i HF Transformeres lett til talkum og antigoritt	Løselig bare i HF. Blir rødt ved rød- glødning.	Løselig bare i HF. Blir rødt ved rød- glødning.

\* Typisk 0,04  $\mu m$ . Skattemverdi på 0,01 er sett (Holt, 1988).

Tabell 5: Mineralfibre, syntetiske og naturlige - egenskaper.

Fibertype	Kjemisk formel	N <sub>D</sub>	DS		Diverse
			N <sub>D</sub> = 1.55	N <sub>D</sub> = 1.605	
Glassull <sup>1</sup>		1.51-1.55 (borsilikat- glass ≈ 1.47)			Fargeløse variable former for fiber som overgår til ikke-fibriøse former. Glassfiber er lengre rette fibre, sprø og med sirkulær diameter. Ikke formvariasjon som for ull.
Steinull <sup>1</sup>		1.50-1.70 (normalt 1.53-1.55)			Fargeløs, gul til gul-brun tone. Varierer i former og går også over i ikke-fibriøse former. Steinull vil alltid ha fibre som likner glassull. De høyeste N har en for slaggull. <sup>D</sup>
Mikrokvarts <sup>1</sup>		1.42-1.45			
Brucitt	Mg(OH) <sub>2</sub>	1.559-1.566(ε), 1.580(ω)	Gul til gyllen gul	Blek blå	Løselig i saltsyre.
Wollastonitt	Ca <sub>3</sub> (Si <sub>3</sub> O <sub>9</sub> )	1.616-1.640(00), 1.631-1.653(γ)	Meget blek gul	Lys gul og rød- magenta/ gul	Gelatineres med salt- syre (skiller ut SiO <sub>2</sub> ). Har alltid skjæv utslokning.
Talkum (steatitt)	Mg <sub>3</sub> [(OH) <sub>2</sub> /Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> ]	1.539-1.550(00), 1.589-1.600(γ)	Blekt gul (sjeldnere blå)	-	Har ufullstendig bølgende utslokning mellom XPF.
Zeolitter	Vannholdige Al-sili- kater av hovedsakelig Na, Ca og K	1.473-1.530(00), 1.485-1.545(γ)	-	-	Reversibelt tap av krystallvann; svelling ved oppvarming. Noen har ioneveksler- egenskaper.
Sjeldnere er:					
Sepiolitt	Mg <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub> ·2H <sub>2</sub> O	1.506-1.520(00), 1.525-1.529(γ)			Lyst leiremineral. Til utsmykning. Betyr egentlig "sjøskum".
Pektolitt	NaCa <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub> (OH)	1.594-1.610(00), 1.631-1.642(γ)			Forekommer i hulrom i diabaser.
Attapulgitt (palygorskitt)	(Mg,Al) <sub>2</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>4</sub> H <sub>2</sub> O				Leirmineral. Til fullerjord (valke- jord), fargeabsorbent. Suspensjonsmiddel, oljeborevæske, for- tykningsmiddel i latex.
Szaibelyitt	(Mg,Mn)BO <sub>3</sub> H	1.575(γ), 1.650(γ)			Finnes i jernårer, og som overflatedekke på serpentinminerale.

1) Fabrikprodusert. Er isotrope og isomorfe, hvilket fører til at de bare har en brytningsindeks i alle retninger, at de forblir i utslokningsposisjon ved rotasjon mellom kryssede polarisasjonsfiltre (XPF) og at de mangler pleokroisme.

Tabell 6: Asbest - optiske egenskaper.

Parameter	Krysofit	Krokidolitt	Amositt	Antofyllitt	Aktinolit	Tremolit
$N_D^{-1}$ Hovedintervall	1,545-1,557	1,680-1,696	1,689-1,696	1,60 -1,63	1,62 -1,68	1,60 -1,63
$N_D(\alpha)$	1,529-1,560	1,654-1,698	1,633-1,686	1,596-1,674	1,613-1,668	1,599-1,620
$N_D(\beta)$	1,530-1,567	1,683-1,700	1,647-1,709	1,605-1,685	1,627-1,676	1,613-1,626
$N_D(\gamma)$	1,537-1,567	1,666-1,712	1,654-1,729	1,615-1,697	1,638-1,686	1,625-1,642
$P(-/II)^2$	Ingen, men ved høyere Fe-innhold kan fås bleke farger i gul-grønn/gulgrønn-oransje	Gulbrun til gulgrønn ( $\gamma$ )/grønnblå til gul ( $\alpha$ ), stålblå til blå ( $\beta$ )	Hvis varmebeh.: gul-oransje/oransje rød. Hvis høyt Fe-innh.: bleke farger: gulaktig-brun/brun-gul eller grønn	Svak P selv med økende Fe-innhold	Bleke gulgrønne og blågrønne farger (sees best i DS-væske med $N_D = 1,63$ hvor $\alpha$ gir magenta DS-farge)	Ubetydelig P
Polarisasjon Komp. Utslokning	Blek gul/blek blå Parallell ( $\gamma$ )	Gråblå/blå 10-20° ( $\alpha$ varme $\gamma$ )	Parallell	Parallell ( $\gamma$ )	15-19°	19-21° (hvis II, beveg fiberen)
DS-data <sup>4</sup> (-/II)						
1,550	Blågrønn/magenta	(Hvit)	(Hvit)	Blek gul	Meget blek gul	Blek gul
1,580	Blå	(Hvit)	(Hvit)	Gul-oransje/gul	-	Gul-oransje/gul
1,605	-	(Hvit) - blekgul	(Hvit) - blekgul	Magenta/blek gul	Gul	Magenta/gul
1,619	-	-	-	Blå/purpur	-	Blå/purpur
1,630	-	-	-	-/blå	Gyllen magenta	-
1,660	-	-	-	Lys blå/blå	-	-/rødlig blå
1,670	(Sølvaktig)	Gul/guloransje	Blå/-	Lys blå/blå	-	Lys blå/blå
1,680	-	Lys gul/gyllen gul	Magenta-blå/gyllen gul <sup>6</sup>	-	-	-
1,700	-	Rød-magenta/blå-magenta	-	-	-	-

Dersom data mangler merkes med -.

1)  $N_D^{-1}$  = Brytningsindeks i fiberens lengdeakse. 2) P = Pleokroisme. 3)  $N_D(\alpha)$ ,  $N_D(\beta)$ ,  $N_D(\gamma)$  = fiberen orientert henholdsvis vinkelrett/parallell med innfallende polarisert lysstråle. 4) Komp. = Polarisasjonsfarger ved innføring av kompensator (rød plate). 5) DS-farger ved bruk av væsker med angitt brytningsindeks. Dersom en får bleke blåfarger ved  $N_D = 1,68$  og bleke gulfarger ved  $N_D = 1,55$ , bør en prøve  $N_D = 1,605$ . 6) Uten polarisert lys vil tremolitt vise dyp blåpurpur DS-farger, mens antofyllitt vil vise enten blått eller blåpurpur. 7) Etter oppvarmingen øker  $N_D$  og en kan få DS-fargene gul/rød.

For å kunne identifisere MF-type med lysmikroskop, fjerner en filtermasse og organisk materiale ved lavtemperatur-forasking i spritflamme (se pkt. 4.2). MF og diverse andre uorganiske mineralske stoffer blir tilbake på objektglasset.

Det er vanlig å starte med en DS-væske med  $N_D = 1,55$ . Over væsken legges dekkglass. Dekkglassene er ofte unødig store. De kan deles ved å legge dem på et tynt og bløtt underlag og presse med en spiss gjenstand mot sentrum. Ved å prøve seg fram kan en oppnå 4 firkantede små dekkglass av det ene store. Dekkglassene behøver ofte ikke være større enn  $0,5 \text{ cm}^2$ .

Det er hensiktsmessig å ha polarisator inne under DS-undersøkelse. En forutsetter også at mikroskopet har en analysator. Analysatoren er lik polarisatoren. De er bare plassert på hver sin side av objektet, analysatoren nærmest øyet. Ved å dreie på analysatoren  $90^\circ$  i horisontalplanet vil det polariserte lyset som kommer fra polarisatoren via preparatet stoppes av analysator. Anisotrope stoffer (f.eks. asbestene) har evnen til å vri polarisasjonsplanet og vil føre til at noen stråler vil passere analysatoren og fremkomme som lysende partikler mot en mørk bakgrunn. Glassull- og steinullfibre er isotrope og har følgelig ikke evnen å vri polarisasjonsplanet. En vil derfor ikke kunne se disse fibrene mellom kryssede polarisasjonsfiltre. En bør imidlertid rotere mikroskopbordet da også asbestene i bestemte orienteringer (når lengdeaksen er nær øst-vest og nord-syd retning) vil ha utsløkning og således bli usynlig.

Ved å bruke passende DS-væsker kan en skille mellom ulike glassfibre og ulike steinullfibre basert på selv meget små forskjeller i  $N_D$ . Passende DS-væsker fås ved å prøve seg frem ved hjelp av Becke-linjen. Det har vist seg ved varmebehandlingen av objektglasset, at det dessverre får en viss evne til å vri det polariserte lyset. Dette skyldes sannsynligvis at oppvarmingen av glasset er partiell. Spenninger og forstyrrelser i glass-strukturen gir  $N_D$ -variasjoner. Fenomenet gir varierende mørkhet i bakgrunnen ved rotasjon av mikroskopbordet mellom kryssede polarisasjonsfiltre. Selv om dette kan være sjenerende, går det vanligvis bra likevel. Det er mulig at en spesiell varmebehandling av objektglasset kan avhjelpe dette.

Dersom fibrene lyser opp mellom kryssede polarisasjonsfiltre ved rotasjon av mikroskopbordet, kan en ha berettiget mistanke om asbest. Gir fibrene også DS-farge ved  $N_D = 1,55$ , er sannsynligheten for krysotil-asbest stor. Ved å plassere analysator i null-posisjon og rotere bordet slik at fiberen er orientert "nord-syd" vil en se det lyset som vibrerer vinkelrett ( $\perp$ ) på fiberens lengdeakse, og ved å dreie fiberen "øst-vest" vil lyset vibrere parallelt (II) med lengdeaksen. Fiberen vil i så fall være henholdsvis blå til blågrønn ( $\perp$ ) og rød til magenta (II). Ganotes og Tan (1980) mener det er gunstig å bruke  $N_D = 1,58$  ved undersøkelse av krysotil, da det gir en kraftigere blå farge. Ved  $N_D = 1,55$  er det ikke bare krysotil som gir DS-farger, men også dennes polymorfer (antigoritt og lizarditt), kvarts, talkum, papir-fibre og hår. Bortsett fra DS-fargene på talkum og papir, likner de andre på krysotilens DS-farge (McCrone, 1980). Papir og hår vil imidlertid ikke være til stede når prøven er forasket.

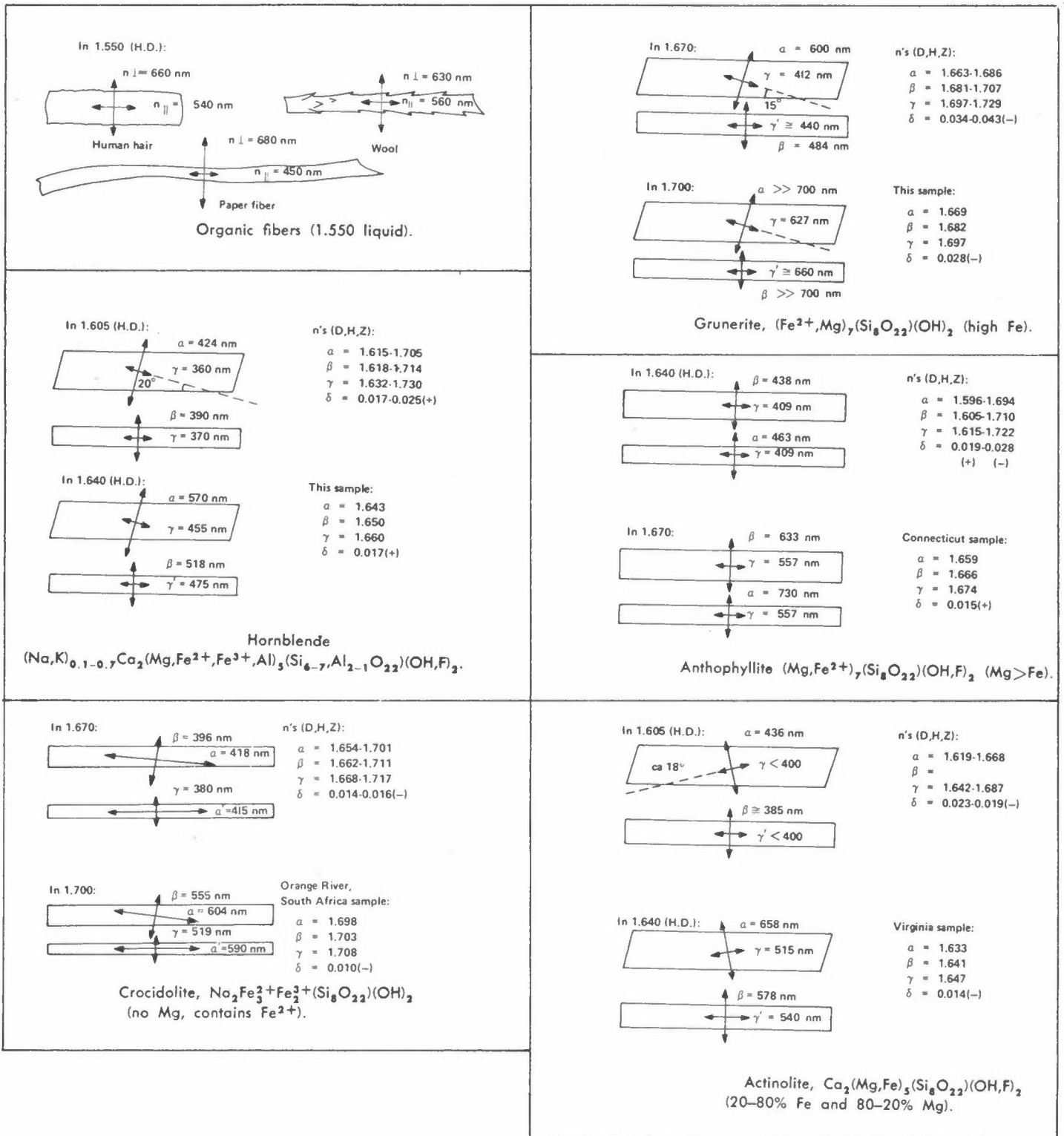
Dersom de anisotrope fibrene bare viser gule DS-farger, forsøkes DS-væske med f.eks.  $N_D = 1,605$ .

Tremolitt gir da DS-fargene: magenta ( $\perp$ ) og gul (II), antofyllitt gir gyllen gul til blå-magenta ( $\perp$ ) og gul (II). En kan nevne at generelt vil økende jerninnhold i mineralet øke  $N_D$ , mens økende magnesiuminnhold vil redusere  $N_D$ . Høyt jerninnhold betyr lavt magnesiuminnhold og omvendt.

Slike variasjoner forekommer særlig for amositt og antofyllitt.

Dersom DS-væske med  $N_D = 1,605$  fremdeles gir gule farger, forsøkes DS-væske med  $N_D = 1,680$ . For amositt får en da magenta og blått ( $\perp$ ) og gult (II) og positiv forlengning (elongation). Krokidolitt: gyllen gul ( $\perp$ ) og gul (II) og negativ forlengning.

Dersom prøver med amositt eller krokidolitt har blitt utsatt for varme, oppstår en komplikasjon ved DS-undersøkelse (Laughlin og McCrone, 1989). Allerede ved ca. 300-400°C endres de optiske egenskapene til disse asbestfibertypene. De blir også langt mer sprø, og brytes lettere på tvers. Amositt får en mer rustbrun absorpsjonsfarge.



Figur 14: DS-data for en del fibre i forhold til deres krystallografiske orientering (McCrone et al., 1973-80).

Tabell 7: DS-farger ved definerte krystallografiske orienteringer (McCrone, 1973-1980).

Mineral  Orientering	DS-væskenes $N_D$				
	1,550	1,580	1,605	1,630	1,680
Krysotil $\alpha$	Blå-grønn Rød-magenta	Gyllen gul Blek gul	Blek blå Rød magenta Gul		
Krysotil $\gamma$					
Tremolitt $\alpha$		Gul	Blå		
Tremolitt $\beta$					
Tremolitt $\gamma$			Gyllen magenta	Blå Magenta Gyllen magenta Gyllen gul	
Antofyllit $\alpha$			Blek gul		
Antofyllit $\beta$			Gul		
Antofyllit $\gamma$					
Aktinolitt $\alpha$					
Aktinolitt $\beta$					
Aktinolitt $\gamma$					
Krokidolitt $\alpha$					Gyllen gul
Krokidolitt $\beta$					Lys gul
Krokidolitt $\gamma$					Blek gul
Amositt $\gamma$					
(Gruneritt) $\beta$					Magenta
(Gruneritt) $\gamma$					Gyllen gul

Pleokroismen øker, og blir gulbrun ( $\perp$ ) og rødbrun (II). Brytningsindeksen stiger med flere enheter i annen desimal, hvilket har betydning i valg av DS-væske. "Elongation"-tegnet forblir positivt.

For krokidolitt er endringen enda større ved varmpåvirkning. De vanlige blå fargene på fibre blir rødbrune. Brytningsindeks kan stige med over en enhet i første desimal. "Elongation"-tegnet endres fra negativt til positivt. Selv ved moderat oppvarming vil pleokroismen lett endres til gulbrun ( $\perp$ ) og rødbrun (II).

Krysotil, antofyllitt og tremolitt påvirkes mindre av varme.

McCrone (1982, 1985) har skrevet mye om identifikasjon av MF og rutinemessige prosedyrer for dette. Han mener at "dispersion staining" er en rask og rimelig sikker identifikasjonsmetode av fibre med diameter ned til rundt 1  $\mu\text{m}$ .

Rowe og McLane (1989) har foreskrevet en liknende prosedyre for asbestundersøkelse på amerikanske universiteter. Disse har også laget et analyseskjema som er vist på figur 15.

I vedlegg E følger et sammendrag av NILUs fremgangsmåte ved prøvetaking og identifikasjon av MF.

DEPARTMENT OF FORENSIC SCIENCES REPORT OF ASBESTOS ANALYSIS			PREPARATIONS:										
SUBMITTED BY:			$n_D = 1.550$ HD										
SOURCE OF SAMPLE:			<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;"></td> <td style="width: 40%; text-align: center;">isotropic</td> <td style="width: 40%; text-align: center;">anisotropic</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">fibrous</td> <td style="border: 1px dashed black; width: 40px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px dashed black; width: 40px; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">nonfibrous</td> <td style="border: 1px dashed black; width: 40px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px dashed black; width: 40px; height: 20px;"></td> </tr> </table>			isotropic	anisotropic	fibrous			nonfibrous		
	isotropic	anisotropic											
fibrous													
nonfibrous													
APPEARANCE:			central stop dispersion staining colors										
			isotropic                       anisotropic {                  										
IDENTIFIED SPECIES			$n_D = 1.605$ HD ( $n_D = 1.550$ yields pale yellow colors)										
ISOTROPIC	ANISOTROPIC FIBROUS	ANISOTROPIC NONFIBROUS	extinction: parallel <input type="checkbox"/> oblique <input type="checkbox"/>										
GLASS WOOL <input type="checkbox"/> MINERAL WOOL <input type="checkbox"/> PUMICE <input type="checkbox"/> PERLITE <input type="checkbox"/> DIATOMS <input type="checkbox"/>	CHRYSOTILE* <input type="checkbox"/> TREMOLITE* <input type="checkbox"/> ANTHOPHYLLITE* <input type="checkbox"/> ACTINOLITE* <input type="checkbox"/> AMOSITE* <input type="checkbox"/> CROCIDOLITE* <input type="checkbox"/> WOOD FIBERS <input type="checkbox"/> POLYESTERS <input type="checkbox"/> ANIMAL HAIRS <input type="checkbox"/> WOLLASTONITE <input type="checkbox"/> *ASBESTIFORM MINERAL <input type="checkbox"/>	GYPSUM <input type="checkbox"/> QUARTZ <input type="checkbox"/> LIZARDITE <input type="checkbox"/> ANTIGORITE <input type="checkbox"/> VERMICULITE <input type="checkbox"/> CALCITE <input type="checkbox"/> DOLOMITE <input type="checkbox"/> MAGNESITE <input type="checkbox"/> TALC <input type="checkbox"/>	central stop dispersion staining colors										
			isotropic                       anisotropic {                  										
PERCENTAGE ASBESTOS (BASED ON VISUAL ESTIMATE)			$n_D = 1.680$ ( $n_D = 1.605$ yields yellow colors)										
<input type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> 0-1% <input type="checkbox"/> 1-10% <input type="checkbox"/> 10-25% <input type="checkbox"/> 25-50% <input type="checkbox"/> 50-75% <input type="checkbox"/> 99+%			elongation: positive <input type="checkbox"/> negative <input type="checkbox"/>										
COMMENTS:			central stop dispersion staining colors										
			isotropic                       anisotropic {                  										
Front of reporting form.			Back of reporting form.										

Figur 15: Eksempel på analyseskjema for fiber (Rowe og McLane, 1989).

#### 5.2.4.3 Litt om DS-væsker (McCrone et al., 1973-1980)

De høydispersive immersjonsvæskene som brukes ved DS-teknikk er kommersielt tilgjengelige (R.P. Cargille Laboratories, Inc., 55 Commerce Road, Cedar Grove, New Jersey 07009, USA), eller en kan lage dem selv. Som eksempel på egnede væsker kan nevnes etyl cinnamat ( $N_D = 1,5583$ ), anisaldehyd ( $N_D = 1,5730$ ) og cinnamaldehyd ( $N_D = 1,6195$ ).

To generelt anvendelige DS-væsker er blandingen 18,8 ml etylcinnamat + 10 ml cinnamaldehyd ( $N_D^{25} = 1,580$ ) og blandingen 10 ml cinnamaldehyd + 10,5 ml diiodometan ( $N_D^{25} = 1,670$ ). Som oksidasjonsinhibitor for disse kan brukes 0,25% hydrokinon. Disse væsker er stabile i over 6 måneder hvis de beskyttes mot lys og luft, men de bør sjekkes etter en tid med f.eks. Abbe's refraktometer.



I tabell 8 er tatt med en del væsker som kan anvendes som DS-væsker. De fleste av dem er giftige og lukter ubehagelig. En må derfor anvende luftavsug der damper av disse kan forekomme.

Tabell 8: Eksempler på høydispersive væsker som kan anvendes som DS-væsker.

Stoff	$n_D$ v/20-25 °C	Stoff	$n_D$ v/20-25 °C
Tetrametylenbromid	1,516	Metylnaftalin	1,614
Klorbensen	1,521	Jodbensen	1,617
Etylenbromid	1,536	Kinolin	1,624
Brombensen	1,557	α-klornaftalin	1,630
Etylcinnamat	1,558	Monobromnaftalin	1,656
O-toluidin	1,569	Metylenjodid	1,736-
Anilin	1,583	(dijodmetan)	1,740
Bromoform	1,593		

#### 5.2.5 Diverse andre optiske fargekjennetegn

Vaughan et al. (1981) har gjengitt en metode etter Hartshorne og Stewart, hvordan en på en effektiv måte kan studere pleokroisme for asbestfibre. Fiberen som undersøkes plasseres midtveis mellom utslokningsposisjoner, dvs.  $45^\circ$  til polarisasjonsretningene i den hensikt å gi maksimal farge med kryssning av polarisator og analysator. Fiberen observeres mens en av polarisasjonsfiltrene dreies  $\pm 5^\circ$  om kryssningsposisjonen. Hvis fiberen forandrer farge fra mørk blå til gul/brun og fra mørkere til lysere enn bakgrunnen ved passasje av kryssningsposisjonen, har vi asbesten krokidolitt. Ingen annen asbest fremviser dette fenomen, og alle andre asbester forblir lysere enn bakgrunnen hele tiden. Fargene ved pleokroisme er tatt med i tabell 6.

Ved bruk av kompensator av 1. orden krysser vi polarisasjonsfiltrene. Mikroskopbordet roteres og en noterer fargeendringer på fiberen. I tabell 6 er fargene gjengitt for de ulike asbesttyper.

Med avtagende fiberdiameter vil det bli vanskeligere å atskille polarisasjonsfargene. For amositt, krokidolitt og krysotil går dette greit ned til henholdsvis diametrene 0,8, 1,25 og 1,5  $\mu\text{m}$ . Pleokroisme kan studeres for krokidolitt ned til 0,6  $\mu\text{m}$  (Vaughan et al., 1981).

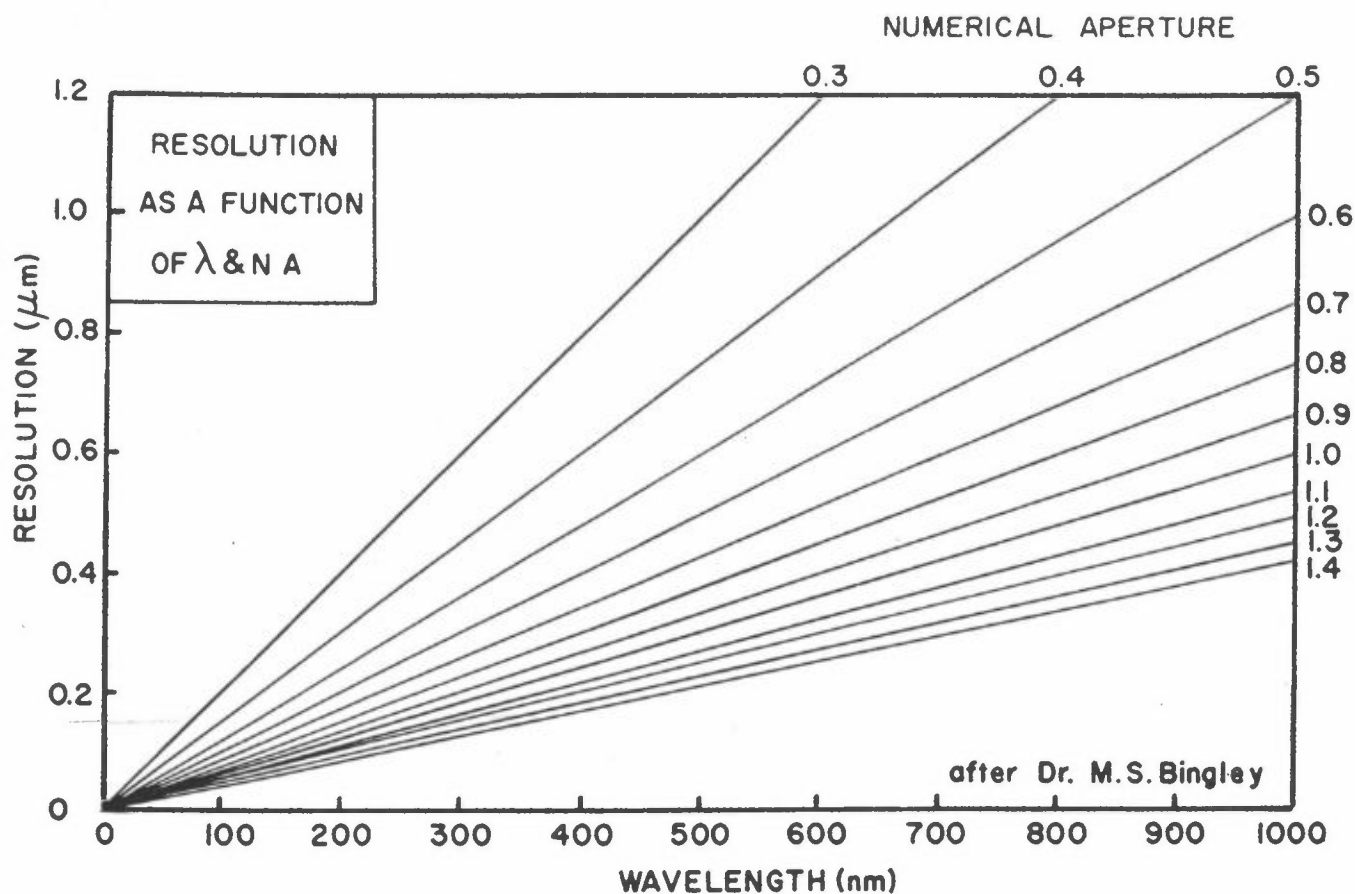
## 6 TELLING AV MF

Fibre med diameter  $<3 \mu\text{m}$  regnes for respirable. Telling i lysmikroskop er ifølge standardene (se nedenfor) begrenset til disse fibre, som også skal være lengre enn  $5 \mu\text{m}$ .

I et arbeidsmiljø hvor en utvinner, bearbeider og behandler MF, og hvor en derfor vet hvilke fibre som dominerer i luften på arbeidsstedet, kan en med fordel anvende lysmikroskop. Det gir hurtig resultater, og det finnes standardforskrifter for tellingen (Norsk standard, NS 4853, 1982 og WHO, 1985).

En må imidlertid være klar over de begrensninger som ligger i å se de tynneste fibre. Under optimale forhold kan en oppnå å se fibre med tykkelse  $\sim 0,15 \mu\text{m}$  ved spesielle PCOM-oppsetting (Pang et al., 1989). I praksis vil imidlertid den nedre grense ligge mellom  $0,2 \mu\text{m}$  og  $0,4 \mu\text{m}$ , avhengig av operatørens syn og dyktighet, utstyrets innstilling og kvalitet. Figur 16 viser hvor stor rolle objektivets kvalitet spiller inn for oppløseligheten, dvs. den minste avstand en kan se mellom to punkt. Numerisk apertur\* er et mål for objektivets evne til å fange inn lys.

I forhold til elektronmikroskop (TEM og STEM) vil en følgelig se atskillig færre av asbestfibre med PCOM-teknikken. Snyder et al., (1987) fant således at i asbestrelatert industri var 9% til 81% av krysotil usynlig for PCOM. For amositt lå tallet mellom 27% og 38%.



Figur 16: Et objektivs oppløselighet som funksjon av numerisk apertur og lysets bølgelengde (McCrone et al., 1973-1980, side 20).

I miljøer utenfor asbestrelatert industri, er fiberkonsentrasjonen i luft mye lavere såvel innendørs som utendørs. Commins (1985) har antydnet en vanlig verdi på  $500 \text{ f/m}^3$  luft, men tallet kan variere sterkt. Siden det finnes et stort antall ulike typer fibre, vil det også være nødvendig å kunne identifisere dem. Som tidligere nevnt er det hovedsakelig de minste asbestfibre, fibrillene, en finner i luften, og disse er submikroskopiske. For undersøkelse av disse er det nødvendig med elektronmikroskop (TEM, STEM). En kan derfor avgrense bruk av lysmikroskop når det gjelder MF-undersøkelser til følgende:

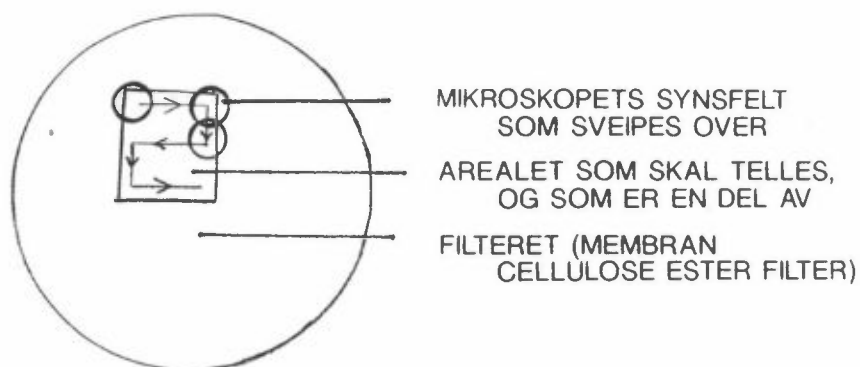
1. Materialprøver, for det meste isolasjons- og bygningsmaterialer.
2. Asbestfibre på membranfilter (av ester type) fra luftprøvetaking i MF-relatert industri hvor en kjenner fibertype, og hvor det er store mengder. Selv her kan det bli for unøyaktig dersom bearbeidingsgraden av asbestfibre er høy.

Utenfor disse miljøer kan lysmikroskopundersøkelser av luftprøver i beste fall bare være kvalitativt veiledende.

3. MMMF på membranfilter (av ester type) fra luftprøvetaking både ute og inne, også utenfor industrimiljøer. Dette gjelder glassull- og steinullfibre som er atskillig større enn asbestfibre. Her vil hovedproblemet ofte være å få stor nok prøve slik at en får akseptabel tellestatistikk.

Selve tellingen i mikroskopet er beskrevet i standarder og kan foregå på fem måter:

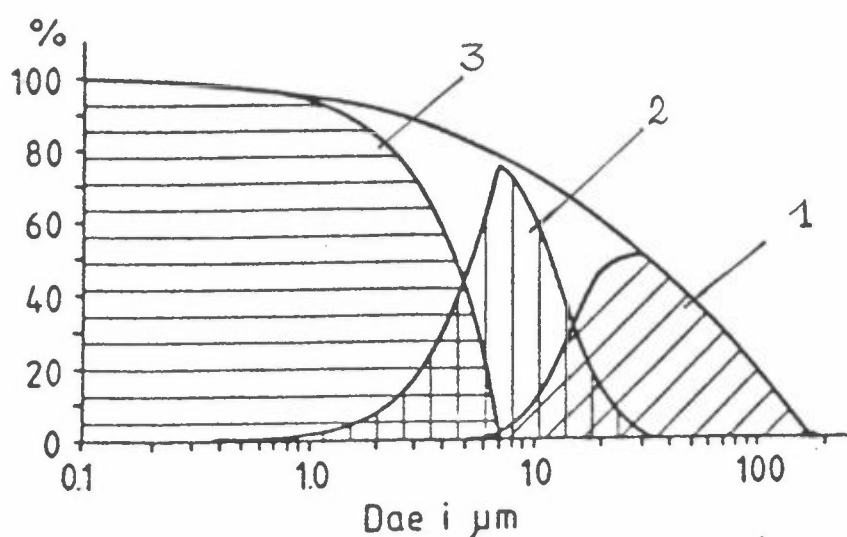
1. Er det store mengder fibre kan en telle i kvadrater i et nettverk lagt inn i okularet. Ved å telle mange kvadrater kan en finne et middeltall og multiplisere opp til totalt antall fibre.
2. Er fibermengden mindre, kan en fortsatt bruke et nettverk, men en teller nå opp et visst antall fibre, f.eks. 100 og finner et totaltall på grunnlag av antall opptalte arealer.
3. Er fiberantallet meget lavt, kan en i et nettverk telle opp antall kvadrater hvor fibre finnes. Metoden kalles synsfeltmetoden (Larsson og Sahle, 1988).
4. "Method of the most probable number" er en metode hvor en i motsetning til foregående metoder kun teller arealfelt (kvadrater) hvor det ikke forekommer fibre (Carton og Kauffer, 1980). Metoden forutsetter at antallet fibre pr. areal følger en Poisson-fordeling, hvilket i praksis vil si at fibre er jevnt fordelt på overflaten.
5. I mange tilfeller er fibermengden så liten at det vil være mest praktisk å bruke hva en kan kalle en sveipemetode. Den utføres ved at mikroskopets synsfelt føres over det areal en ønsker å telle fibre på (figur 17). Dette vil oftest være et utskåret tilnærmet kvadrat av filteret (normalt mellom 0,5 og 1 cm<sup>2</sup>) som måles med 0,5 mm nøyaktighet. På denne måten kan en komme over store arealer av filteroverflate. Metoden er imidlertid mer anstrengende for øynene enn de andre metodene.



Figur 17: Prinsippskisse for fibertelling hvor en anvender sveiping av synsfeltet.

Det finnes ennå ingen internasjonal standard for inndeling av fiber i størrelsesklasser for innemiljø. Schneider (1983) foreslår imidlertid følgende intervall-klasser: Diameter, 0-3  $\mu\text{m}$ , 3-6  $\mu\text{m}$ , 6-9  $\mu\text{m}$  og >9  $\mu\text{m}$ . Lengde; 5-10  $\mu\text{m}$ , 10-20  $\mu\text{m}$ , 20-50  $\mu\text{m}$ , 50-100  $\mu\text{m}$  og >100  $\mu\text{m}$ . Det er vanlig å telle antall fibre >5  $\mu\text{m}$  i lengde og diameter <3  $\mu\text{m}$ , dvs. de respirable fibre. Fibre  $\leq 1,5$   $\mu\text{m}$  i diameter og  $\geq 8$   $\mu\text{m}$  har en funnet er spesielt biologisk aktive, og disse kalles Stanton-fibre. De blir også ofte tellet.

Når det gjelder aerosolmålinger relatert til arbeidsmiljø, har ISO utarbeidet forslag til størrelsesklasser. Disse klassene er vist i figur 18 (Schneider, 1983).



Figur 18: Av ISO anbefalte størrelsesklasser for aerosolmålinger relatert til arbeidshygiene. Øverste kurve viser inspirabel fraksjon. Den inndeles i tre fraksjoner: 1) nese-munn-svelg fraksjonen, 2) trachea-bronchie fraksjonen, og 3) respirabel (alveole) fraksjonen (Schneider, 1983).

Til slutt skal nevnes fibervekt som er en kvantifiseringsform som er noe i bruk, men som bør unngås, da den neppe er helsemessig relevant. En antar da at det går et visst antall fibre pr. ng. Denne overføringsfaktoren oppgis forskjellig i litteraturen. Vanlig brukes imidlertid 20 f/ng asbest (Stanton-fibre) ved PCOM-metoden, og 1 000 f/ng ved bruk av SEM (OECD, 1989).

## 6.1 STANDARDER

Her følger et kort sammendrag av relevante standarder for luftprøvetaking av fiber og telling på membranfilter.

### 6.1.1 Norsk Standard, NS 4853, 1982

Standarden har tittelen: "Tellekriterier for asbestfibre". Den er identisk med den danske standarden, DS 2169 (1981). Tilsvarende finsk standard er SFS 3868 (1981) og svensk standard SS 028418 (1981).

Standarden er basert på støv innsamlet på membranfilter ved hjelp av en bærbar sugepumpe. En kjent mengde luft suges gjennom filteret i åndingssonen. Filteret demonteres, gjøres lystransparent, og i mikroskop bestemmes antall fiber ved hjelp av PCOM (400-500X). Standarden omhandler tellekriteriene. En teller bare respirable fibre, dvs. fibre med diameter  $\leq 3 \mu\text{m}$  og lengde  $\geq 5 \mu\text{m}$ .

Det telles minst 100 fibre, og en teller opp til 100 felter, dog minst 20.

### 6.1.2 Internasjonale referansemetoder

World Health Organization (WHO), Regional Office for Europe, Copenhagen, 1985, har utgitt et hefte med tittel: "Reference methods for measuring airborne MMMF". Dette er et forsøk på å følge opp utviklingen vedrørende internasjonal harmonisering og standardisering innenfor fagområdet fibertelling.

PCOM og SEM metoder for bestemmning av fiberkonsentrasjoner og fiberstørrelser på arbeidsplasser (8 timers skiftarbeid) blir gjennomgått.

Tilsvarende referansemeter for asbest (1979) er utarbeidet av Asbestos International Association, London. Prøvetakingen for asbest foregår på samme måte som nevnt i NS 4853. Den bærbare batteridrevne pumpen bør være <1 kg med en gjennomstrømningskapasitet på 0,5 l-2 l/min (dvs.  $\sim 0,125 \text{ l} \cdot 0,5 \text{ l min}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ). Filteret er av celluloseester med diameter 25 mm og porestørrelse 1,2  $\mu\text{m}$ . En metallkappe beskytter filteret mot skade. Filteroverflaten peker nedover.

Videre er det kvalitative kravet til mikroskopet beskrevet.

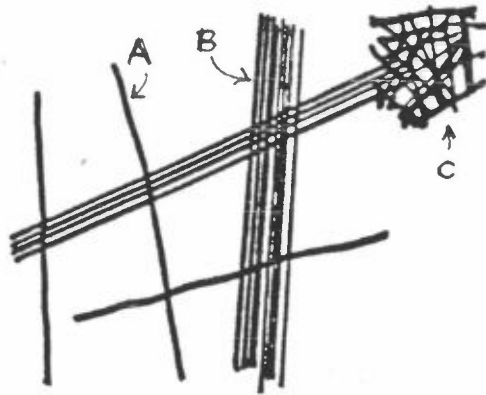
Prøvetakingen bør strekke seg over så lang tid at en får med mellom 50 og 1000 fibre pr.  $\text{mm}^2$  på filteret. Fibermengden er for stor dersom filterets påtrykte nettverk ikke er synlig lenger.

Hele filteret plasseres på objektglasset. Montering og klaring av filteret skjer med aceton-damp.

Før dekkglasset legges på dryppes litt ( $2 \mu\text{l/cm}^2$ ) glyserol triacetat (triacetin) på filteret. En "Walton-Beckett graticule", eventuelt type Preston (måleskala) settes inn i okularet for å måle fibrenes dimensjoner og avgrense tellearealene. Måleskalaen har en effektiv diameter på  $100 \mu\text{m} \pm 2 \mu\text{m}$ . 100 slike arealer utgjør bare 0,2% av hele filterets eksponerte areal.

En ISO-standard er under utarbeidelse med tittel: Stationary source emissions - Determination of asbestos plant emissions - Method by fibre count measurement. Standarden som pr. 1989 var kommet i "draft-proposal"-versjon, legger spesielt vekt på utstyr og fremgangsmåte med prøvetaking i rør og kanaler i asbestindustrien.

Figur 19 gir et eksempel hvordan en registrerer fibre på filteroverflaten.



Figur 19: Registrering av fiber på filteroverflaten.  
 A: Telles som en fiber (fibrill).  
 B: Telles som en fiberbunt.  
 C: Telles som en fiberklase (cluster).

## 6.2 LITT OM TELLENØYAKTIGHET

Dersom antall talte fibre er  $N$ , vil den relative nøyaktigheten pr. telleareal ( $N/n$ , hvor  $n$  er antall telleareal) bli  $1,96/\sqrt{N}$ . Konfidensintervallet er her 95% dersom  $N$  er tilstrekkelig stor. Telles da f.eks. 100 fibre oppnås en nøyaktighet på 20%, og for 10 fibre 60%, dvs.  $10 \pm 60\%$  fibre. I virkeligheten er unøyaktighet større, da en her bare har tatt med den matematisk beregnede usikkerheten (Carton og Kauffer, 1980).

Tabell 9 (Schneider, 1983) viser antall fibre med 95% konfidensgrenser. Eksempel på anvendelse av tabellen: En antar at  $\frac{1}{a}$  av hele filterflaten er undersøkt og at en har funnet 5 fibre. Det samlede antall fibre på hele filteret vil da ligge mellom  $1,6a$  og  $11,7a$  med 95% sannsynlighet.



Tabell 9: Sannsynlighetsgrenser gitt ut fra bestemte tellekriterier (Schneider, 1983).

Antall observasjoner i en gitt gruppe	95% konfidensgrenser	
	nedre	øvre
0	0	3,7
1	0,1	5,6
2	0,2	7,2
3	0,6	8,8
4	1,0	10,2
5	1,6	11,7
6	2,2	13,1
7	2,8	14,4
8	3,4	15,3
9	4,0	17,1
10	4,7	18,4
15	8,4	24,8
20	12,2	30,8
30	20,2	42,8
50	37,0	65,9
100	82,0	122,0
200	174,0	230,0

## 7 REFERANSER

Albright, F.R., Schumacher, D.V., Feltz, B.J. and O'Donnell, J.A. (1982) A fluorescent dye binding technique for detection of chrysotile asbestos. Microscope, 30, 267-280.

Asbestos International Association (1979) Reference method for the determination of airborne asbestos fibre concentrations at work-places by light microscopy. London.

Bartosiewicz, L. (1973) Improved techniques of identification and determination of airborne asbestos. Am. Ind. Hyg. Ass. J., 34, 252-259.

Benarie, M. and Bodin, D. (1979) Presumptive identification of asbestos in urban air. Science Total Environ., 12, 199-203.

Carton, B. and Kauffer, E. (1980) The metrology of asbestos. Atmos. Environ., 14, 1181-1196.

Commings, B.T. (1985) The significance of asbestos and other mineral fibres in environmental ambient air. Commings Associates, Pippins. Maidenhead, U.K. (Scientific and Technical Report, STR2).

- Forlini, L. and McCrone, W.C. (1971) Dispersion staining of fibres. Microscope, 19, 243-254.
- Gadsden, J.A., Parker, J., Smith, W.L. (1970) Determination of chrysotile in airborne asbestos by an infra-red spectrometric technique. Atmos. Environ., 4, 667-670.
- Ganotes, J.T. and Tan, H.T. (1980) Asbestos identification by dispersion staining microscopy. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 41, 70-73.
- Goldberg, O. (1980) Köhler illumination. Microscope, 28, 15-21.
- Grabar, D.G. (1962) Application of dispersion staining to microscopic identification of settled dust. J. Air Poll. Contr. Ass., 12, 560-566.
- ISO (1989) ISO/TC 146/SC 3.
- Johnston, A.M., Jones, A.D. and Vincent, J.H. (1987) The effect of electrostatic charge on aspiration efficiencies of airborne dust samplers: With special reference to asbestos. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 48, 6/3-621.
- Keenan, R.G. and Lunch, J.R. (1970) Techniques for the detection, identification and analysis of fibers. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 31, 587-597.
- Kim, W.S., Carter, J.W. and Kupel, R.E. (1981) Quick screening test for asbestos. Am. Ind. Hyg. Ass. J., 42, 198-201.
- Knight, K.L., Bloor, D.M. and Miller, F. (1985) Use of a cowe in asbestos air sampling. Ann. Occup. Hyg., 29, 289-291.
- König, R. and Sengbusch, G.v. (1977) Measurement of asbestos air pollution - a light-microscopical and an electron-microscopical method. Seminar on Fine Particulates, Villach Economic Commission for Europe.
- Larsson, G. og Sahle, W. (1988) Granskning av en förenklad metod för fiberhaltbestämning i ljusmikroskop: Fas två. I: Nordisk arbetsmiljømøte, Göteborg, pp. 147-148.
- Laughlin, G.J. and McCrone, W.C. (1989) The effect of heat on the microscopical properties of asbestos. Microscope, 37, 9-15.

- Lockwood, T.H. (1974) The analysis of asbestos for trace metals. Am. Ind. Hyg. Ass. J., 35, 245-251.
- McCrone, W.C. (1980) Evaluation of asbestos in insulation. Int. Lab., 10, no. 1, 35-48.
- McCrone, W.C. (1982) Particle characterization by PLM. Microscope, 30, 315-331.
- McCrone, W.C. (1985) Unit operations - PLM. Microscope, 33, 121-137.
- McCrone, W.C. (1985) Routine detection and identification of asbestos. Microscope, 33, 273-284.
- McCrone, W.C., Delly, J.G. Palenik, S.J., Brown, J.A., Stewart, I.M. (1973-1980) The article atlas. Edition two. Volume I-VI, Ann. Arbor Science.
- Norges Standardiseringsforbund (1982) Luftundersøkelse. Arbeidsplassluft. Tellekriterier for asbestfibre. Oslo (Norsk Standard, NS 4853).
- OECD (1989) Control of toxic substances in the atmosphere-asbestos. Paris (OECD Environment Monographs no. 20).
- Ophus, E.M., Gylseth, B. og Mowé, G. (1978) Identifikasjon og kvantifisering av partikler i lungevev. En elektronmikroskopisk undersøkelse. Oslo (Yrkeshygienisk institutt. HD 779)
- Pang, T.W.S., Schonfeld-Starr, F.A. and Patel, K. (1989) An improved membrane filter technique for evaluation of asbestos fibers. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 50, 174-180.
- Rooker, S.J., Vaughan, N.P. and Le Guen, J.M. (1982) On the visibility of fibers by phase contrast microscopy. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 43, 505-514.
- Rowe, W.F. and McLane, A. (1989) Asbestos monitoring in the university environment. Int. Lab., 18, 2, 20-24.
- Schneider (1983) Prøvetagning og analyser af luftbårne fibre i indeklimaet. Hellerup, Danish National Institute of Occupational Health.

- Shenton-Taylor, T. and Ogden, T.L. (1986) Permanence of membrane filter clearing and mounting methods for asbestos measurement. Microscope, 34, 161-171.
- Skirius, S.A. (1986) Polymer identification by microscopical dispersion staining. Microscope, 34, 29-43.
- Snyder, J.G., Virta, R.L. and Segreti, J.M. (1987) Evaluation of the phase contrast microscopy method for the detection of fibrous and other elongated mineral particulates by comparison with a STEM technique. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 48, 471-477.
- Speight, R.G. and Marsh, A.H. (1984) Use of a cowe in asbestos air sampling. Ann. Occup. Hyg., 28, 353-354.
- Spurny, K.R., Stober, W. Ackerman, E.R., Lodge, J.P., Jr. and Spurny, K., Jr. (1976) The sampling and electron microscopy of asbestos aerosol in ambient air by means of nuclepore filters. J. Air Poll. Contr. Ass., 26, 496-498.
- Taylor, D.H. and Bloom, J.S. (1980) Hexametaphosphate pretreatment of insulation samples for microscopical identification of fibrous constituents. Microscope, 28, 47-49.
- Vaughan, N.P., Rooker, S.J. and Le Guen, I.M.M. (1981) In situ identification of asbestos fibres collected on membrane filters for counting. Ann. Occup. Hyg., 24, 281-290.
- WHO (1985) Reference methods for measuring airborne man-made mineral fibres. Copenhagen (Environmental Health report no. 4).
- Østenstad, R.K. and Rose, V.E. (1986) An evaluation of the K<sup>2</sup> asbestos screening test. Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 47, 245-248.

## VEDLEGG A

## Ordliste



## ANALYSATOR (se POLARISASJON)

ANISOTROPI har en når den fysikalske egenskap en måler i et stoff varierer med retningen en måler den i. Optisk betyr det ulik brytningsindeks avhengig av lysets vibrasjonsretning gjennom et transparent medium. Mineraler og krystallinske stoffer har enten tre, to (anisotrope stoffer) eller en (isotrope) brytningsindeks.

BASISKE BERGARTER er et nokså upresist uttrykk for mørke bergarter som inneholder mye mørke mineraler, og som er relativt fattige på silisiumdioksid. Eksempel er gabbro. Etersom disse karakteristikkene blir enda mer ekstreme, går de over i ultrabasiske (= ultramafiske) bergarter. Silisiumdioksid-innholdet er da <45%. De inneholder da stort sett ferromagnesiumsilikater, metalloksider og -sulfider. Eksempel er pyroksenitt og olivinitt.

BECKE-LINJE er en lys rand eller et omriss (halo) som omgir en partikkel som er ute av fokus i et mikroskop. En kan nyttiggjøre seg fenomenet ved brytningsindeks-bestemming. En betrakter da en partikkel i en væske under dekkglass og med gjennomfallende sterkt nedblendt lys. Med utgangspunkt i en partikkel i fokusstilling vil Becke-linjen bevege seg mot det medium (partikkel eller væske) som har høyest brytningsindeks når man hever tubus (eller senker mikroskopbordet), og omvendt om en senker tubus. Normalt kjenner en væskens brytningsindeks, og en kan således raskt konstatere om partikkelens indeks er høyere eller lavere enn denne.

For fibre kan av og til denne "randbevegelse" være vanskelig å tolke når fibrene er meget små. Det kan da være til hjelp å vite at dersom  $N_D$  (væske)  $> N_D$  (fiber) vil fiberens sentrale del være mørk når tubus heves, mens  $N_D$  (væske)  $< N_D$  (fiber) dersom fiberens sentrale del er lys og avgrenset av en mørk linje på begge sider. (I begge tilfeller vil en imidlertid kunne observere randbevegelse ut i væsken.)

DISPERSJON. Lysets fargespredning på grunn av bølgelengdenes ulike brytningsindeks. Dispersjon ( $v$ ) kan uttrykkes:

$$v = \frac{N_D - 1}{N_F - N_C}$$

hvor  $N_D$  er brytningsindeks ved  $\lambda$  589 nm (gul),  $N_F = 486$  nm (blå) og  $N_C = 656$  nm (rød).

Merk at dispersjonen øker når  $v$  avtar.

DOBBELBRYTNING (BIREFRINGENCE). Differansen mellom brytningsindeksene til et stoff. Interferensfargen eller retardasjonen en observerer hos et stoff betraktet mellom kryssede polarisasjonsfiltre avhenger av dobbelbrytningen og stoffets tykkelse.

Retardasjonen (den distanse den ene av de brutte stråler ligger etter den andre) i nm = 1 000 x tykkelse ( $\mu\text{m}$ ) x dobbelbrytningen. Dobbeltbrytning gjelder kun anisotrope stoffer.

DOLOMITT. Et karbonatmineral av kalsium og magnesium ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ).

EKSTINKSJON = utsløkking (se POLARISASJON).

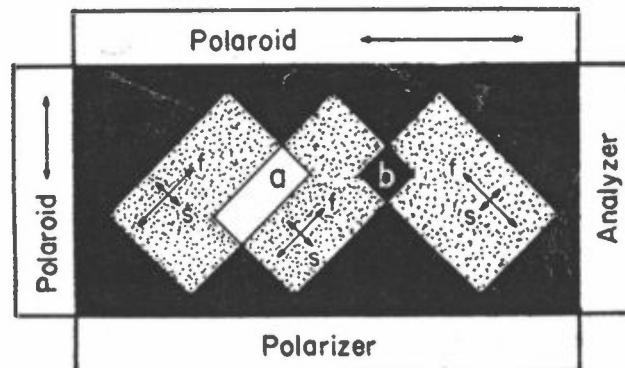
FORLENGELSE (ELONGATION) er en parameter som bestemmes i mikroskop på krystallinske stoffer. Den kan være positiv eller negativ. Et stoff har positiv forlengelse når det innfallende lys' vibrasjonsretning som er parallelt til stoffets lengderetning, tilsvarer den høyeste brytningsindeks; og omvendt. Tegnet bestemmes ved hjelp av Becke-linjen, "dispersion staining", eller ofte aller enklest ved bruk av kompensator ("first order red"). Ved å velge første-orden grå-posisjoner av partikkelen (150 nm) får vi en fargeendring til blått (650 nm) ved addisjon, og til gult (350 nm) ved subtraksjon. Dette tilsvarer henholdsvis høy og lav brytningsindeks (McCrone, 1985, side 136).

ISOTROPI (se ANISOTROPI).

KOMPENSATOR. Et anisotrop stoff med kjent retardasjon overdekket synsfeltet i mikroskopet med dets vibrasjonsretninger forskjøvet  $45^\circ$  fra vibrasjonsretningen til polarisator og analysator. Når en



anisotrop partikkel er plassert slik at dens langsomme (slow) komponent (ekstraordinære stråle, dvs. høyest brytningsindeks) er parallell til den langsomme (slow) komponenten til kompensatoren, vil retardasjonene adderes. Når komponentene er perpendikulære, subtraheres retardasjonene (se figur A1, McCrone et al., 1973-80, side 84).

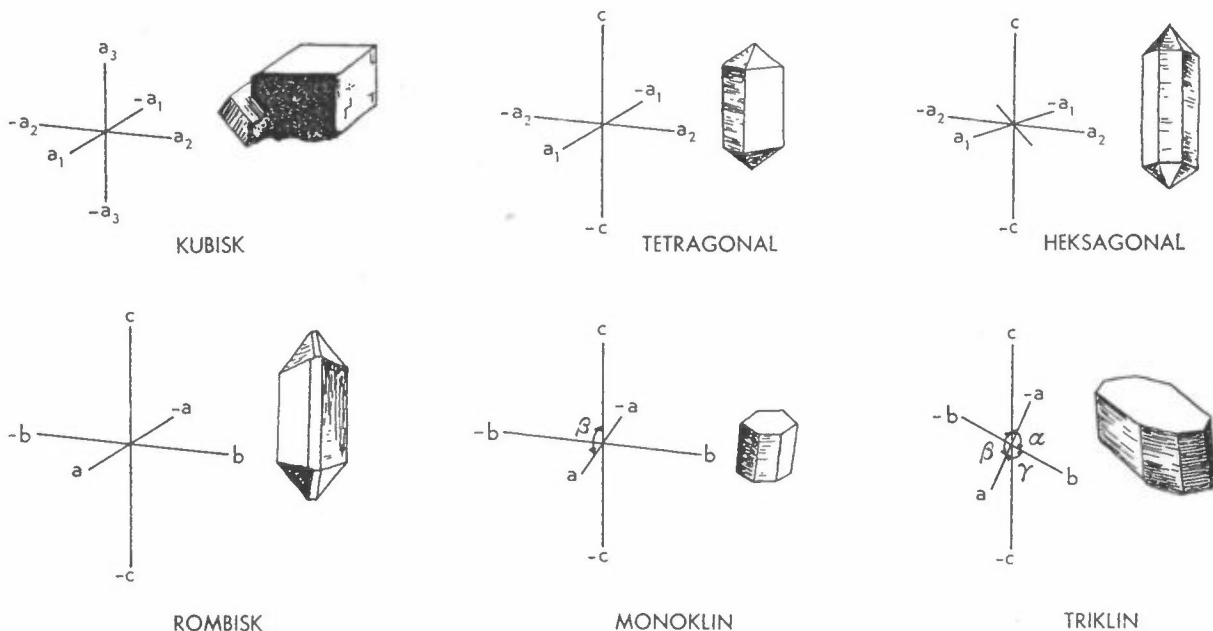


Figur A1: Addisjon og subtraksjon av retardasjonen.

Den såkalte "first order red compensator" er en polert plate med tykkelse som gir en fasedifferanse på 550-575 nm (Vaughan et al., 1981) mellom den ordinære og ekstraordinære stråle (McCrone et al., oppgir 530 nm). Betraktet i korrekt orientering mellom kryssede polarisasjonsfiltre, får en den karakteristiske magentafargen (som en ser i enden av 1. orden i Newtons fargeskala). Med mineraler med svak dobbelbrytning, slik som asbest, får en den effekt at polarisasjonsfargene fra 1. orden hvitt/grått-området flyttes over det mer følsomme 2. orden blått/1. orden gult-området, med magentafarge i bakgrunnen. 2. orden blått betyr addisjon og 1. orden gult betyr subtraksjon av retardasjonene.

KONOSKOPISK OBSERVASJON. Studiet av det bakre fokale plan av objektivet ved å fjerne okularet og sette inn en Bertrand-linse (linse med lav styrke) og ved å studere bildet ved hjelp av en fase teleskoplinse eller forstørrelsesglass nær okularets plass. Betegnelsen konoskopisk henger sammen med at observasjonene foregår ved hjelp av en kjegleformet lysstrålebunt dannet av kondensor og objektiv.

KRYSTALLSYSTEM. Alle krystallinske stoffer kan henføres til et av de seks symmetrielementkombinasjoner i et krystallsystem som inndeles som følger (se også figur A2): Kubiske system (også kalt regulære- eller isometriske system), tre likeverdige symmetriakser som står loddrett på hverandre. Heksagonale eller trigonale system med en hovedakse av sekstallig symmetri som står loddrett på tre biakser,  $a_1$ ,  $a_2$  og  $a_3$ , som skjærer hverandre med vinkel på  $60^\circ$ . Rombiske system med tre akser av ulike lengder som står loddrett på hverandre. Monokline system med tre akser av ulike lengder, hvorav den ene,  $b$ , står loddrett på de to andre; En vinkel ( $\beta$ ) er forskjellig fra  $90^\circ$ . Triklone system med alle tre akser ulike lange og alle tre vinkler skjeve ( $\neq 90^\circ$ ).



Figur A2: De seks krystallsystemer.

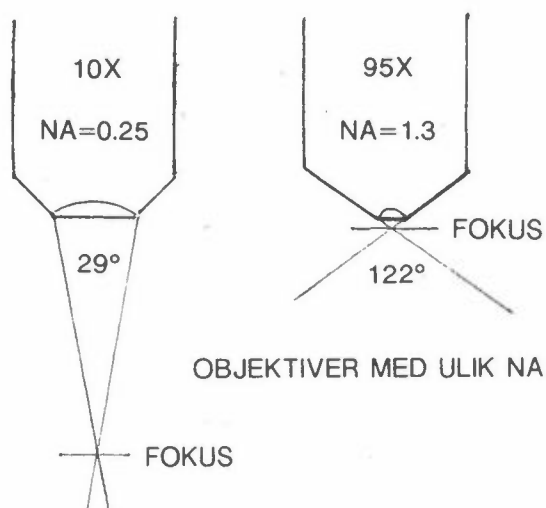
MICROMETER ( $\mu\text{m}$ ) =  $10^{-6}$  m = 1 000 (nm) (= 10 000 Ångström).

MONOKLIN (se KRYSTALLSYSTEMER).

MORFOLOGI. Læren om ytre og "indre" form. Dette omfatter hovedsakelig overflatekarakteristika, homogenitet, lysgjennomtrengelighet, farge i transmittert og reflektert lys, brytningsindeks, dobbelbrytning m.m.

NIOSH. National Institute of Occupational Safety and Health, U.S.A. Instituttet har bl.a. gitt anbefalinger når det gjelder prøvetaking og undersøkelse av asbestfibre i asbestrelatert industri-miljø. Det foreskrives membranfilter (f.eks. Millipore) med diameter 37 mm og porestørrelse  $0,8 \mu\text{m}$ . Pumpekapasitet 1-2,5 l/min. PCOM brukes til selve fiberundersøkelsen. Anbefalingene minner sterkt om den WHO (1985) har gitt.

NUMERISK APERTUR (= NA). NA for et linsesystem (objektiv eller kondensor) er halve sinus til vinkelåpningen  $\times$  brytningsindeksen til mediet (f.eks. 1,- for luft). Den er et mål på et linsesystems kapasitet til å samle lys og for oppløsningsstyrken samt dybdeskarphet (se figur A3).



Figur A3: For å få praktisk anvendelse av  $NA > 1$  må en bruke immer-sjonsvæsker både på objektiv og kondensorlinse.

ORTOROMBISK (se KRYSTALLSYSTEM).

ORTOSKOPISK OBSERVASJON. Normal belysning ved mikroskopering, dvs. hvor lyskilden består av parallelle lysstråler (jmfør konoskopisk).

PLEOKROISME. Forandringer i farge av anisotrope materialer når disse endrer orientering. Fenomenet kan bare observeres i polarisert lys i mikroskop.

POLARISASJON av lys oppstår når lyset svinger i ett plan. Dette oppnås med vanlig lys ved hjelp av refleksjon, dobbelbrytning i krystallinske materialer samt absorpsjon. I mikroskopet brukes gjerne to polarisasjonsfiltre. På baksiden av preparatet har en polarisatoren og på forsiden analysatoren. Disse kan vris i horisontalplanet. Dersom den ordinære og ekstraordinære komponenten (se kompensator) til disse filterne er parallelle, slippes lyset gjennom. Står de vinkelrett på hverandre vil intet lys slippe gjennom. Kommer et anisotrop materiale mellom filterne vil fortsatt intet lys slippes gjennom dersom svingeplanet faller sammen med svingeplanene til polarisasjonsfilterne (utslokningsposisjon). I alle andre orienteringer vil lys slippe gjennom og på grunn av interferens vil også fargefenomen oppstå. Isotrope stoffer vil forbli mørke ved rotasjon av mikroskopbordet.

POLARISATOR (se POLARISASJON).

POLYMORF vil si at et stoff forekommer i ulike former, har ulik morfologi.

RETARDASJON (se DOBBELBRYTNING).

ROMBISK (se KRYSTALLSYSTEM).

SEM (Scanning electro microscope). Et instrument som danner forstørrede bilder ved å bruke en sveipende elektronstråle. Tilbakespredte elektroner, emitterte sekundære elektroner eller induserte elektroner (strøm) fra prøven anvendes til å danne et bilde på en oscilloskop-skjerm. Oppløsningen er ca. 20 nm ( $1 \text{ nm} = 10^{-3} \mu\text{m} = 10^{-9} \text{ m}$ ), og dybdeskarpheten er ca. 300 ganger større enn i lysmikroskop.

STEM (Scanning transmission electron microscope). Dette kan oppfattes som et SEM-instrument som er modifisert slik at en også kan få dannet et bilde ved hjelp av elektroner som passerer gjennom et tilstrekkelig tynt objekt, med andre ord en kombinasjon av SEM og TEM. Oppløseligheten er nesten like god som for TEM. Typisk oppløselighet er  $<0,5 \text{ nm}$  (eller  $<5 \text{ \AA}$ ).

TEM (Transmission electron microscope). Et instrument som danner forstørrede bilder ved å bruke gjennomgående (transmitterte) elektroner istedenfor lys til billeddannelse på en fluoriserende skjerm. TEM-bilde kan anskueliggjøres som en siluett med noe lysgjennomgang hvis partikkelen er tynn nok, eller om den inneholder grunnstoffer med lavt atomnummer. Oppløseligheten er bedre enn 1 nm ( $= 10^{-3} \mu\text{m} = 10^{-9} \text{ m}$ ) (McCrone, 1973 IV). I praksis kan en se fibre ned til diametere 10 nm og lengde 100 nm (Commins, B.T., 1985).

UTSLOKKING (se POLARISASJON).

ULTRABASISKE (= ULTRAMAFISKE) BERGARTER (se BASISKE BERGARTER).



## VEDLEGG B

Membranfilterdata (Millipore)





Microporous Membrane Filtration

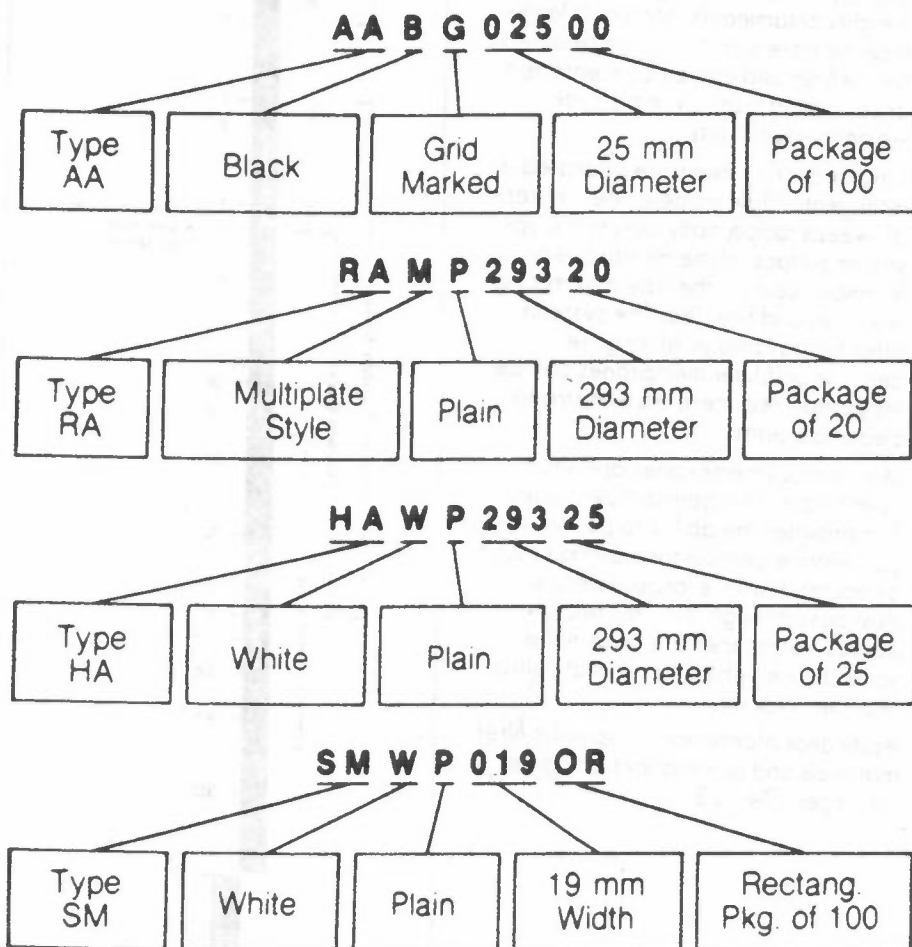
**Filter Nomenclature**

**Filter Nomenclature**

**Catalogue Number Key:**

Filter Type (Pore Size)	Color or Style	Surface Marking	Diameter or Size (mm)	Packaging
SC = 8.0 $\mu$ SM = 5.0 $\mu$ RA = 1.2 $\mu$ etc.	W = White B = Black M = Multi-plate E = Edge hydrophobic L = Laminate	P = Plain G = Grid-marked	013 = 13 mm 047 = 47 mm 293 = 293 mm etc.	00 = 100 ea. 13 mm, 25 mm, 37 mm with "thin" support pads, 47 mm, 90 mm, and 293 mm Multiplate style 50 = 50 ea. 142 mm 25 = 25 ea. 90 mm and 293 mm 20 = 20 ea. 293 mm Multiplate style 10 = 1 ea. 10-foot full sheet A0 = 100 ea. 47 mm Autoclave Packed with absorbent pads S0 = 100 ea. 47 mm Sterile Packed with absorbent pads P0 = 100 ea. 37 mm with 34 mm "thick" pads for Contamination Monitors OR = 100 ea. rectangular

**Catalogue number Examples:**



## Microfiltration

Microfiltration is the process of removing contaminants in the .025 to 10  $\mu\text{m}$  range from fluids, by passage through a microporous medium, such as a membrane filter. Although micron-sized particles can be removed by use of non-membrane or depth materials, such as those found in fibrous media, only the membrane or screen filter, having a precisely defined pore size, can ensure quantitative retention.

The retention boundary which a membrane filter defines can also be used as an analytical tool to validate the integrity and efficiency of a system. For example, in addition to clarifying or sterilizing filtration, fluids containing bacteria can be filtered to trap microorganisms on the membrane surface for subsequent culture and analysis.

Membrane filters can be used for final filtration or prefiltration, whereas the depth filter is generally used in clarifying applications where quantitative retention is not required, or as a prefilter to prolong the life of a downstream membrane.

Both screen and depth filters offer certain advantages and limitations, and can complement each other when used together in a microfiltration process system.

In all filtration applications, the permeability of a filter medium can be affected by the chemical, molecular or electrostatic properties of the filtrate. Additional information on specific filter materials is given on pages 15-22.

## Ultrafiltration

Ultrafiltration is the process of separating extremely small particles and dissolved molecules from fluids. The primary basis for separation is molecular size although secondary factors such as molecule shape and charge can play a role. Materials ranging in size from 1,000 to 1,000,000 molecular weight are retained by ultrafilter membranes while salts and water will pass through; colloidal and particulate matter can also be retained.

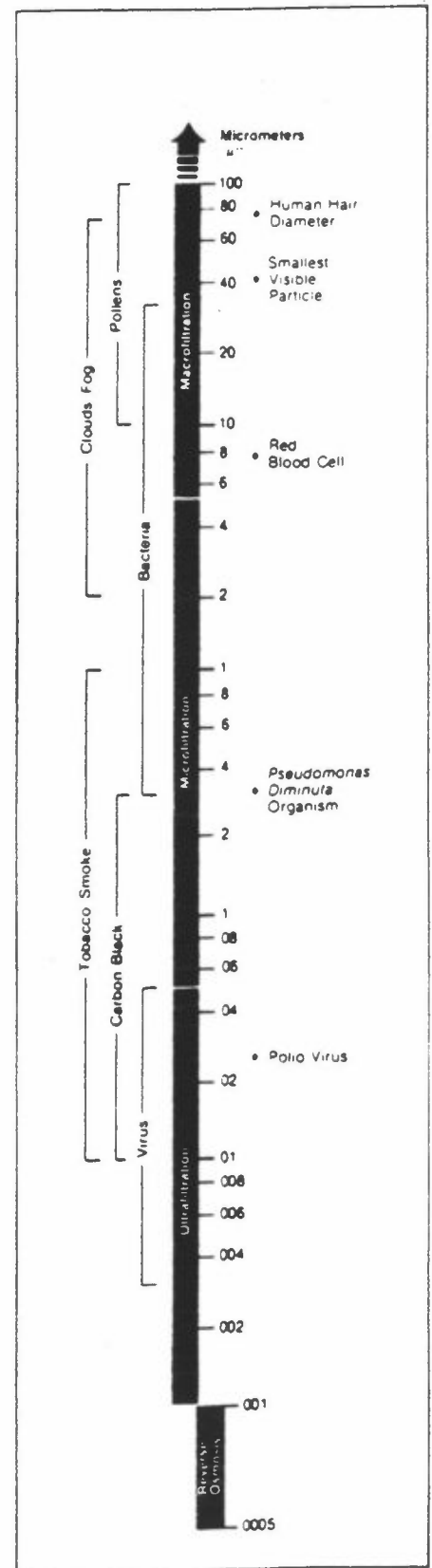
Ultrafilter membranes are used to purify and collect both material passing through the filter and material retained by the filter. Materials smaller than the pore size rating pass through the filter and can be depyrogenated, clarified and separated from high molecular weight contaminants. Materials larger than the pore size rating are retained by the filter and can be concentrated or separated from low molecular weight contaminants.

Ultrafiltration systems are operated in a tangential flow mode—feed material sweeps tangentially across the upstream surface of the membrane as filtration occurs—thereby maximizing flux rates and filter life. The systems offer the advantage of long life because ultrafilter membranes can be repeatedly regenerated with strong cleaning agents.

Microporous membranes are also operated in a tangential flow mode. This provides the ability to purify and concentrate particulate materials, such as bacteria, where large molecules must pass through the filter. Microporous membranes are used in the same devices which incorporate ultrafilter membranes.

Additional information on specific filter materials and applications are given on pages 104-123.

## Relative Sizes of Small Particles



## MF-Millipore Filters

Pore Size (μm)	Dia. (mm)	Color	Surface	Pkg.	Type ▼	Cat. No.
8.0	13	white	plain	100	SCWP	013 00
"	24	"	"	100	SCWP	024 00
"	25	"	"	100	SCWP	025 00
"	47	"	"	100	SCWP	047 00
"	90	"	"	25	SCWP	090 25
"	142	"	"	50	SCWP	142 50
"	293	"	"	25	SCWP	293 25
5.0	13	white	plain	100	SMWP	013 00
"	24	"	"	100	SMWP	024 00
"	25	"	"	100	SMWP	025 00
"	47	"	"	100	SMWP	047 00
"	90	"	"	25	SMWP	090 25
"	142	"	"	50	SMWP	142 50
"	293	"	"	25	SMWP	293 25
3.0	13	white	plain	100	SSWP	013 00
"	24	"	"	100	SSWP	024 00
"	25	"	"	100	SSWP	025 00
"	47	"	"	100	SSWP	047 00
"	90	"	"	25	SSWP	090 25
"	142	"	"	50	SSWP	142 50
"	293	"	"	25	SSWP	293 25
1.2	13	white	plain	100	RAWP	013 00
"	13	"	grid	100	RAWG	013 00
"	24	"	plain	100	RAWP	024 00
"	25	"	plain	100	RAWP	025 00
"	25	"	grid	100	RAWG	025 00
"	47	"	plain	100	RAWP	047 00
"	47	"	grid	100	RAWG	047 00
1.2	90	white	plain	25	RAWP	090 25
"	142	"	"	50	RAWP	142 50
"	293	"	"	25	RAWP	293 25
0.8	13	white	plain	100	AAWP	013 00
"	13	"	grid	100	AAWG	013 00
"	13	black	plain	100	AABP	013 00
"	13	"	grid	100	AABG	013 00
"	24	white	plain	100	AAWP	024 00
"	24	"	grid	100	AAWG	024 00
"	25	"	plain	100	AAWP	025 00
"	25	"	grid	100	AAWG	025 00
"	25	black	plain	100	AABP	025 00
"	25	"	grid	100	AABG	025 00
"	47	white	plain	100	AAWP	047 00
"	47	"	grid	100	AAWG	047 00
"	47	black	plain	100	AABP	047 00
"	47	"	grid	100	AABG	047 00
"	90	white	plain	100	AAWP	090 00
"	142	"	"	50	AAWP	142 50
"	293	"	"	25	AAWP	293 25
0.65	13	white	plain	100	DAWP	013 00
"	13	"	grid	100	DAWG	013 00
"	25	"	plain	100	DAWP	025 00
"	25	"	grid	100	DAWG	025 00
"	47	"	plain	100	DAWP	047 00
"	47	"	grid	100	DAWG	047 00
"	90	"	plain	25	DAWP	090 25
"	142	"	"	50	DAWP	142 50
"	293	"	"	25	DAWP	293 25
0.45	13	white	plain	100	HAWP	013 00
"	13	"	grid	100	HAWG	013 00
"	13	black	plain	100	HABP	013 00
"	13	"	grid	100	HABG	013 00
"	24	white	plain	100	HAWP	024 00
"	24	"	"	120	HAWP	024 12
"	24	"	grid	100	HAWG	024 00
"	25	"	plain	100	HAWP	025 00
"	25	"	grid	100	HAWG	025 00
"	25	black	plain	100	HABP	025 00
"	25	"	grid	100	HABG	025 00
"	47	white	plain	100	HAWP	047 00
"	47	"	grid	100	HAWG	047 00

Pore Size (μm)	Dia. (mm)	Color	Surface	Pkg.	Type ▼	Cat. No.
0.45	47	"	grid	100	HABG	047 00
"	90	white	plain	100	HAWP	090 00
"	142	"	"	50	HAWP	142 50
"	293	"	"	25	HAWP	293 25
0.30	13	white	plain	100	PHWP	013 00
"	24	"	"	100	PHWP	024 00
"	25	"	"	100	PHWP	025 00
"	47	"	"	100	PHWP	047 00
"	90	"	"	25	PHWP	090 25
"	142	"	"	50	PHWP	142 50
"	293	"	"	25	PHWP	293 25
0.22	13	white	plain	100	GSWP	013 00
"	24	"	"	100	GSWP	024 00
"	25	"	"	100	GSWP	025 00
"	47	"	"	100	GSWP	047 00
"	90	"	"	100	GSWP	090 00
"	142	"	"	50	GSWP	142 50
"	293	"	"	25	GSWP	293 25
0.10	13	white	plain	100	VCWP	013 00
"	24	"	"	100	VCWP	024 00
"	25	"	"	100	VCWP	025 00
"	47	"	"	100	VCWP	047 00
"	90	"	"	25	VCWP	090 25
"	142	"	"	50	VCWP	142 50
"	293	"	"	25	VCWP	293 25
0.05	13	white	plain	100	VMWP	013 00
"	25	"	"	100	VMWP	025 00
"	47	"	"	100	VMWP	047 00
"	90	"	"	25	VMWP	090 25
"	142	"	"	50	VMWP	142 50
"	293	"	"	25	VMWP	293 25
0.025	13	white	plain	100	VSWP	013 00
"	24	"	"	100	VSWP	024 00
"	25	"	"	100	VSWP	025 00
"	47	"	"	100	VSWP	047 00
"	90	"	"	25	VSWP	090 25
"	142	"	"	50	VSWP	142 50
"	293	"	"	25	VSWP	293 25

### Multiplate Configuration

5.0	293	white	plain	100	SMMP	293 00
3.0	293	"	"	20	SSMP	293 20
1.2	293	"	"	100	RAMMP	293 00
0.8	293	"	"	100	AAAMP	293 00
0.65	293	"	"	100	DAMP	293 00
0.45	293	"	"	100	HAMP	293 00
0.22	293	"	"	100	GSMP	293 00

### Monitor Refill, with Thin Absorbent Pads

8.0	37	white	plain	100	SCWP	037 00
5.0	37	"	"	100	SMWP	037 00
3.0	37	"	"	100	SSWP	037 00
1.2	37	"	"	100	RAWP	037 00
0.8	37	"	"	100	AAWP	037 00
"	37	"	grid	100	AAWG	037 00
"	37	black	grid	100	AABG	037 00
0.45	37	white	plain	100	HAWP	037 00
"	37	"	grid	100	HAWG	037 00
"	37	black	grid	100	HABG	037 00
0.22	37	white	plain	100	GSWP	037 00

### Monitor Refill, with Thick Absorbent Pads

0.8	37	white	plain	100	AAWP	037 P0
"	37	"	grid	100	AAWG	037 P0
0.45	37	"	"	100	HAWG	037 P0
"	37	"	plain	100	HAWP	037 P0

### Monitor Refill, Matched-Weight, with Thick Absorbent Pads

0.8	37	white	plain	50 pr.	AAWP	037 PM
-----	----	-------	-------	--------	------	--------

Filter Type	Mean Pore Size (μm)	Typical Flow Rate <sup>1</sup>		Typical Porosity (%)	Typical Refractive Index	Mean <sup>†</sup> Bubble Point <sup>‡</sup>		Autoclavable
		Water <sup>2</sup>	Air <sup>3</sup>			kg/cm <sup>2</sup>	psi	
<b>MF-Millipore</b> (mixed cellulose acetate and nitrate)								
SC	8.0	630	65	84	1.515	0.28	4	Yes
SM	5.0	400	32	84	1.495	0.42	6	Yes
SS	3.0	296	30	83	1.495	0.70	10	Yes
RA	1.2	222	20	82	1.512	0.84	12	Yes
AA	0.80	157	16	82	1.510	1.12	16	Yes
(black)		157	16	82	N.A.	1.12	16	No
DA	0.65	111	9	81	1.510	1.34	19	Yes
HA	0.45	38.5	4	79	1.510	2.32	33	Yes
(black)		38.5	4	79	N.A.	2.32	33	No
PH	0.30	29.6	3	77	1.510	2.81	40	Yes
GS	0.22	15.6	2	75	1.510	3.87	55	Yes
VC	0.10	1.5	0.4	74	1.500	17.6	250	Yes
VM	0.05	0.74	0.2	72	1.500	26.4	375	Yes
VS	0.025	0.15	0.15	70	1.500	35.2	500	Yes

**Chemical Compatibility Guide**

The compatibility chart is intended for use as a guide only. The information provided has been developed from technical publications, materials suppliers, laboratory tests, and field evaluations, etc. and is believed to be reliable. However, because of vari-

ability in temperature, concentrations, duration of exposure, and other factors outside of our control which may affect the use of the products, no warranty is given, or is to be implied, with respect to such information.

The following table is a guide to proper selection of Millipore filters, O-rings and housing materials, with regard to chemical compatibility.

**R** = Recommended  
**N** = Not recommended  
**L** = Limited application—testing prior to use is recommended

Recommendations are based on static exposure for 72 hours at 25°C (77°F) and 1.0 atmosphere (14.7 psia) pressure. Dynamic (operating) conditions at moderate temperatures will not change the recommendations, but high liquid temperature may do so in some cases.

**Acids**

- Acetic acid, glacial
- Acetic acid, 5%
- Boric acid
- Hydrochloric acid (conc.)
- Hydrofluoric acid
- Nitric acid (conc.)
- Sulphuric acid (conc.)

**Bases**

- Ammonium hydroxide (6N)
- Sodium hydroxide (conc.)

**Solvents**

- Acetone
- Acetonitrile
- Amyl acetate
- Amyl alcohol
- Benzene
- Benzyl alcohol (1%)
- Brine (sea water)
- Butyl alcohol
- Carbon tetrachloride
- Cellosolve tetra
- Chloroform
- Cyclohexanone
- Diethylacetamide
- Dimethylformamide
- Dioxane
- Ethyl alcohol
- Ethers

N	Ethyl acetate	N
R	Ethylene glycol	N
R	Formaldehyde	N
N	Freon TF or PCA	R
N	Gasoline	R
N	Glycerine (glycerol)	R
N	Hexane	R
	Hypo (photo)	R
	Isobutyl alcohol	R
	Isopropyl acetate	N
	Isopropyl alcohol	N
	Kerosene	R
N	Methyl alcohol	N
N	Methylene chloride	N
N	MEK	N
N	MIBK	N
R	Mineral spirits	R
R	Nitrobenzene	N
R	Pet. base oils	R
R	Pentane	R
R	Perchloroethylene	R
N	Petroleum ether	R
R	Phenol (0.5%)	R
N	Pyridine	N
N	Silicone oils	R
N	Toluene	R
N	Trichloroethane	R
L	Trichloroethylene	R
R	Xylene	R

## VEDLEGG C

Fjerning av elektrostatisk ladning fra membranfiltre  
(av miksede estere)



## REMOVAL OF ELECTROSTATIC CHARGE FROM THE FILTERS (WHO, 1981)

The electrostatic charge on a filter can affect both the accuracy of its weight measurement and its sampling characteristics. The weighing error can be overcome by discharging the filter before or during weighing using a radioactive source. This may involve extra handling, which is undesirable, and not permanently remove the charge. A more satisfactory method was developed by Mark (2), which can reduce the electrical resistance of the filters by a factor of up to  $10^6$ .

Hyamine 2389 is diluted to form a 0,1% solution (care is needed: higher concentrations will result in a greatly increased pressure drop across the filter during sampling). The solution is poured into a dish or tray to a depth of approximately 40 mm. One litre is sufficient for about 50 filters. The filters are placed on top of the solution and allowed to sink. Any remaining on the surface after 6 hours are prodded gently to the bottom of the container. After 24 hours the filters are taken out and dried between sheets of blotting paper to prevent localized globules of detergent from blocking up part of the filter. This can occur when filters are dried on a nonabsorbent material. Once dried, the filters can be stabilized ready for weighing.





## VEDLEGG D

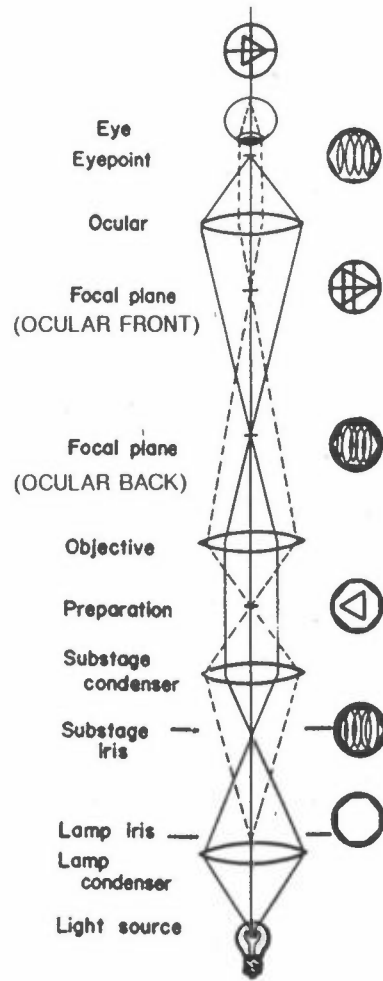
Köblers belysning  
(innstillingsprosedyre)



## KÖHLERS BELYSNING

Köhlers belysning er et grunnleggende oppsett av de forskjellige optiske elementene i et mikroskop på en optimal måte. Den gir optimal belysning for lysfelt mikroskopering. Men også ved en rekke andre belysningsmetoder er ofte Köhlers belysning utgangspunktet. Feilaktig innstilling av belysning er den vanligste årsak til dårlig billedgjengivelse i mikroskopi (Goldberg, 1980). En starter instillingsprosedyren ved å sikre at ingen mattskive står inne. En bruker 10X okular og objektiv.

1. Fokuser på preparat (på objektglass m/dekkglass).
2. Demp belysningen kraftig og fjern preparatet.
3. Lampens glødetråd skal nå sees. Fokuser og eventuelt sentrer den. Skift eventuelt ut okular med teleskoplinse.
4. Skru kondensor nedover til irisblender er fokusert. Eventuelt sentrer.
5. Sett inn okular og lysfeltinnstillingen er klar.



Köhlers belysning.

## VEDLEGG E

Prosedyre for prøvetaking og bestemming av fiber  
(beregnet mest for innemiljø)



## I PRØVETAKING

1. Prøver tas om mulig av det materialet en frykter gir fra seg helsefarlige fibre (~ 1-2 cm<sup>2</sup> pr. prøve er nok).
2. En tar videre avstrykningsprøver fra steder som sjelden eller aldri rengjøres, og fra steder som stadig blir holdt rene. Til dette brukes små beholdere eller membranfiltre av cellulose-ester-type. Filtrene brettes med eksponert side innover. Papir og annet fibermateriale er lite egnet til å bevare støv i.
3. Prøvene fra pkt. 1 og 2 undersøkes i mikroskop. Dersom en ikke finner noen av de forventede eller helsefarlige fibre i avstrykningsprøvene, er det sannsynligvis unødvendig å gå videre, da en neppe vil kunne finne slike fibre i luftprøver med lysmikroskop.
4. Ved registrering av helsefarlige fibre i avstrykningsprøvene, kan det være aktuelt med luftprøvetaking, som foregår ved at kjent mengde luft suges gjennom et cellulose-ester filter ved hjelp av en pumpe. Metoden er beskrevet i detalj under pkt. 3.1.3.

## II MIKROSKOPUNDERSØKELSE

1. Det er lurt å starte undersøkelsen, uansett i hvilken form en har prøven, i stereomikroskop ved lav forstørrelse (f.eks. 25X). Særlig ved direkte materialundersøkelse vil en allerede her kunne få nyttig informasjon både kvalitativt og kvantitativt.
2. For luftprøver på membranfilter, bør en over på et mer avansert mikroskop. Før en gjør filteret transparent, bør en se på det med overlys (reflektert lys) og gjerne mellom kryssede polarisasjonsfiltre. En kan da få et nyttig overblikk over partikkeltyper og mengder.
3. Filteret gjøres transparent, f.eks. ved hjelp av glyseroltriacetat. Skal en kun undersøke MMMF, legges en bit av filteret på objektglass. Væsken dryppes på, og en varmer svakt opp til

transparenthet. Et dekkglass legges over. Ved hjelp av "dispersion staining"/mørkfelt-innstilling kan en nå telle MMMF. Hvorvidt en har MMMF eller ikke sjekkes mellom polarisasjonsfiltre. En må da sette mikroskopet i lysfelt-stilling.

4. Dersom en har mistanke om, eller skal undersøke tilstedeværelsen av asbest, legges filterbiten med eksponert side på et objektglass fuktet med f.eks. glyserintriacetat.
5. Med spritflamme "glødes" så filtermassen bort. Denne prosedyren følges også for MMMF-undersøkelse dersom mange "uvedkommende" fibre vanskeliggjør tellingen.
6. En anvender så "dispersion staining"/mørkfelt-teknikk, og en starter med DS-væske med  $N_D = 1,55$ . Krysofil gir blått ( $\perp$ ) og magenta (II). De andre asbestene gir hvite eller gule farger. Tabellen under viser DS-farger ved ringblender og sentralblender med tilsvarende farger for Becke-linjen.

Matching nm	Dispersion Staining Colors		
	Annular stop colors	Central stop colors	
		in focus	Becke line
<420	blue-black	light yellow	faint gold + violet
430	blue-violet	yellow	faint gold + violet
455	blue	golden yellow	faint gold + violet
485	blue-green	golden-magenta	yellow + violet
520	green	red-magenta	violet + orange
560	yellow-green	magenta	blue violet + red orange
595	yellow	blue-magenta	blue + red
625	orange	blue	blue
660	orange-red	blue-green	green
>680	brown-red	pale blue	pale green

7. Hvis bare hvite eller gule farger sees, prøves DS-væske med  $N_D = 1,605$ . Tremolitt gir magenta ( $\perp$ ) og gul (II) samt skjev ut-slokking mellom kryssede polarisasjonsfiltre. Autofyllitt gir gyllen gul til blå-magenta ( $\perp$ ) og gul (II).



8. Hvis fremdeles bare gult observeres, prøves DS-væske med  $N_D = 1,680$ . Amositt gir magenta og blått ( $\perp$ ) og gult (II) samt positiv forlengning. Krokidolitt gir gyllen gul ( $\perp$ ) og gul (II) samt negativ forlengning (elongation).

Merknader: "Dispersion staining"-teknikk er relativt uproblematisk å anvende direkte på materialer. Ved filterundersøkelse kommer det inn en komplikasjon idet  $N_D$  særlig for amfibolasbestene, gjerne stiger ved oppvarming. Dette fører til at vi kan få andre DS-farger enn de som er oppgitt for mineralene (se pkt. 5.2.4.2 foran). Har en den aktuelle fiber tilgjengelig, kan en imidlertid prøve seg fram til "nye" anvendelige DS-farger.

Hovedproblemet med luftprøver av asbest på filter, er likevel fiberdimensjonene. I lysmikroskop kan en ikke regne med å observere annet enn bunter av asbestfibre (fibriller).



NORSK INSTITUTT FOR LUFTFORSKNING (NILU)  
NORWEGIAN INSTITUTE FOR AIR RESEARCH  
POSTBOKS 64, N-2001 LILLESTRØM

RAPPORTTYPE TEKNISK RAPPORT	RAPPORTNR. TR 5/89	ISBN-82-425-0059-2	
DATO JUNI 1989	ANSV. SIGN. <i>Skjoldland</i>	ANT. SIDER 79	PRIS NOK 120,-
TITTEL Mineralfiber som luftforurensning. Del 2: Prøvetaking og identifikasjon (lysmikroskopi)		PROSJEKTLEDER	
		NILU PROSJEKT NR. E-8907	
FORFATTER(E) O. Anda		TILGJENGELIGHET A	
		OPPDRAGSGIVERS REF.	
OPPDRAGSGIVER (NAVN OG ADRESSE)			
3 STIKKORD (å maks. 20 anslag) Mineralfiber                      Asbestfiber                      Identifikasjon			
REFERAT (maks. 300 anslag, 7 linjer) Rapporten omhandler prøvetaking av mineralfibre samt identifikasjon av disse ved hjelp av lysmikroskop. I hovedsak er det en litteraturstudie, men det er også beskrevet metoder som anvendes på NILU.			

TITLE
ABSTRACT (max. 300 characters, 7 lines)

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