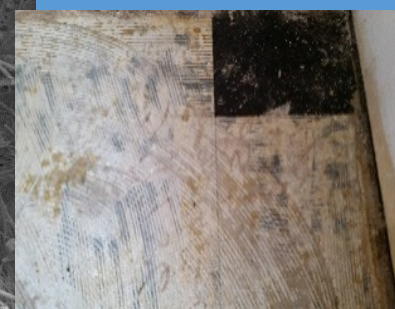
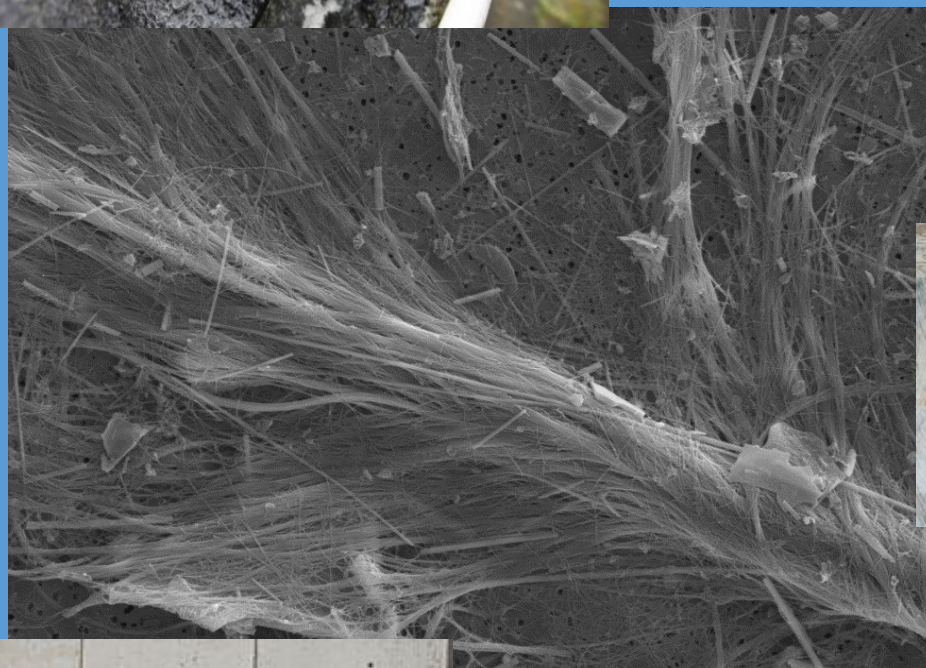


# Asbestmålinger ved brann og rivning av asbestholdige byggematerialer– Delrapport 1: Asbestmålinger ved rivning av asbestholdige byggematerialer

Forfattere: Pål Graff, Torunn Kringlen Ervik, Stine Eriksen Hammer,  
Jon Hovik, Ole Synnes, Nils Petter Skaugset

Prosjektleder: Pål Graff



## Innhold

Kapittel 1: Sammendrag .....	3
Kapittel 2: Bakgrunn for studien .....	6
Kapittel 3: Målsettinger for studien .....	9
Kapittel 4: Metoder .....	11
4.1 Asbestidentifikasjon i materialprøver .....	11
4.2 Prøvetaking.....	11
4.3 Bestemmelse av fiberkonsentrasjon med sveipelektronmikroskop.....	13
4.4 Bestemmelse av fiberkonsentrasjon med fasekontrastmikroskop.....	14
4.5 Bestemmelse av fiberkonsentrasjon med transmisjonselektron-mikroskop .....	14
4.6. Bestemmelse av fiberkonsentrasjon med fibermonitor .....	14
4.7. Bestemmelse av partikkelantall og partikkelstørrelse .....	15
Kapittel 5: Eksponering ved arbeid med ulike materialer .....	16
5.1 Innvendige veggplater .....	16
5.2. Innvendig gulv.....	19
5.2.1. Gulvprøver .....	19
5.2.2. Laboratorieforsøk gulv .....	23
5.3. Rørsanering .....	24
5.4 Sanering av yttervegger og tak.....	26
5.4.1 Sanering yttervegg.....	28
5.4.2 Utvendig tak .....	31
Kapittel 6: Kortidsmålinger under forskjellig arbeidsoperasjoner .....	34
Kapittel 7: Forvitring av asbestsementtaket .....	37
Kapittel 8: Diskusjon.....	38
Kapittel 9: Konklusjon .....	41
Kapittel 10: Referanser.....	42

## Kapittel 1: Sammendrag

Det har vært forbudt å bruke asbest i byggemateriale siden 1985, men fortsatt finnes det mye asbestholdige byggematerialer igjen i private og offentlige bygg. Mange av disse bygningene begynner nå å bli så gamle at de må renoveres eller rives. Det er da en risiko for eksponering for asbest om ikke de asbestholdige byggematerialene fjernes først. Dessverre kan en mangelfull kartlegging om hvor i bygningene asbest forekommer, føre til at ikke alt asbestholdig materiale fjernes før arbeidet begynner. Det er derfor en risiko for at bygningsarbeidere kan bli eksponert for asbest ved denne type arbeid.

Denne rapporten beskriver hvilke nivåer av asbestfibre som kan forekomme i luften ved arbeid med asbestholdige byggematerialer. Målingene viser på potensiell eksponering om ikke korrekt verneutstyr benyttes.

Prøvetaking av asbestfibre ble utført med «open-faced» antistatiske prøvetakingskassetter med enten 25 mm polykarbonatfilter eller 25 mm celluloseesterfilter. Til prøvetakingen ble det benyttet pumper som ble spesialkonstruert for dette prosjektet. Lufthastigheten under prøvetaking var 2 L/min og prøvetakingen pågikk til arbeidet var slutt eller prøvetakingen måtte avsluttes for å unngå overbelastning av prøvene. Det ble tatt parallelle prøver for fibertelling med fasekontrastmikroskop (FKM), sveipelektronmikroskop/skanningelektronmikroskopi (SEM) og transmisjonselektron-mikroskop (TEM).

Flere av målingene som er gjort i dette prosjektet viser nivåer av asbestfibre over grenseverdiene, selv om arbeidene har blitt utført som en forsiktig sanering. Det er derfor viktig både å kartlegge mulig forekomst av asbest før arbeid påbegynnes og å sørge for at asbestholdige materialer fjernes på en korrekt og sikker måte. Spesielt ved arbeid med porøse materialer som innvendige tak og veggplater av asbestolux kan en betydelig mengde fibre frigjøres til luften. Også ved håndtering av utvendige materialer som har forvitret og blitt porøse på grunn av alder og slitasje, eksempelvis takplater i eternitt, kan en betydelig mengde fibre frigjøres. I innvendige gulvmaterialer ser det ut som om asbestfibrene er godt festet i bindemiddelet, og at det derfor frigjøres en mindre fibremengde ved arbeid med disse materialene. At asbestfiber frigjøres til luften kan likevel ikke utelukkes ved arbeid i disse materialene.

Selv om noen typer materialer ofte inneholder hovedsakelig én type asbest, finner man som oftest forekomst av flere asbesttyper, både amfibole og serpentiner. Sammensetningen er

antageligvis avhengig av hvor materialene er produsert og i hvilke tidsperiode. I dette prosjektet ble det i de fleste tilfeller funnet flere typer asbest i de undersøkte byggematerialene.

Prosjektet har vist at det er god overenstemmelse mellom FKM og SEM når asbestfibre er den eneste type fiber til stede, men at FKM ser ut til å overestimer asbesteksponeringen ved forekomst av andre typer fibre som for eksempel gipsfibre. Ofte ble en betydelig mengde støv samlet på filteret når personbårne prøvetakere ble benyttet under saneringsarbeid og luftvolumene ble derfor holdt lave. TEM viste seg å være lite egnet for disse prøvene i dette prosjektet. TEM resultatene fra bakgrunnsmålinger der større luftvolumer kunne prøvetas var sammenlignbare med SEM og FKM.

Andelen tynne fibre med diameter under 0,2 µm i luften varierte etter type material og var i visse tilfeller opp til 40%. Når andelen amfibole i materialet er høyt, som for eksempel i asbestolux, var andelen under 0,2 µm lavere og rundt 10 %. Det bør vurderes om det å telle tynne fibre bør gjøres mer frekvent siden dette kan være viktig informasjon for å vurdere helserisikoen ved asbesteksponering. Disse resultatene bør rapporteres som en egen fraksjon og ikke inkluderes i konsentrasjonen av fibre med diameter på 0,2 µm eller tykkere.

Dette er den første delrapporten fra prosjektet om spredning av asbestfibre ved rivning og brann. Denne første delrapporten fokuserer på forekomst av asbestfibre ved renovering og rivning mens prosjektets andre del fokuserer på brann og branntomter. En rapport for prosjektets andre del vil komme senere.

Studien har fått økonomisk bidrag fra Fondet for Regionale Verneombud – bygg og anlegg.

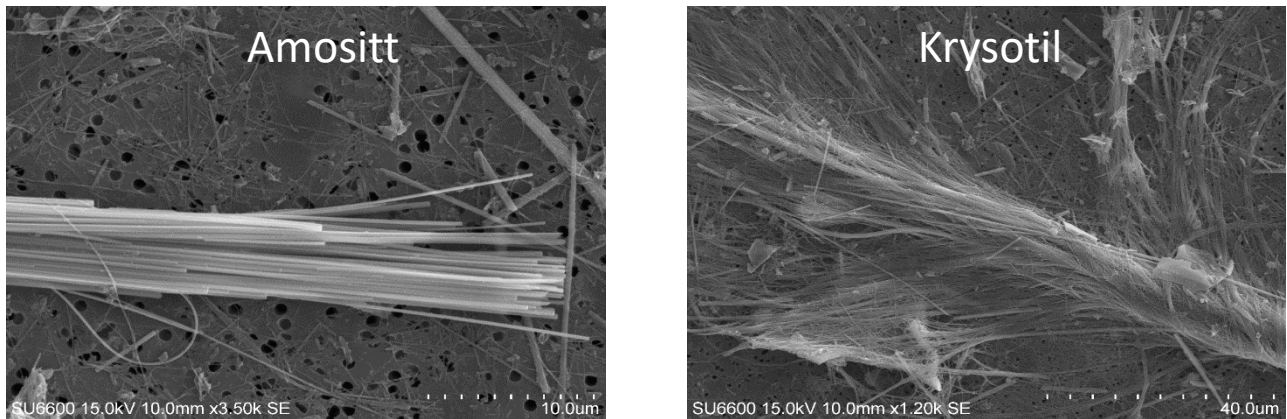
### **Hovedfunn:**

- En høy andel asbestfiber kan løsrives og frigis til luften under saneringsarbeid. Det er derfor viktig at det utføres grundige kartlegging av mulig asbestforekomst før rivnings- eller renoveringsarbeid startes.
- Forsiktig saneringsarbeid med ekstra tiltak som for eksempel støvsuging og bruk av grønnsåpevann kan redusere frigjøring av fibre til luft.

- Fiberkonsentrasjonen avhenger av materialtype. Ved arbeid med sprø materialer som asbestolux og korroderte materialer var den høyest. Fiberkonsentrasjonen var lavest ved gulvsanering.
- Andel tynne fibre (med diameter under 0,2  $\mu\text{m}$ ) vil avhenge av materialtypen. I materialer med krysotil som hovedkomponent er andelen høyere og opp mot 40 %.
- Enkelte arbeidsoppgaver som saging og boring genererer betydelige mengder fiber, noe som viser viktigheten av riktig verneutstyr ved slikt arbeid.
- Fibertellinger med bruk av sveipelektronmikroskop og fasekontrastmikroskopi gir sammenlignbare resultat når asbestfiber er eneste fibertype tilstede.

## Kapittel 2: Bakgrunn for studien

Asbest er en gruppe mineraler som forekommer naturlig i form av fibre. Det finnes flere ulike typer av asbestfibre som skiller seg både morfologisk og kjemisk (Tabell 2.1). Generelt kan de ulike formene av asbest deles i to hovedgrupper avhengig av morfologien til fibrene: Serpentine (mykere fibre, f.eks krysotil) og amfibole (stivere fibre, f.eks krokidolitt og amositt) (Figur 2.1).



**Figur 2.1:** Figuren viser eksempel på amfibole fibre (amositt) og serpentine fibre (krysotil). Bildene er tatt med SEM.

**Tabell 2.1:** Oversikt over noen asbesttyper og kjemisk sammensetning

Gruppe	Type asbest	Kjemisk sammensetning
Serpentiner	Krysotil (Hvitasbest)	$Mg_3(Si_2O_5)(OH)_4$
Amfiboler	Amositt (Brunasbest)	$(Fe,Mg)_7(Si_8O_{22})(OH)_2$
	Krokidolitt (Blåasbest)	$Na_2Fe^{II}_3Fe^{III}_2(Si_8O_{22})(OH)_2$
	Tremolitt	$(Mg,Fe)_7(Si_8O_{22})(OH)_2$
	Aktinolitt	$Ca_2(Mg,Fe)_5(Si_8O_{22})(OH)_2$
	Antofylitt	$(Mg,Fe)_7Si_8O_{22}(OH)_2$

Asbest har blitt brukt i flere tusen år, eksempelvis i keramikk, men en storskala bruk av asbest kom først i gang på 1880-tallet da asbest ble brukt til varme- og syreressistente tekstiler og ulike isoleringsprodukter. Utover 1900-tallet ble asbest brukt i en mange forskjellige produkter, deriblant en rekke byggematerialer, som tak- og veggbekledning, gulvmatter, sement og isolering (Dodson and Hammar 2011).

At arbeid med asbest kunne medføre negative helseeffekter ble tidlig kjent. Allerede 1918 kom de første røntgenbildene av lungene til asbestarbeidere som viste lungeforandringer. Utover 1920-tallet ble flere tilfeller av lungefibrose (asbestosis) beskrevet (Dodson and Hammar

2011). Det ble etter hvert også beskrevet tilfeller av lungefibrose både hos personer som arbeidet i produksjon av asbestholdige produkter, arbeidere i asbestgruver og individer som brukte asbestholdige produkter (Dodson and Hammar 2011). Asbesteksponering og kobling til kreft har også vært kjent lenge, både lungekreft og mesoteliom (Dodson and Hammar 2011, Markowitz 2015). Asbesteksponering regnes i dag som den viktigste årsaken til mesoteliom. Mesoteliom er i dag den hyppigste dødsårsaken forårsaket av asbesteksponering. Det er likevel vanskelig å lage en dose-respons kurve for denne kreftformen, men man antar at relativt lave eksponering kan medføre en økt risiko for sykdom (Markowitz 2015). Mesoteliom har en lang latenstid (opp mot 40 år) som gjør det vanskelig å koble eksponeringsnivåer til sykdom (Lacourt et al. 2017).

Fra 1985 ble det forbudt å bruke asbest i byggematerialer i Norge, men fortsatt regner man med at mer enn hundre personer dør hvert år i Norge av kreft forårsaket av asbesteksponering. Fortsatt forekommer det yrkesmessig eksponering for asbest. Man beskriver det ofte som den tredje bølgen av asbesteksponering (Landrigan 1991). Den første bølgen var arbeidere i asbestgruver og produksjon av asbestholdige produkter. Andre bølgen var arbeidere som brukte de ulike materialene – eksempelvis til å bygge hus. Den tredje bølgen er arbeiderne som river eller renoverer gamle hus med asbestholdige bygningsmaterialer.

Eksponering for asbest har tradisjonelt blitt undersøkt ved å pumpe luft gjennom et cellulosefilter, som deretter telles i mikroskop. Telling av asbestfibre fra luftprøvene gjøres vanligvis ved bruk av fasekontrastmikroskop (FKM). Dette er en relativt billig metode. Ulempen ved metoden er at man ikke kan se tynnere fibre enn 0,2  $\mu\text{m}$  og at den ikke kan skille mellom asbest og andre fibertyper. I henhold til World Health Organization (WHO) sin definisjon av fibre må de være lengre enn 5  $\mu\text{m}$ , diameter med mindre enn 3  $\mu\text{m}$  og forholdet mellom lengde og tykkelse på mer enn 3:1 (World Health Organization. 1997). Noen andre land har gått over til å telle asbestfibre med sveipelektronmikroskop/skanningelektronmikroskopi (SEM) eller transmisjonselektronmikroskop (TEM) for også å få et mål på mengden asbestfibre tynnere enn 0,2  $\mu\text{m}$ . Med bakgrunn av den økte kunnskapen om mulige negative helseeffekter av tynne fibre er det en pågående diskusjon om disse skal tas med i betraktning ved analysene (Dodson et al. 2008, El Yamani et al. 2012, Boulanger et al. 2014). Det er også en diskusjon om alle asbesttyper skal sees på som like helseskadelige, per i dag skiller man ikke på type asbest ved telling.

Ved en korrekt sanering av asbest i henhold til Arbeidstilsynets retningslinjer antas det at de som utfører saneringen er godt beskyttet da de skal bruke maske (overtrykksmaske anbefales) og tettsluttende verneklær. Dessverre skjer det at håndverkere river asbestholdige byggematerialer uten at de er klar over at det er asbestinnholdende materialer de river. En manglende forståelse for risikoene ved håndtering av asbest, manglende kunnskap om hvilke materialer som kan inneholde asbest, og hvordan man kan beskytte seg kan medføre unødvendig eksponering. Det er derfor særdeles viktig at dagens yrkesaktive innen bygge- og rivningsbransjen får kunnskap om asbest, hvor den finnes, hvordan den håndteres, vernetiltak og mulig helserisiko ved eksponering.

Prosjektet ble initiert i samarbeid med de regionale verneombudene innen bygg og anlegg. Prosjektet vil også takke de regionale verneombudene innen bygg og anlegg for uvurderlig hjelp med å etablere kontakt med saneringsobjekt, opplæring i saneringsmetoder og sikkerhetstiltak. Studien har fått økonomisk bidrag fra Fondet for Regionale Verneombud – bygg og anlegg.



### Kapittel 3: Målsettinger for studien

Formålet med dette prosjektet var å se på konsentrasjoner av asbest i luften ved ulike typer av rivning og renoveringsarbeid samt ved brann i bygninger med asbestholdige byggematerialer. Denne rapporten omhandler målinger av luftnivåer av asbest ved arbeidsoperasjoner knyttet til rivning og renoveringsarbeid. Asbest har vært forbudt i byggematerialer siden 1985, men fortsatt er det mange bygninger i Norge som inneholder asbest. Målingene som er utført i dette prosjektet er ment å illustrere nivåene av asbest som kan forekomme i luften når man river og arbeider med asbestholdige byggematerialer.

Alle målinger i prosjektet er utført utenfor verneutstyr. Målingene gjenspeiler derfor ikke eksponeringen for de som utfører en asbestsanering med verneutstyr i henhold til Arbeidstilsynets retningslinjer. Asbestmålingene som er utført i prosjektet, viser derimot potensialet for eksponering dersom saneringen/renoveringen ikke utføres på en korrekt måte. Dette kan for eksempel skje i et renoveringsprosjekt der en ikke er klar over at det forekommer asbestholdige materialer. Alt sanering- og rivningsarbeid som det er målt på i studien er utført av godkjente saneringsfirmaer. Alle innvendige saneringer er utført med innbygging av arbeidsområdet og saneringsområdet har hatt ett undertrykk under arbeid.



**Figur 3.1:** Figuren viser ett eksempel på sluse inn i område som saneres for asbest (A) og verneutstyr som benyttes ved asbestsanering – aktivt åndedrettsvern med P3 filter samt tette sluttende overtrekksklær (B).

I denne studien har vi valgt å se på luftkonsentrasjonene av asbest ved arbeid med ulike typer av materialer i felt ved ulike saneringsarbeid. Alt arbeid er utført av profesjonelle asbestsanerere

som har god kunnskap om hvordan arbeidet best bør utføres for å redusere spredningen av asbestfibre. Det kan derimot ikke utelukkes at ved andre arbeidsmetoder kan luftnivåene av asbest bli enda høyere. Noe av dette er det forsøkt å ta høyde for ved enkelte av målingene. Ved enkelte av arbeidene er det studert hvilken effekt ulike arbeidsmetoder og støvreduserende tiltak (eks. bruk av såpe som bindemiddel) har på luftnivåene av asbest.

I tillegg til å måle luftnivåer av asbest har studien også hatt som målsetting å sammenligne telling av asbestfibre på filtre samlet inn i felt ved bruk av både FKM, SEM eller TEM. Dette ble gjort for å undersøke hvilken betydning valg av analysemetode har for resultatet av målingene. Med den tradisjonelle analysemetoden, FKM, kan en ikke telle fibre med diameter under  $0.2 \mu\text{m}$ , og bare i liten grad skille mellom ulike fibertyper. Ved telling med SEM, kan tynne fibre undersøkes og derfor er også andelen fibre under  $0,2 \mu\text{m}$  angitt. Disse fibre ville ikke blitt talt ved en tradisjonell asbesttelling med FKM. Med tanke på det økte fokus på mulige negative helseeffekter tilknyttet eksponering av tynne fibre, bør det vurderes om FKM fortsatt bør anbefales, eller om mer sensitive metoder som SEM og TEM bør benyttes (Dodson et al. 2008, El Yamani et al. 2012, Boulanger et al. 2014). Slike sammenlignende målinger har blitt gjort tidligere i kontrollerte forsøk, men ikke i feltforsøk. Rivning av asbestholdige bygningsmaterialer kan tenkes å frigjøre en blanding av ulike fibrer i ulike størrelser sammen med annet støv. Det var derfor av interesse å gjøre parallelle prøvetakinger og analyser av feltprøver i denne studien.

## Kapittel 4: Metoder

### 4.1 Asbestidentifikasjon i materialprøver

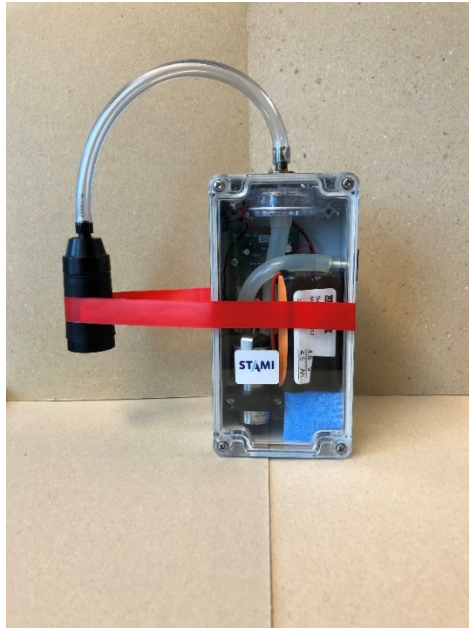
For å vurdere om det finnes asbest i materialprøver er følgende prosedyre fulgt: Materialprøven undersøkes alltid først i binokularlupe. Fibre og fiberbunter kan ofte ses i lupen. Materialprøven undersøkes også for å se om materialet er homogent eller lagdelt. I avtrekkskap ble en hånddrevet drill brukt til å ta ut en representativ prøve. Pulveret fra boringen ble samlet over i et plastbeger med 0,05 M saltsyre (HCl) og tilsatt noen dråper etanol. Deretter ble prøven behandlet i ultralydbad i 1-2 min.

Prøven ble deretter filtrert gjennom et 0,8 µm polykarbonatfilter og overført fuktig til petriskål. Når filteret var tørt, ble et utsnitt på 8x8 mm kuttet fra filteret og lagt på en aluminium prøveholder som benyttes i elektronmikroskopet. Filterbiten ble festet ved hjelp av en elektrisk ledende karbontape. En Hitachi SU6600 feltemisjon SEM utstyrt med energispredende røntgenspektroskopi (EDX) ble benyttet for å undersøke fibrene. I SEM ble fibre undersøkt morfologisk og kjemisk. Et EDX spekter fra et representativt utvalg av fibre ble undersøkt for å identifisere fibertypen. Kritiske grunnstoffer for å identifisere typen asbest er Si, Mg, Fe, Ca og Na (se tabell 2.1).

### 4.2 Prøvetaking

Prøvetaking av asbestfibre ble utført med «open-faced» antistatiske prøvetakingskassetter med enten 25 mm polykarbonatfilter (for FKM og SEM telling) eller 25 mm celluloseesterfilter (for TEM telling).

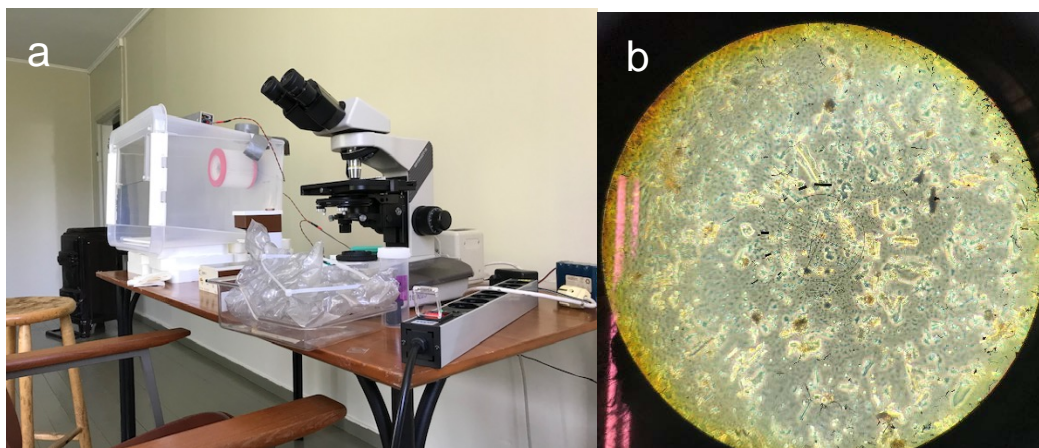
Til prøvetakingen ble det benyttet pumper som ble laget til dette prosjektet (Figur 4.1). Pumpene ble bygget inn i et vanntett hus for å kunne vaskes mellom hver prøvetaking for å forhindre spredning av asbestfibre.



**Figur 4.1:** Den spesialkonstruerte prøvetakingspumpen benyttet i prosjektet. Bildet viser også en antistatisk prøvetakingskassett for prøvetaking koblet til pumpen.

Lufthastigheten under prøvetaking var 2 L/min over filter. Prøvetakingen pågikk så lenge som kalibrert med et Ålborg Rotameter.

Ved prøvetakingen bar de som utførte arbeidet en ryggsekk med 3 – 4 prøvetakingspumper hvor innsuget på prøvetakingsenhetene var plassert framme på brystet, så nær pustesonen som mulig. Det ble samlet prøver for FKM, SEM, TEM parallelt. Ved lengre saneringer ble det også tatt ekstra prøve for felttesting av overbelastning (Figur 4.2). I tillegg til de personbårne prøvene ble stasjonære prøver benyttet ved flere av saneringene. Disse ble plassert i både «ren» og «skitten» sone.



**Figur 4.2:** **A** Lysmikroskopet og den portable arbeidsstasjonen med HEPA filter som ble brukt for å vurdere prøvetakingen i felt. **B** Et ikke tellbart filter (overbelastet).

All montering og nedplukking av utstyr foregikk i det innebygde område og alle prøver ble pakket i zip-lock poser før de ble tatt ut av saneringsområdet. Pumpene ble vasket før de ble tatt ut av saneringsområdet og annet utstyr som slanger og sekker ble tørket av og pakket ned i dedikerte merkede bokser, klar til neste prøvetaking.

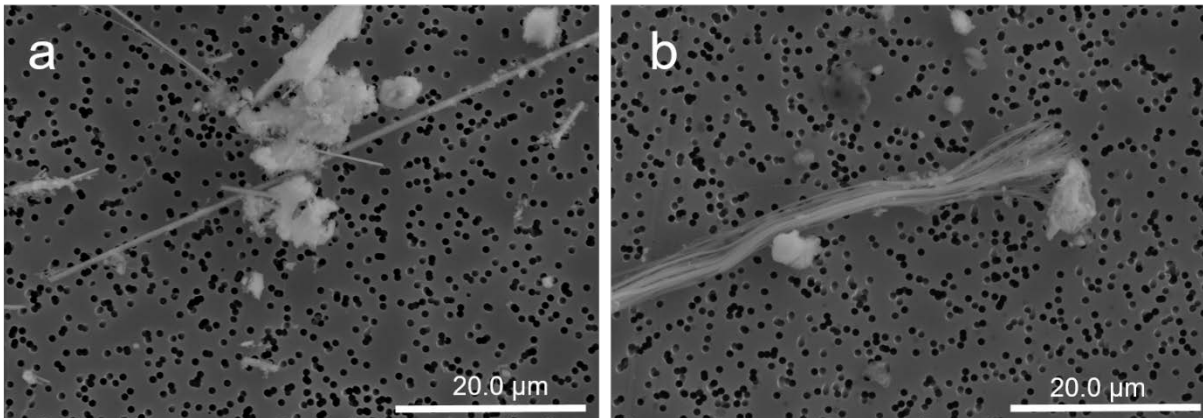
#### 4.3 Bestemmelse av fiberkonsentrasjon med sveipelektronmikroskop

Fibertellinger med SEM ble utført på STAMI. En Hitachi SU6600 SEM utstyrt med EDX ble benyttet til formålet. Tellingene ble utført i henhold til ISO 14966:2019. Filteret som telles i SEM ble på forhånd belagt med 40 nm tykt gullag på forsiden og med 20 nm gull på baksiden av filteret. Før tellingene i SEM ble filteret undersøkt i lysmikroskop for å se at fordelingen av støv på filter var homogen, deretter ble prøven forasket for å fjerne organisk støv på filterene. Omtrent 8x8 mm av filteret ble snittet ut og festet med karbontape til en aluminium prøveholder. I SEM ble en forstørrelse på 2000x benyttet for tellinger. I henhold til ISO standarden ble minst 1 mm<sup>2</sup> (426 tellefelt) av filteret undersøkt. Dersom antallet talte fibre oversteg 50 ble tellingen avbrutt tidligere. Hvis ingen fibre ble funnet, ble 0,25 mm<sup>2</sup> ekstra av filteret undersøkt. For hver fiber som ble funnet, ble et EDX spektrum tatt opp og røntgensignalene for de forskjellige elementene ble brukt til å fastslå fibertype. Lengde, bredde og type fiber ble registrert for hver talte fiber. Fibre med diameter under 0,2 µm ble også telt og i resultatene presentert som en egen fraksjon. Et eksempel på et tellefelt er vist i Figur 4.3. Fiberen telles som 0,5 fiber om kun én ende av fiberen er innenfor tellefeltet.

Deteksjonsgrensen avhenger av luftvolumet som har gått gjennom filteret, størrelsen på filteret og antall felt som undersøkes i mikroskopet. Deteksjonsgrensen blir derfor definert iht ISO 14966:2019 til:

$$E = \frac{2,99}{N \times V_B}$$

Hvor N er antall felt undersøkt i SEM og V<sub>B</sub> er det luftvolumet, i cm<sup>3</sup>, som har gått gjennom et tellefelt. Konstanten 2,99 er den øvre konfidensgrensen for Poisson fordelingen når ingen fibre observeres.



**Figur 4.3:** Eksempel på tellefelt i SEM; **A** amosittfibre og **B** krysotil

#### 4.4 Bestemmelse av fiberkonsentrasjon med fasekontrastmikroskop

Fibertelling med FKM ble utført av Mycoteam AS. Tellingen ble utført i henhold til NIOSH metode 7400. For denne metoden er deteksjonsgrensen avhengig av prøvevolumet og mengden annet «forstyrrende» støv på filter. Hvis prøven er relativt ren, uten mange andre forstyrrende partikler, er deteksjonsgrensen gitt som  $7 \text{ fiber/mm}^2$ . Avhengig av filterdiameter og luftvolum som har gått gjennom filteret vil man fra denne verdien kunne beregne en deteksjonsgrense gitt i  $\text{fiber/cm}^3$ .

#### 4.5 Bestemmelse av fiberkonsentrasjon med transmisjonselektron-mikroskop

Fibertelling med TEM ble utført i samarbeid med professor Norbert Roos, Universitetet i Oslo. Fibertellingen ble utført i henhold til ISO 10312. Før telling ble filtrene belagt med karbon og selve filtret inkludert organisk materiale på filtret ble løst opp med kloroform. I motsetning til FKM og SEM teller man i TEM også kortere fibre enn  $5 \mu\text{m}$ . I følge ISO 10312 blir en partikkel definert som en fiber om den har parallelle sider, et størrelsesforhold større eller lik 5:1, en lengde større eller lik  $0,5 \mu\text{m}$  og hvis EDX bekreftet asbestypen. Deteksjonsgrensen vil, som for SEM, være avhengig av luftvolumet som har gått gjennom filteret, størrelsen på filteret og arealet som undersøkes.

#### 4.6. Bestemmelse av fiberkonsentrasjon med fibermonitor

En fibermonitor (Fiber Monitor 7400, TSI, Shoreview, Minnesota, USA) ble også benyttet i prosjektet. Med en fibermonitor kan ulike typer fiber i luften undersøkes. I denne sammenhengen var fibermonitoren kalibrert for krysotilfibre. Fibermonitoren ble brukt til å undersøke variasjonen av asbestfiberkonsentrasjon i luften under sanering. Fibermonitoren var

plassert utenfor saneringsområdet med en antistatisk slange inn og er utstyrt med et filter slik at luften med fibre og partikler ikke slipper ut i «ren sone».

#### 4.7. Bestemmelse av partikkelantall og partikkelstørrelse

En partikkelteller (APS 3321, TSI, Shoreview, Minnesota, USA) ble brukt parallelt med fibermonitoren under en av prøvetakingene for å undersøke om det var noen sammenheng mellom antallet partikler [i størrelsesområdet 0,5-20  $\mu\text{m}$ ] og asbestfiber under saneringsarbeid.

## Kapittel 5: Eksponering ved arbeid med ulike materialer

I denne rapporten er det valgt å presentere resultatene delt opp etter arbeid med ulike typer av byggematerialer: innvendige veggplater, innvendig gulv, rørisolering, utvendig vegg og utvendige takplater. En del informasjon om asbestholdige materialer finnes på [Arbeidstilsynets nettsider](#).

For flere av materialtypene inkluderer dette ulike saneringsoppdrag.

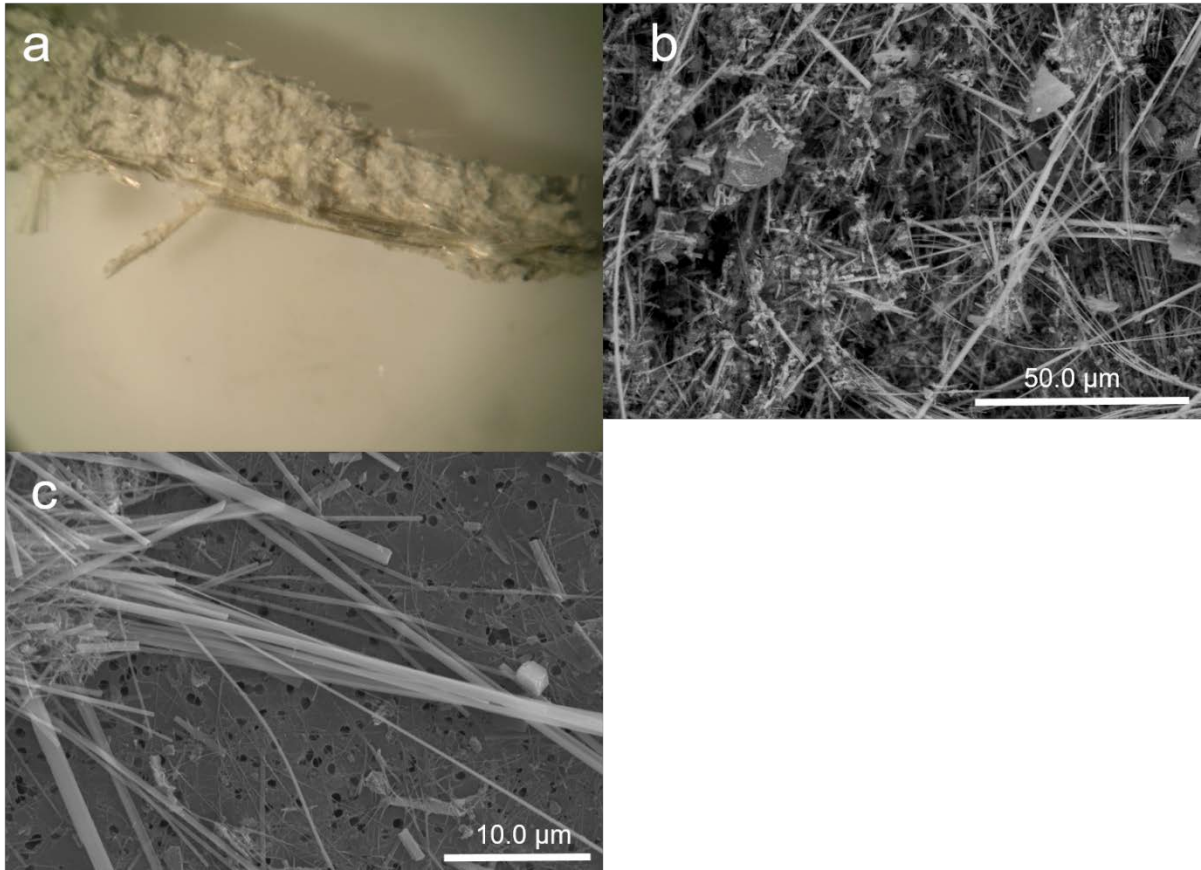
### 5.1 Innvendige veggplater



**Figur 5.1:** Bildet viser arbeid med sanering av veggplater i et innebygd saneringsområde

Asbestolux er et merkenavn på plater brukt som innvendig veggplater og himlingsplater. Materialet er sprøtt med store mengder amositt (Figur 5.2). Det er rapportert at det kan være opptil 40 % asbest i eldre plater, mens de vanlige nivåene ligger på 15-25 %. Det ble samlet inn luftprøver over flere dager ved saneringen av asbestoluxplater under ulike arbeidsoperasjoner: demontering av plater, pakking av plater for sending til mottak og rydding av saneringsområdet. Ved sanering av asbestoluxplater ble spikre/skruer dratt ut og platene ble tatt ned av veggen så hele som mulig for å redusere spredning av fibre fra asbestoluxplatene (Figur 5.1).





**Figur 5.2:** A Lysmikroskopbilde av en bit av asbestolux veggplate. B SEM bilde av asbestolux veggplate og C eksempelbilde av amosittfibre funnet i veggplaten.

Fibertellinger fra innendørssanering av asbestolux er vist i Tabell 5.1. Relativt høye fiberkonsentrasjoner ble målt i luft ved sanering av denne type materiale, og over 90 % var amfibole fibre og hovedsakelig amositt. Ved fibertellinger med SEM ble 5-20 % av fibre funnet å være under  $0,2 \mu\text{m}$  i diameter.

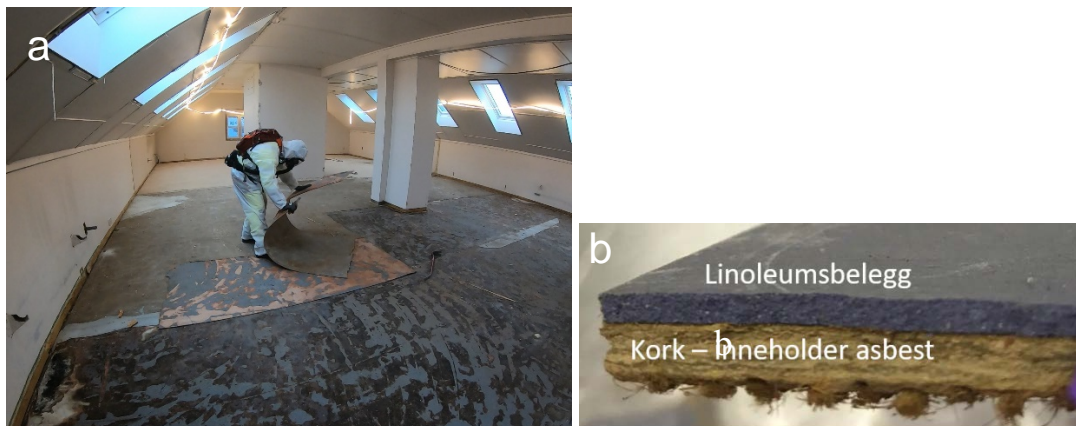
**Tabell 5.1:** Fibertellinger med FKM, SEM og TEM ved innendørs veggspanning med asbestoluxplater. Tabellen viser resultater fra enkeltprøver.

Arbeidsoperasjon	FKM (f/cm <sup>3</sup> )	SEM (f/cm <sup>3</sup> )		TEM (f/cm <sup>3</sup> )
		≥0,2	<0,2	
<b>Personbårne</b>				
Ta ned veggplater	1,4	0,8 [0,7-1,0]	0,04 [0,02-0,1]	2,1
Ta ned veggplater	2,5	2,6 [2,2-2,9]	0,1 [0,1-0,2]	5,7
Ta ned veggplater	4,7	4,5 [3,9-5,0]	0,4 [0,2-0,5]	7,4
Ta ned veggplater	1,6	1,7 [1,5-2,0]	0,3 [0,2-0,4]	8,2
Ta ned veggplater	2,5	3,2 [2,9-3,5]	0,3 [0,2-0,4]	*
Rydding av saneringsområdet		0,8 [0,6-1,0]	0,2 [0,1-0,3]	
<b>Stasjonære</b>				
Stasjonær, ren sone		<LOD		
Stasjonær, ren sone		<LOD		
Stasjonær, skitten sone		0,4 [0,3-0,5]	0,1 [0,04-0,1]	

\* = overbelastet og kunne derfor ikke telles, skravert felt = ingen prøve, <LOD = under deteksjonsgrensen. Tallene i parentes viser 95% konfidensintervallet

Selv om arbeidet med demontering av asbestoluxplatene ble utført forsiktig, og platene ble tatt ned av veggen hele, ble det fort mye støv på filtrene. For å ikke overbelaste prøvene ble prøvetakingstiden derfor holdt kort (1-2 timer). Flere prøver ble tatt etter hverandre og et utvalg av prøvene som kunne telles er vist i tabell 5.1.

## 5.2. Innvendig gulv



**Figur 5.3:** **A** Bildet sanering av vinylgulv der gulvet først løsnes fra underlaget ved hjelp av kubein og barkskrape før limet (svart) slipes bort. **B** Materialprøve av gulv. Gulvmateriale med asbest finnes under linoleumsbelegget.

### 5.2.1. Gulvprøver

Vinylgulv med krysotil er en matriks som består av varierende mengder organiske polymerer, kalsium karbonat eller sulfat, glimmerminerale, cellulose, titandioksid ( $\text{TiO}_2$ ) og/eller kvarts. Mengde asbest varierer mellom 5-30 % (Perez et al. 2018). Figur 5.4 viser tverrsnittet av et kappet vinylgulv. Fibrene er støpt inn i gulvmatriksen og stikker ut av materialet på en bruddflate. Asbest som finnes i slike gulv er tidligere rapportert å være korte fibre – hvor så mange som > 90 % er mindre enn  $5 \mu\text{m}$  (Perez et al. 2018). Fibrene i gulvmaterialet brukes som bindemiddel og ikke for å øke slitestyrken eller øke friksjon. I gulv som inneholder asbest kan det variere hvor asbest er brukt. I gulvfliser er ofte asbestfibrene støpt inn i flisene, mens i gulvmatter er asbest ofte brukt i materialet som finnes mellom gulvmatten og underlaget (Perez et al. 2018). I tillegg kan asbest også forekomme i lim eller andre festemasser. Gulvflisens oppbygning bidrar til at identifikasjon av fibre kan være vanskelig. Deteksjonen av asbestfibre vanskeligjøres ytterligere ved at fargemateriale ( $\text{TiO}_2$ ) binder seg til fibrene.

En annen utfordring er at støv og partikler fra andre bygningsmaterialer legger seg på gulvet og virvles opp under saneringen. Hovedutfordringen hvis det er veldig støvete er at filtrene raskt blir overbelastet og dermed ikke kan telles.

Gipsfibre kan for eksempel bli liggende på overflaten av gulvet (Figur 5.6). Under saneringsarbeid på gulv ble gipsfibre funnet på luftprøvene ved to ulike steder. Gipsfibre konsentrasjonen ble kvantifisert med SEM og er angitt med grønn skrift i Tabell 5.2.

For FKM metoden kan gipsfibre på prøven føre til feiltellinger fordi de ofte kan oppfylle kravene i fiberdefinisjonen.

Fibertellinger fra innendørssanering av vinyl gulvfliser er vist i Tabell 5.2. Med FKM er fiberkonsentrasjonen over grenseverdi for alle prøver, mens SEM prøvene har under fire fibre per filter og er derfor under deteksjonsgrense. Ved undersøkelser av materialprøver ble det funnet gipsfibre og andre partikler på overflaten av gulvprøvene.

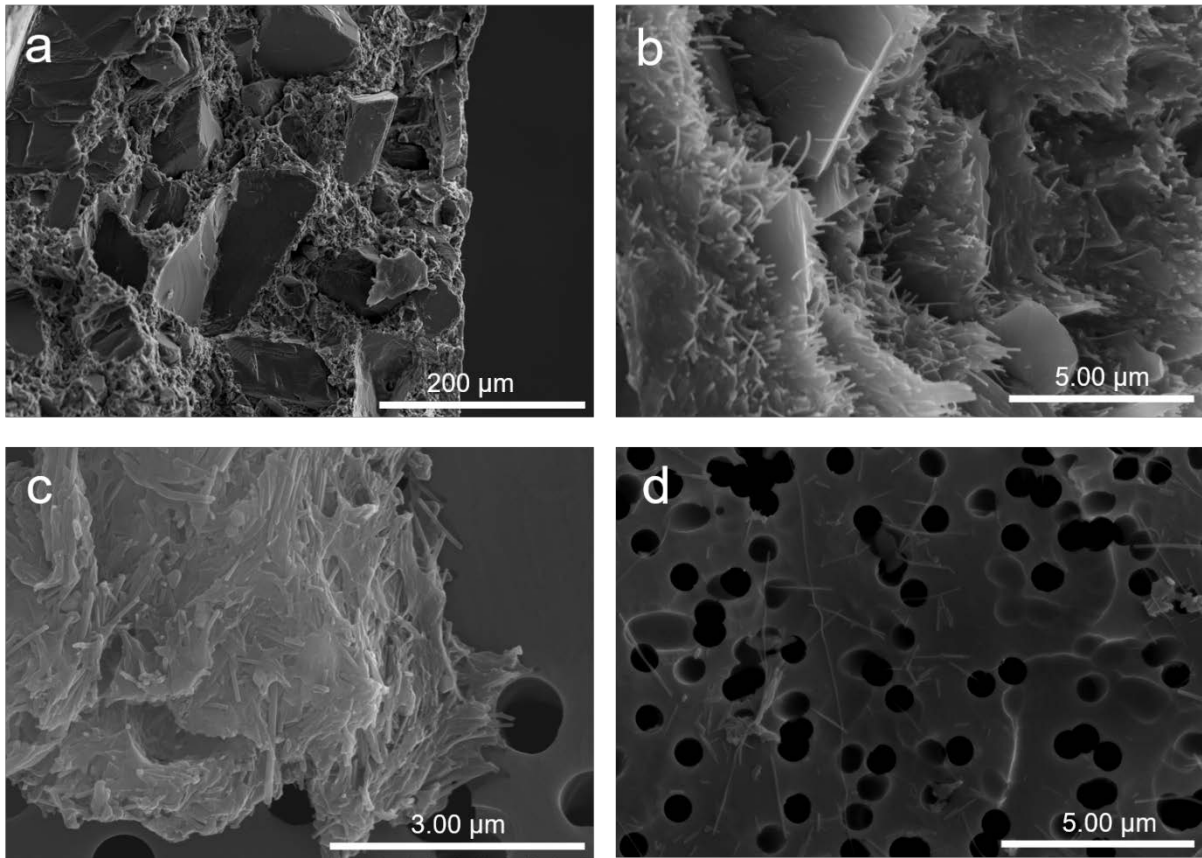
Det kan også forekomme asbest i limet som er brukt til å feste gulvflisene. Det har blitt prøvetatt ved sanering av fliser både der det var asbest i limet og der limet ikke inneholdt asbest Under prøvetakingene foregikk ofte både sanering og sliping. Sliping gjøres for å fjerne limet under gulvbelegget. Dette genererte færre gipspartikler sammenlignet med selve gulvsaneringen. I tillegg ble silikafibre identifisert ved sliping. Flere av prøvene som ble tatt under sliping hadde for mye støv og kunne derfor ikke telles. Selv om prøvene var overbelastet ble de undersøkt i SEM. Et bilde fra en overbelastet prøve tatt ved sliping er vist i Figur 5.8. Flere asbestfibre ble observert på disse prøvene og noen krysotilfiber kan ses i dette bildet, men de kunne ikke telles da fibre til dels er dekket av støv.

**Tabell 5.2:** Fibertellinger med FKM, SEM og TEM ved innendørs gulvsanering. Grønne tall i SEM kolonnen viser gipsfiberkonsentrasjoner. Tabellen viser resultater fra enkeltprøver.

Arbeidsoperasjon	FKM (f/cm <sup>3</sup> )	SEM (f/cm <sup>3</sup> )		TEM (f/cm <sup>3</sup> )
		≥0,2 µm	<0,2 µm	
<b>Personbårne prøver</b>				
Gulvsanering – flis, uten asbest i lim			*	
Gulvsanering – flis, uten asbest i lim			*	
Gulvsanering-sliping	0,2		*	
Gulvsanering-sliping		< LOD (0,1)	<LOD	*
Gulvsanering-flis, med asbest i lim	0,4	< LOD (1,2)	<LOD	0,1
Gulvsanering – flis, med asbest i lim	0,3	< LOD(0,8)	<LOD	Ø
Gulvsanering-kork	2,0		*	
Gulvsanering-kork	1,6		*	
Personbåren pakking gulv	1,3	<LOD (0,8)		
Personbåren pakking gulv	2,1	<LOD (1,0)	<LOD	
<b>Stasjonære prøver</b>				
Gulvsanering - kork		<LOD (2,2)	<LOD	

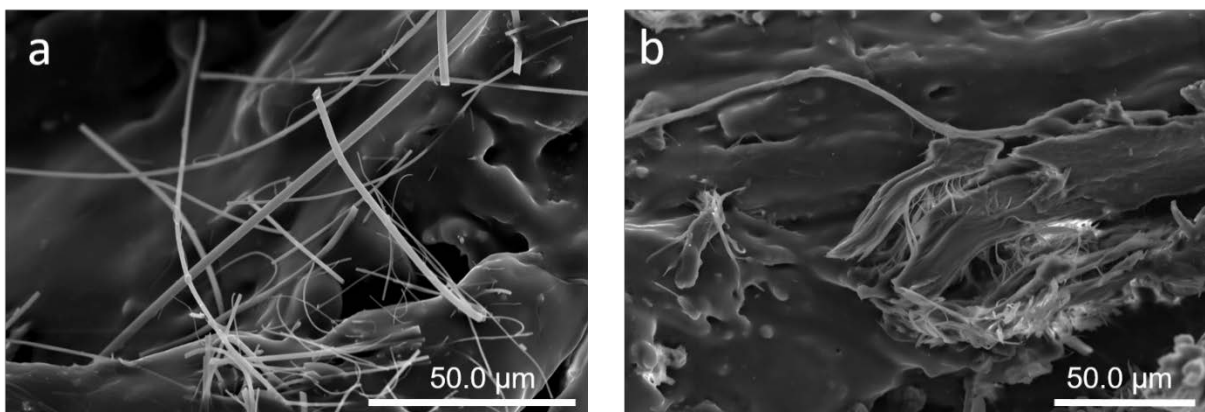
\* = overbelastet og kunne derfor ikke telles, skravert felt = ingen prøve, LOD = deteksjonsgrense, Ø=ødelagt filter.

Ved sanering av gulv brukes ofte barkskrape eller lignende for å løsne gulvet fra underlaget. Denne metoden medføre ofte at gulvbelegget deles i mindre biter. Om gulvbelegget er limt til underlaget må limet slipes bort med slipemaskiner.

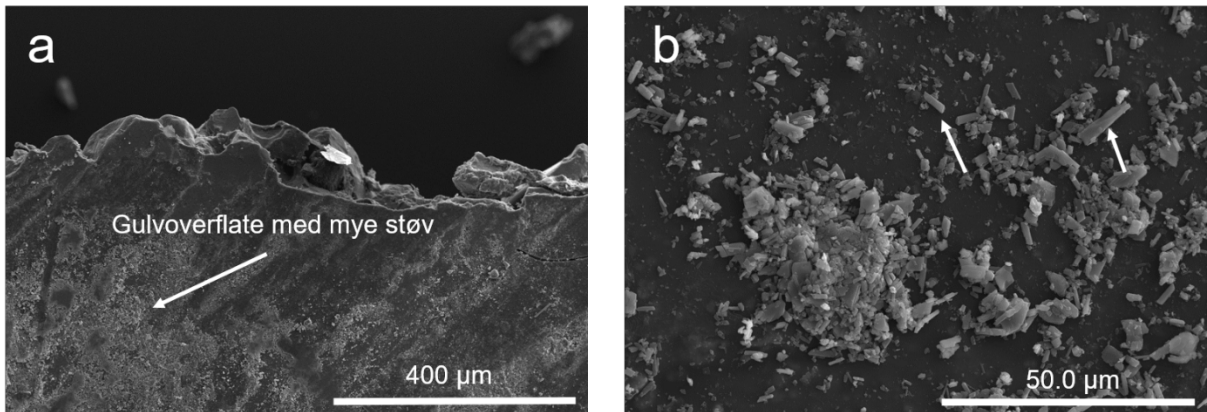


**Figur 5.4:** A Tversnitt av gulv B Forstørret bilde av tversnittet viser asbestfibre som stikker ut av kappflaten. C stor partikkel med innstøpte fibre. D Korte frigjorte fibre hvor de fleste er under 5 µm.

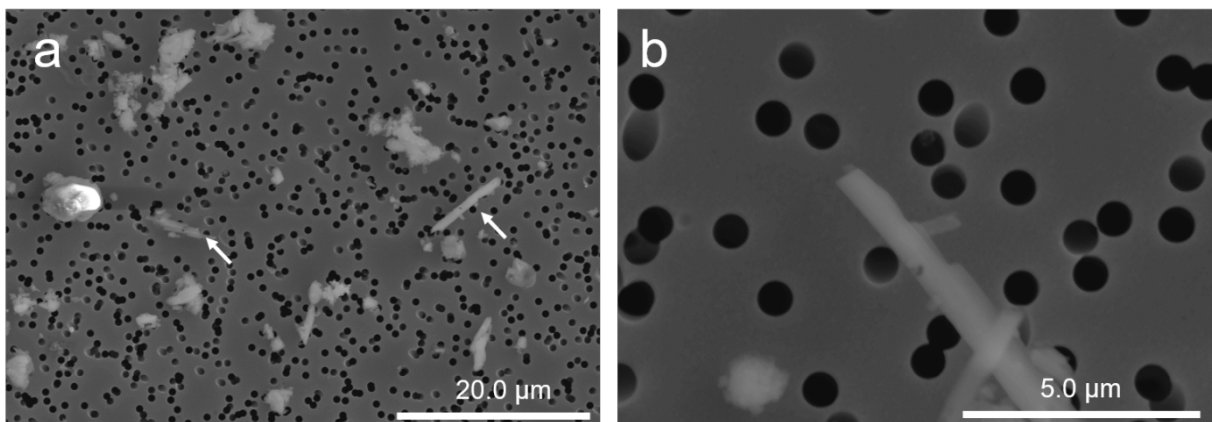
Gulvlim kan inneholde fibre (Figur 5.5). I gulvprøvene ble det funnet både krysotilfibre og glassfibre. I tillegg kan materiale under gulvet inneholde asbest.



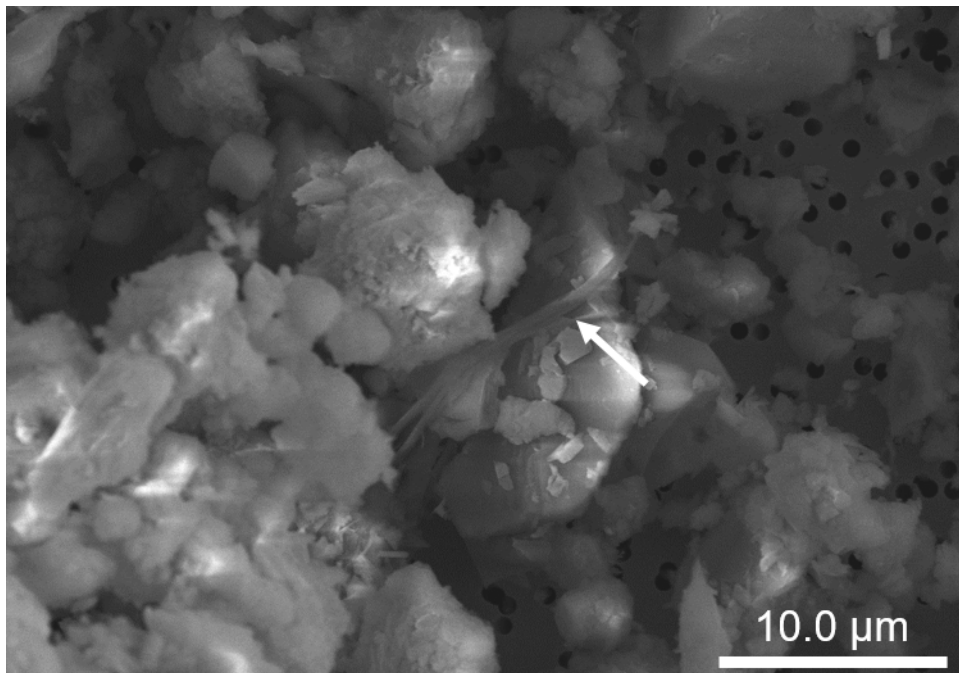
**Figur 5.5:** Lim under vinylfliser. A silikafibre i gulvlim og B krysotil i gulvlim.



**Figur 5.6:** **A** Overflate gulv. **B** Forstørret bilde viser at gipsfibre er en del av støvet på overflaten. De to hvite pilene viser eksempler på gipsfibre.

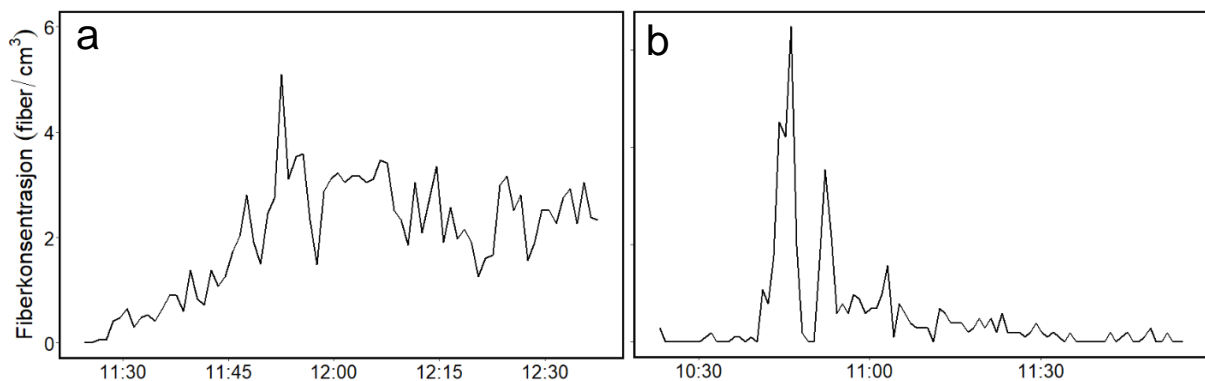


**Figur 5.7:** **A** Eksempel på tellefelt fra en prøve tatt under gulvsanering. Hvite piler viser gipsfibre. **B** Gipsfibre i høyere forstørrelse.



**Figure 5.8:** Krysofilfibre (hvit pil) observert i prøve ved sliping av lim. Prøven hadde for mye støv til å kunne telles (var overbelastet).

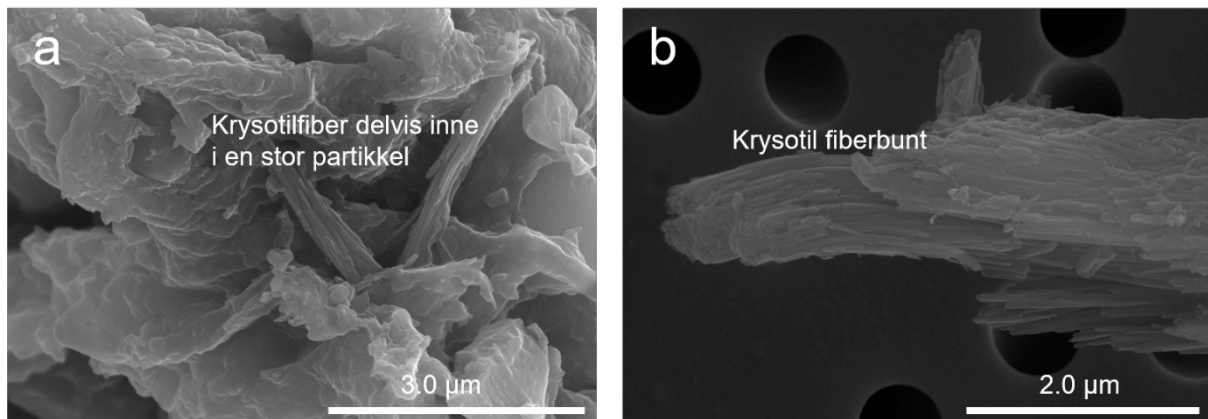
Figur 5.9 viser målinger med fibermonitoren under sanering av vinyl gulvfliser. Ved disse saneringene viste fibermonitoren relativt høye gjennomsnittlig konsentrasjoner av fibre: **a)** 2,3 fiber/cm<sup>3</sup> og **b)** 0,5 fiber/cm<sup>3</sup>. Den høyeste gjennomsnittkonsentrasjonen, 2,3 fiber/cm<sup>3</sup>, ble målt under sanering av gulv som inneholdt gipsfibre (Figur 5.9a). Under sanering av gulv uten gipsfibre (Figur 5.9b) var den gjennomsnittlige konsentrasjonen 0,5 fiber/cm<sup>3</sup>. Ved denne saneringen viste fibermonitoren noe mer variasjonen i fiberkonsentrasjon, med en relativt høy peak konsentrasjon (> 6 fiber/cm<sup>3</sup>).



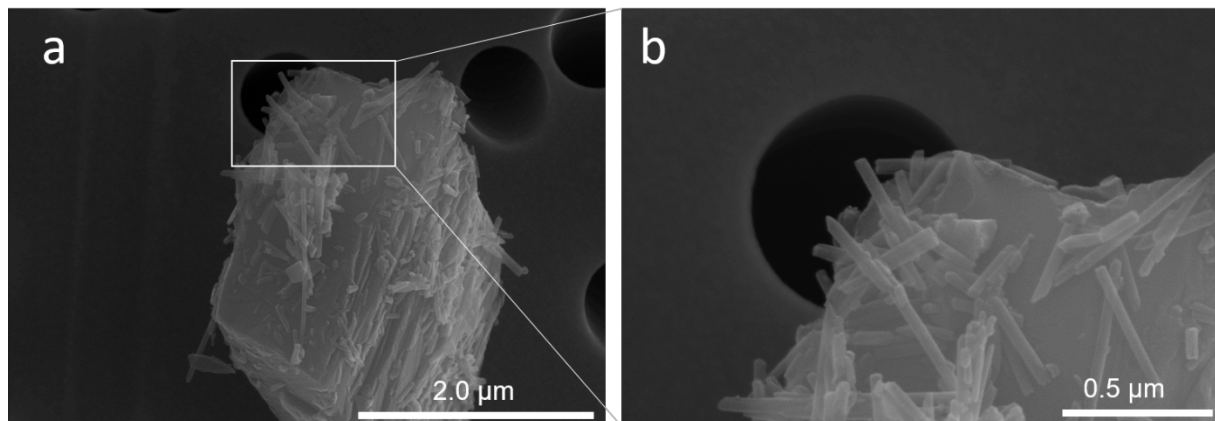
**Figur 5.9** Konsentrasjon av fiber målt med fibermonitor under sanering av gulvfliser **A** gulv med gipsfibre (gjennomsnittlig 2,3 fiber/cm<sup>3</sup>) og **B** gulv uten gipsfibre (gjennomsnitt 0,52 fiber/cm<sup>3</sup>).

### 5.2.2. Laboratorieforsøk gulv

Et spørsmål ved sanering av gulv var om fibre som er bundet i gulvmaterialet frigjøres under saneringen. Dette var vanskelig å vurdere ut i fra de utførte feltmålingene. I materialprøvene som ble samlet inn fra de forskjellige gulvsaneringene ble det observert fibre i bruddflatene av gulvmaterialet (Figur 5.4b). Det kan tenkes at disse fibrene vil kunne knekkes av ved saneringen, men det ble som vist i Tabell 5.2 ikke funnet fibre over deteksjonsgrensen i noen av prøvene. For å forsøke å besvare spørsmålet om mulig fiberfrigivelse, ble forsøk utført i laboriet: I avtrekksskap ble prøver av vinylflis kappet, frest og slipt med Dremel<sup>®</sup> samtidig som støv ble samlet opp på filter. Dette var korttidsprøver som ikke ble telt, men alle filterne ble undersøkt i SEM. Det ble ikke observert frie asbestfibre (dvs fibre som ikke sat fast i partikler av gulvmateriale) på filterprøvene. Inne i og på overflaten av større partikler ble det derimot funnet fibre hvorav noen så ut til å ligge løst på overflaten (Figur 5.10 og 5.11). En stor fiberbunt bestående av korte og lange krysotilfibre ble også funnet (Figur 5.10b). I prøver samlet ved sliping av asbestholdig lim på undersiden av gulvplatene ble det ikke observert asbestfibre, verken frie eller som en del av partikler.



**Figur 5.10:** Kapping av vinylflis gulv. Krysotilfibre ble funnet som **A** fibre inni partikler og som **B** fiberbunter.



**Figur 5.11:** **A** En enkeltpartikkel med korte fibre, **B** Utsnitt av partikkel i a i høyere forstørrelse.

### 5.3. Rørsanering



**Figur 5.12:** Bilde av rørsanering. Her er rørdelen som skal fjernes pakket inn i plast og den fjernes som en enhet.



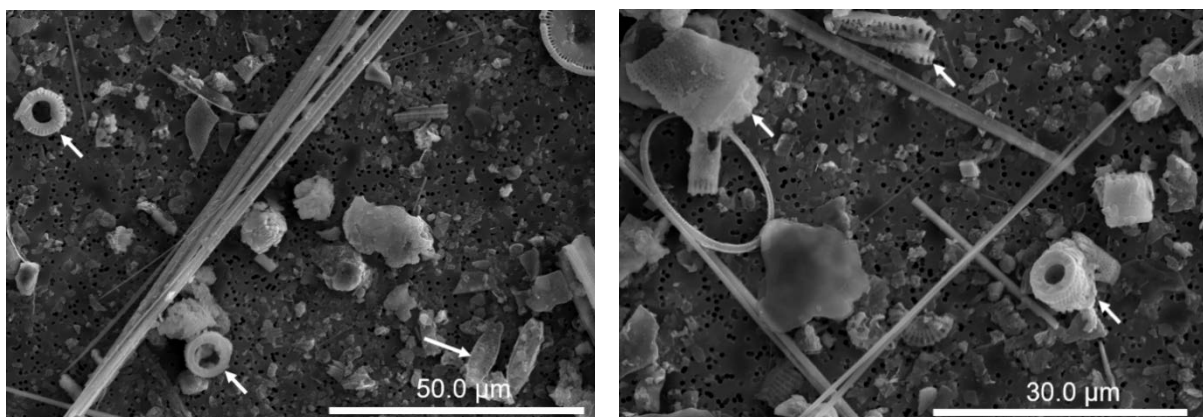
Ved sanering av rør der isoleringen inneholder asbestfibre pakkes den aktuelle rørbiten inn i plast før den plukkes ned som en hel bit. Ved disse saneringene blir derfor ikke hele området bygget inn slik som det gjøres ved innendørs asbestsanering. For rørsanering (posesanering) var det det antatt at asbestfibrer ikke frigjøres siden de aktuelle bitene ble pakket inn før demontering, men luftprøvetakingen viste at det funnet noe asbestfibre i de personbårne prøvene (Tabell 5.3). Ved denne saneringen var det ikke montert avsug på posen.

**Tabell 5.3:** Fibertellinger med FKM og SEM ved innendørs rørsanering. Tabellen viser resultater fra enkeltprøver.

Arbeidsoperasjon	FKM (f/cm <sup>3</sup> )	SEM (f/cm <sup>3</sup> )	
		≥0,2 μm	<0,2 μm
Personbåren rørsanering	0,1	0,02 [0,01-0,04]	0,01 [0,001-0,02]
Stasjonær rørsanering		<LOD	

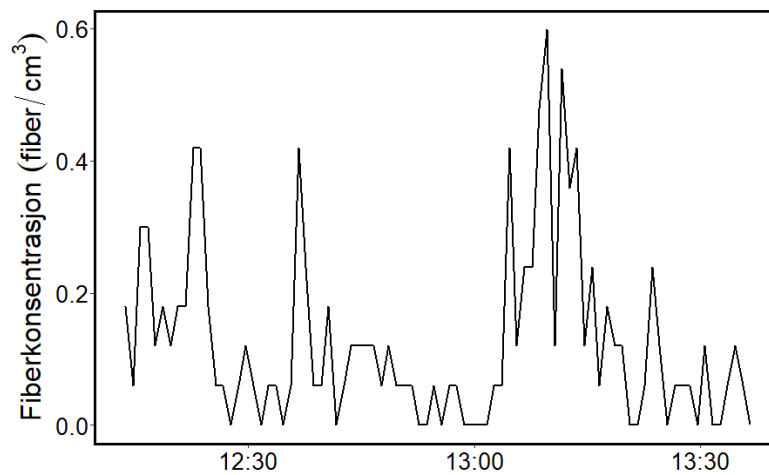
skravert felt = ingen prøve, LOD = deteksjonsgrense, tallene i parantes viser 95% konfidensintervallet

SEM bilder av den preparerte materialprøven fra rørisolasjonen er vist i Figur 5.13. Kiselgur (diatoméjord) ble tidligere brukt som isolasjonsmateriale. Kiselgur består av fossiler av kiselalger og slike kan ses i Figur 5.13 hvor noen er markert med hvite piler. I dette tilfellet er kiselgur tilsatt asbestfibre, hovedsakelig amositt.



**Figur 5.13:** SEM bilder av preparert materialprøve av rørisolasjon. Fossiler av kiselalger (hvite piler) ble funnet og viser at dette er kiselgur tilsatt amosittfibre.

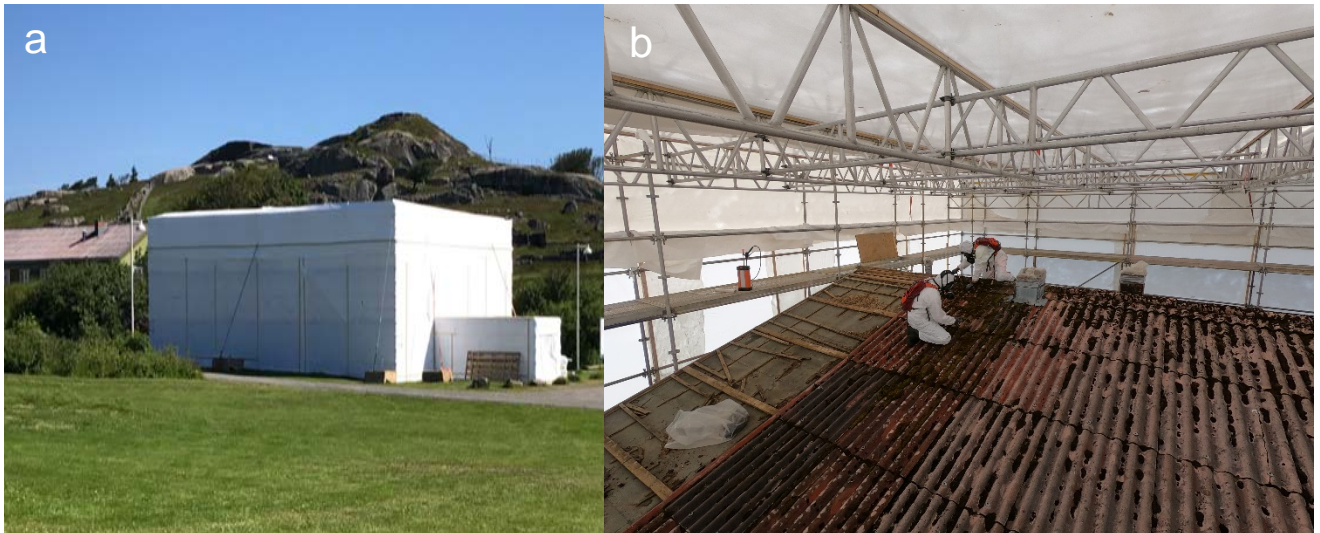
SEM tellinger ga en asbestfiberkonsentrasjon på  $0,02 \text{ fiber/cm}^3$ . Fibrene var hovedsakelig amositt, men antofyllittasbest ble også funnet. Antofyllitt ble ikke brukt i stor skala i byggematerialer, men kan finnes i mindre mengder som en forurensing. Fibermonitoren viste en relativt jevn konsentrasjon under saneringen av rør, med høyeste målte konsentrasjon rundt  $0,6 \text{ fiber/cm}^3$  (Figur 5.14). Gjennomsnittskonsentrasjonen under saneringen ble målt til  $0,1 \text{ fiber/cm}^3$  noe som er sammenliknbart med den personbårne prøven analysert med FKM (Tabell 5.3). Hvis alle typer fibre inkluderes, da også gipsfibre og glassfiber, ble konsentrasjonen  $0,09 \text{ fiber/cm}^3$ . Denne konsentrasjonen er sammenlignbar med FKM og fibermonitor.



**Figur 5.14:** Konsentrasjon av fiber målt med fibermonitor under sanering av rør med en gjennomsnittskonsentrasjon på  $0,1 \text{ fiber/cm}^3$

#### 5.4 Sanering av yttervegger og tak

Ved sanering av yttervegger og tak blir som regel ikke saneringsområdet bygd inn, men de som utfører arbeidet har forskriftsmessig verneutstyr. I prosjektet er det foretatt målinger ved sanering på tak og vegger utendørs uten innbygning, samt sanering av yttervegger og tak i et forsøk der huset ble bygd inn (Figur 5.15).



**Figur 5.15:** **A** det innebygde saneringsområdet fra utsiden. **B** innsiden av saneringsområdet under arbeid på tak

At saneringsområdet bygges inn ved utvendig sanering, vil forhindre eventuell spredning av asbest i nærområdet, men er ikke alltid praktisk mulig. Resultatene fra den innebygde saneringen vises i Tabell 5.4, 5.5 og 5.6. Forsøkene i det innebygde området gav muligheten for å teste ulike arbeidsmetoder og om ekstra tiltak hadde en effekt på frigjøring av asbestfibre fra bygningsmaterialet. Ved saneringen ble det testet tre ulike arbeidsmetoder der én kunne betraktes som vanlig sanering, der vegg- og takplatene ble løsnet og løftet ned hele. Så ble det utført en ekstra forsiktig sanering der alt materiale som skulle plukkes ned ble sprøytet med grønnsåpe som bindemiddel. Deretter ble det testet en uforsiktig sanering der platene ble brukket løs med kubein og sluppet ned fra stillaset. Alle disse arbeidsmetodene kan forekomme ved rivnings- og rehabiliteringsarbeid.

I forbindelse med denne saneringen ble det tatt stasjonære prøver inne i huset for å undersøke eventuell forurensing av fibre fra saneringen utenfor. Det ble også tatt prøver inne som kontroll før den utvendige saneringen startet. Den ekstra varsomme saneringen med bruk av støvsuging og grønnsåpe som bindemiddel gav mindre spredning av asbestfibre, målt med bakgrunnsmålinger (foretatt inne i huset) og stasjonære målinger som ble foretatt et par meter fra tak/vegg inne i det innbygde området. Ved vanlig sanering (hvite felter i Tabell 5.4) er bakgrunnsnivåene høyere og over grenseverdi.

**Tabell 5.4:** Fibertellinger på stasjonære prøver med med FKM, SEM og TEM ved utvendig sanering. Fargene representerer arbeidsmåte hvor grønn betyr forsiktig sanering med støvsiging og bruk av grønnsåpe som bindemiddel, hvit er normal sanering og rød er uforsiktig sanering. Tabellen viser resultater fra enkeltprøver.

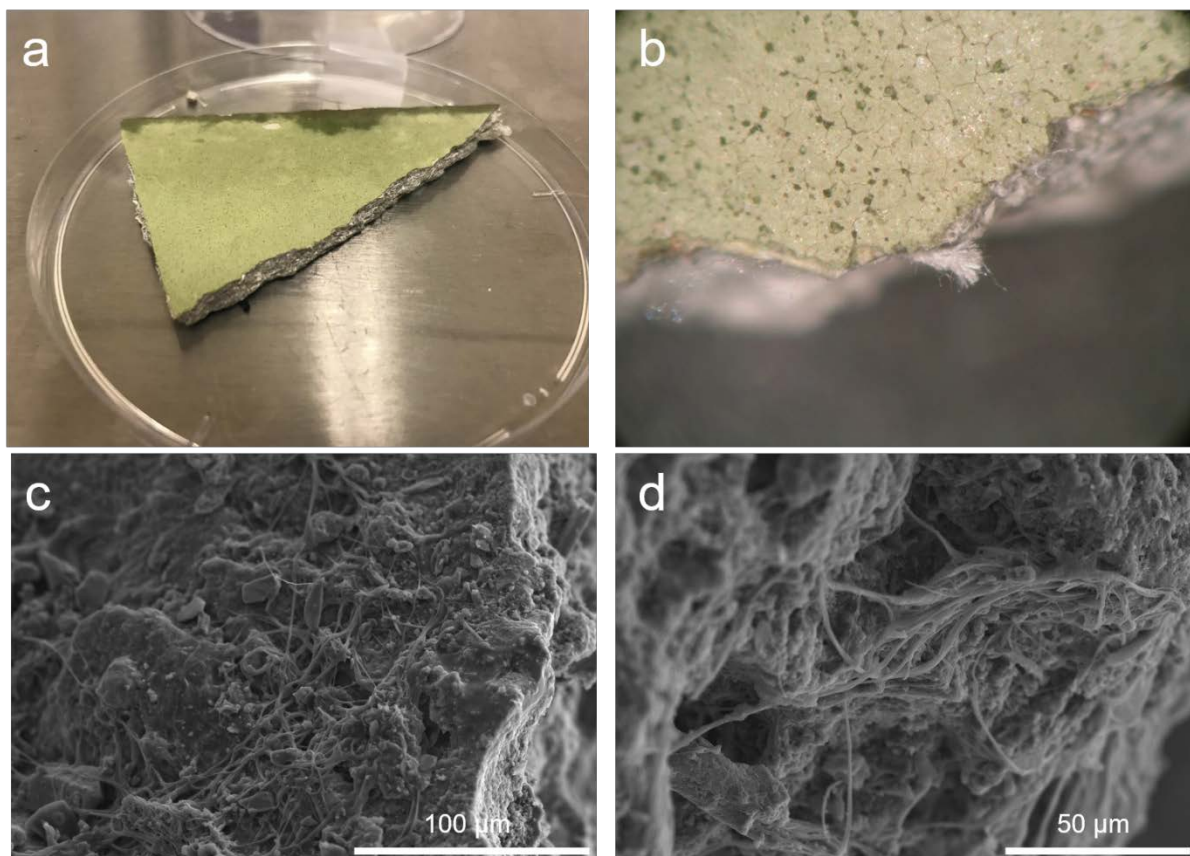
Plassering av stasjonære prøver	FKM (f/cm <sup>3</sup> )	SEM (f/cm <sup>3</sup> )		TEM (f/cm <sup>3</sup> )
		≥0,2	<0,2	
Bakgrunn		0,01 [0,01-0,02]	0,01 [0,005-0,01]	0,004
Nær arbeidsoperasjon	0,02	0,02 [0,02-0,03]	0,01 [0,006-0,01]	0,01
Bakgrunn		0,1 [0,07-0,1]	0,1 [0,04-0,1]	*
Nær arbeidsoperasjon	0,1	0,1 [0,07-0,1]	0,04 [0,03-0,1]	*
Nær arbeidsoperasjon		0,1 [0,07-0,1]	0,03 [0,02-0,04]	*

\* = overbelastet og kunne derfor ikke telles, skravert felt = ingen prøve, tallene i parantes viser 95% konfidensintervallet

Målingen som ble utført i den innebygde saneringen, gjenspeiler en mulig eksponering ved vindstille dager eller i sanering i områder med dårlig luftomsetning, som eksempelvis i en innebygd veranda eller når bygninger hindrer luftutveksling. Prøvetakingen ved utvendig saneringen pågikk i flere dager, og det ble samlet prøver fra ulike faser av saneringen.

#### 5.4.1 Sanering yttervegg

Asbestsement er en blanding av sement og asbestfibre. Den mest kjente typen av asbestsement er eternitt, som ble mye brukt i utvendig husbekledning. Det er vanlig å finne krysotil, amositt og krokidolitt i asbestsement, der krysotil er den mest brukte. I materialprøvene fra de utvendige veggene ble alle tre asbestfibertypene funnet (Figur 5.16). Det ble ikke funnet asbestfibre i veggappen eller på lekt.



**Figur 5.16:** **A** Bit av en eternitt veggplate. **B** I bruddflaten vises en krysotilbunt som stikker ut. **C** SEM bilde av overflaten (utsiden) av en eternittplate **D** SEM bilde av kappflaten av eternittplaten hvor asbestfibre vises tydelig.

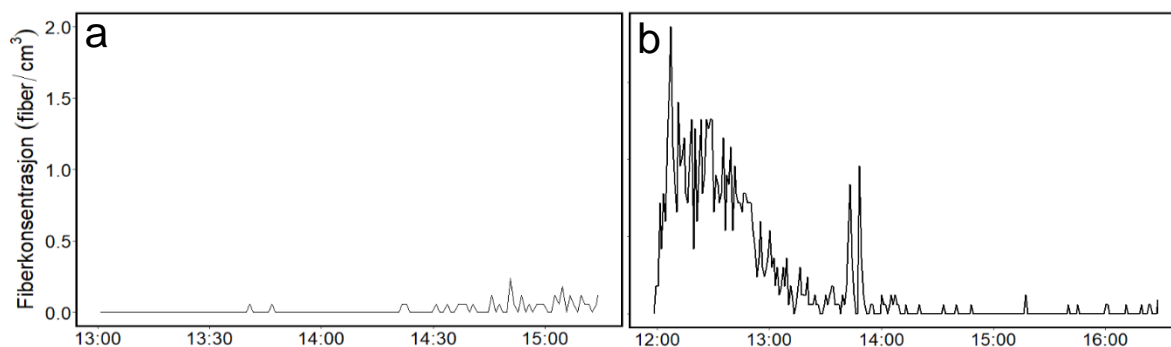
Fibertellinger fra utvendig sanering av eternittplater er vist i Tabell 5.5. Som nevnt ovenfor ble arbeidsmetoder og tiltak undersøkt i en av saneringene. Fargene i tabellen skiller på måten sanering er utført, hvor grønn viser forsiktig sanering med ekstra tiltak som støvsuging og bruk av grønnsåpe som bindemiddel. De hvite feltene viser fiberkonsentrasjonen ved sanering uten ekstra tiltak. Dette må derfor betraktes som vanlig sanering. De røde feltene viser prøver fra sanering hvor arbeidet er utført på en uforsiktig måte. Fiberkonsentrasjonene målt ved ekstra forsiktig arbeid (grønn) er under grenseverdi, mens sanering utført på vanlig vis (hvit) og uforsiktig sanering (rød) resulterer i fiberkonsentrasjoner over grenseverdi. Andelen tynne fibre ( $<0,2 \mu\text{m}$ ) varierte fra 20-40 %.

**Tabell 5.5:** Fibertellinger med FKM og SEM ved utendørs veggsanering. Fargene representerer arbeidsmåte hvor grønn betyr forsiktig sanering med bruk av grønnsåpe som bindemiddel, hvit er vanlig sanering og rød er uforsiktig sanering. Tabellen viser resultater fra enkeltprøver.

Arbeidsoperasjon	FKM (f/cm <sup>3</sup> )	SEM (f/cm <sup>3</sup> )	
		≥0,2 μm	<0,2 μm
<b>Bygd inn</b>			
Ta ned eternittplater	0,03	0,03 [0,02-0,1]	0,02 [0,01-0,04]
Ta ned eternittplater	0,04	0,02 [0,01-0,03]	0,01 [0,003-0,02]
Ta ned eternittplater	0,2	0,2 [0,2-0,3]	0,1 [0,1-0,2]
Ta ned eternittplater	0,3	0,4 [0,3-0,5]	0,1 [0,1-0,2]
Ta ned eternittplater	0,2	0,1 [0,1-0,2]	0,1 [0,04-0,1]
Ta ned eternittplater		0,2 [0,1-0,2]	0,1 [0,05-0,1]
Rive veggpapp og lekt		0,1 [0,04-0,1]	0,04 [0,01-0,1]
<b>Uten innbygning</b>			
Ta ned eternittplater	0,01	<LOD	
Ta ned eternittplater	0,04	<LOD	

\* = overbelastet og kunne derfor ikke telles, skravert felt = ingen prøve, LOD = deteksjonsgrense, tallene i parantes viser 95% konfidensintervallet

Med fibermonitoren ble konsentrasjonen av asbestfibre målt under sanering av veggplater, samt fjerning av veggpapp og lekter (Figur 5.17). Ved forsiktig sanering (dvs. ved bruk av støvsuger, såpe og forsiktig håndtering av asbestholdig materialet) er konsentrasjonen av frigitte fibre jevnt over arbeidstiden relativt lav med gjennomsnittlig 0,02 fiber/cm<sup>3</sup> (Figur 5.16a). Ved sanering uten ekstra tiltak var konsentrasjonen av frigitte asbestfibre jevnt over arbeidet mye høyere, med en gjennomsnittlig fiberkonsentrasjon på 0,2 fiber/cm<sup>3</sup> (Figur 5.16b). Sammenlignet med en parallell prøve der fiberkonsentrasjonen er bestemt med SEM, samsvarer konsentrasjonen med fiberkonsentrasjonen av alle fibre summert (inkludert gipsfibre og andre uorganiske fibre). Av alle disse fibre er bare 58 % klassifisert som asbestfibre med SEM.



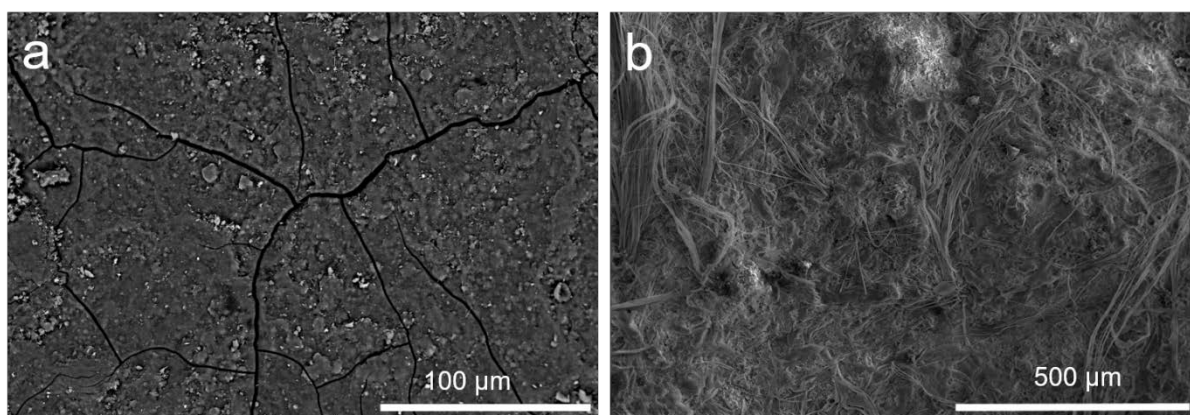
**Figur 5.17:** Sanering av veggplater samt fjerning av veggpapp og lekt: **A** forsiktig sanering, **B** uforsiktig sanering. Merk at a og b er fra forskjellige dager.

#### 5.4.2 Utvendig tak

Det ble samlet prøver ved sanering av ulike typer takplater av asbest: både asbestskifer og bølgeeternitt. Ved saneringene ble det også samlet materiale fra lekt, takpapp og løst materiale som lå under takplatene.

Det ble observert fiber i materialprøven fra takpappen. Dette kan være en forurensing da det ble funnet mange fibre i støvet under takplatene som sannsynligvis også har lagt seg på pappen. Det ble også funnet en del fibre i støv fra undertaket (under takpapp).

Bølgeeternitten, som sannsynligvis ble montert på 1960-tallet viste tydelige spor av å ha blitt utsatt for vær og vind i mange år fordi overflatebehandlingen hadde korrodert bort på store deler av bølgeeternitt. Der overflaten hadde korrodert bort hadde også bindemidlet begynt å gå i oppløsning og asbestfibre var synlige (Figur 5.18b) (Ervik et al. 2021).



**Figur 5.18:** **A** Overflate tak med intakt maling og **B** overflate hvor malingen er skallet av. Fibrene kan ses tydelig i overflaten.

Fibertellinger fra utvendig sanering av eternittplater er vist i Tabell 5.6. Fargene i tabellen skiller på måten saneringen er utført, hvor grønn viser ekstra forsiktig sanering der taket ble sprayet med grønnsåpevann som bindemiddel før sanering, mens de hvite feltene viser fiberkonsentrasjonen under vanlig sanering. Taksanering ved forsiktig arbeid ga fiberkonsentrasjoner under grenseverdi, mens riving av lekt og takpapp gav verdier over grenseverdi også ved forsiktig arbeid. Ved riving av lekt og takpapp var noen av filtrene overbelastet og tellinger i SEM var ikke alltid mulig. Ved sanering av tak uten innbygning var platene dekket av snø som ble børstet vekk før sanering.

**Tabell 5.6:** Fibertellinger med FKM, SEM og TEM ved utendørs taksanering. Fargene representerer fremgangsmåte. Grønn betyr ekstra forsiktig sanering med bruk av grønnsåpe som bindemiddel, hvit er vanlig sanering uten ekstra tiltak og rød er en enda mer uforsiktig sanering. Tabellen viser resultater fra enkeltprøver.

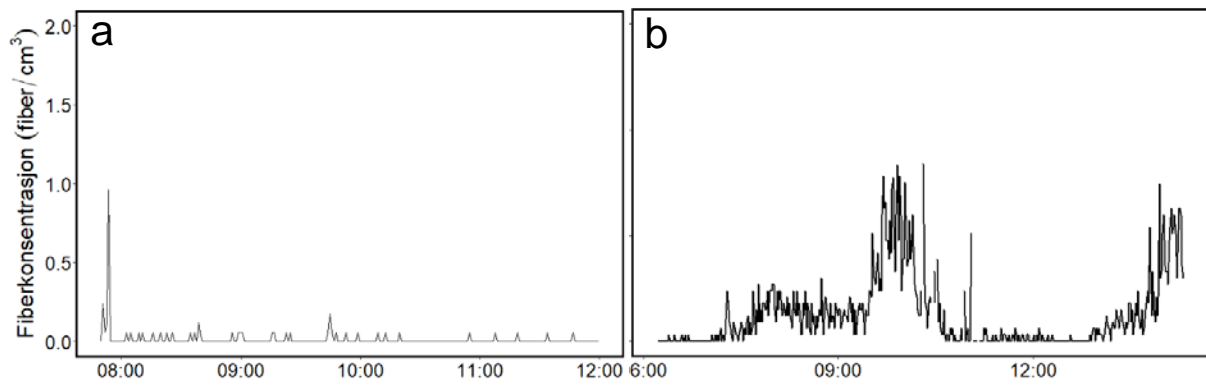
Arbeidsoperasjon	FKM (f/cm <sup>3</sup> )	SEM (f/cm <sup>3</sup> )		TEM (f/cm <sup>3</sup> )
		≥0,2 μm	<0,2 μm	
<b>Bygd inn</b>				
Ta ned takplater	0,1	0,1 [0,08-0,1]	0,1 [0,05-0,1]	
Ta ned takplater	0,1	0,1 [0,1-0,2]	0,03 [0,01-0,04]	
Rive takpapp og lekt	0,2	*		
Rive takpapp og lekt	0,2	0,1 [0,06-0,1]	0,03 [0,02-0,05]	
Ta ned takplater	0,1	0,2 [0,1-0,2]	0,04 [0,02-0,1]	
Ta ned takplater	0,1	0,1 [0,1-0,2]	0,1 [0,03-0,1]	
Ta ned takplater	0,4	0,3 [0,3-0,5]	0,1 [0,1-0,2]	
Ta ned takplater	0,6	0,4 [0,3-0,5]	0,2 [0,1-0,3]	
Ta ned takplater	0,3	*		
Ta ned takplater	0,3	*		
Ta ned takplater	0,2	0,1 [0,07-0,1]	0,1 [0,03-0,1]	
Ta ned takplater		0,2 [0,1-0,20]	0,04 [0,02-0,1]	
<b>Uten innbygning</b>				
Ta ned takplater		<LOD		
Ta ned takplater		0,01	0,01	0,1

\* = overbelastet og kunne derfor ikke telles, skravert felt = ingen prøve, LOD = deteksjonsgrense, tallene i parantes viser 95% konfidensintervallet

Fiberkonsentrasjonen målt med fibermonitoren under rivning av takplater ved forsiktig og uforsiktig sanering er vist i Figur 5.19. Konsentrasjonen av frigitte fibre i luften er lav ved forsiktig sanering, med gjennomsnittlig 0,01 fiber/cm<sup>3</sup>. Ved uforsiktig sanering på samme



materiallet neste dag er konsentrasjonen av frigjorte fibre i luften mye høyere, og gjennomsnittlig  $0,5 \text{ fiber/cm}^3$ .

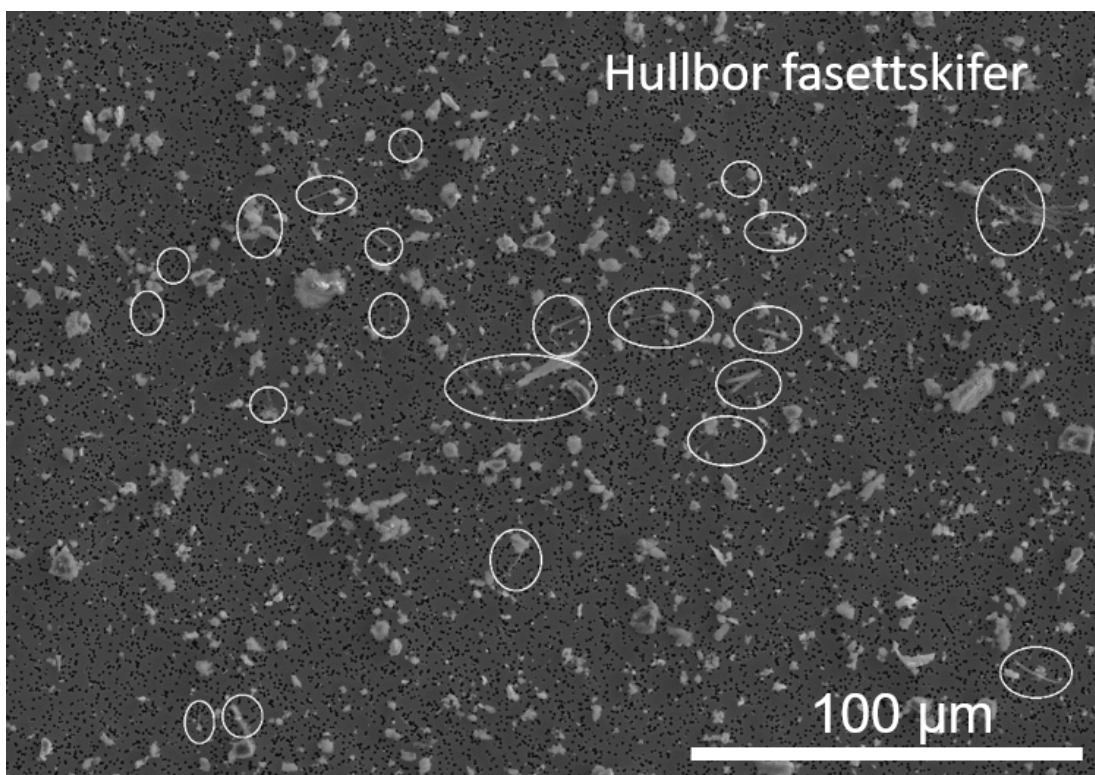


**Figur 5.19:** Sanering takplater, forsiktig sanering **A** og uforsiktig sanering **B**. Prøvene er tatt ved ulike dager.

## Kapittel 6: Kortidsmålinger under forskjellig arbeidsoperasjoner

I prosjektet ble det foretatt målinger på boring og saging i asbestholdige byggematerialer for å se på eksponering ved mindre takarbeid eller hulltaking i yttervegg. Disse arbeidsoperasjonene var korte, men en håndverker kan tenkes å måtte utføre mange slike korttids operasjoner i asbestholdige materialer.

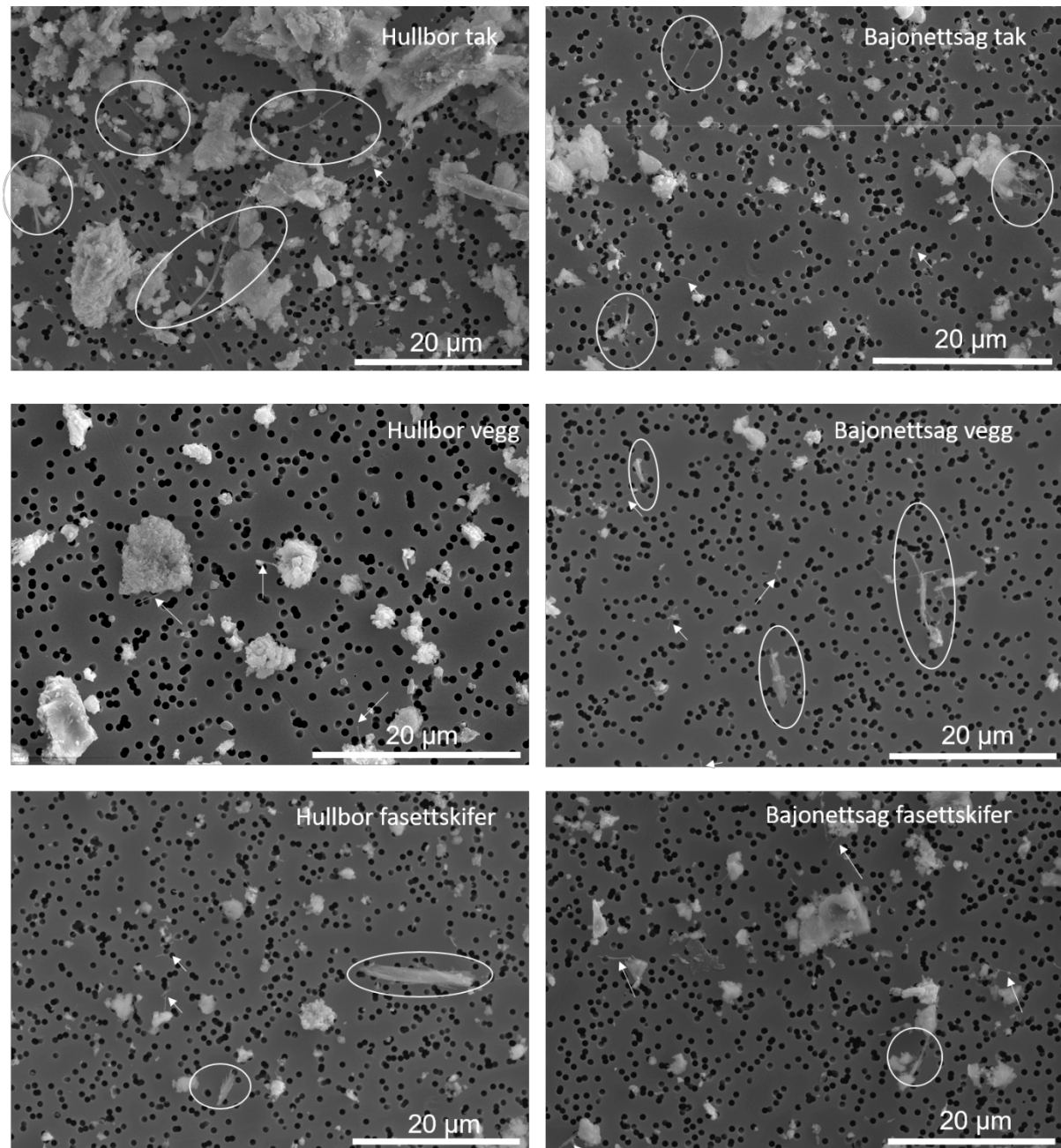
Det er ikke praktisk mulig å angi fiberkonsentrasjoner fra filterprøvene ved de forskjellige arbeidsoperasjonene siden prøvetakingstiden var veldig kort. Alle prøvene ble istedenfor vurdert i lysmikroskopi og SEM. Noen av arbeidsoperasjonene førte til store mengder støv på filteret. Bildet i Figur 6.1 viser et SEM oversiktsbilde av et filter fra hullboring i fasettskifer. Hvite sirkler indikerer observerte fiberbunter.



**Figur 6.1:** Oversikts SEM bilde av et prøve tatt ved hullboring i fasettskifer. Mange fiberbunter er synlig i bildet (hvite sirkler).

Boring i tak og vegg så ut til å generere mer støv på filterene enn saging. SEM bildene i Figur 6.2 har samme forstørrelse som tellefeltene under tellinger og viser bilder fra alle arbeidsoperasjonene. I bildene er enkeltfibre og fiber bunter markert med henholdsvis hvite piler og hvite sirkler. En betydelig mengde fiber frigjøres ved disse arbeidsoperasjonene. Selv

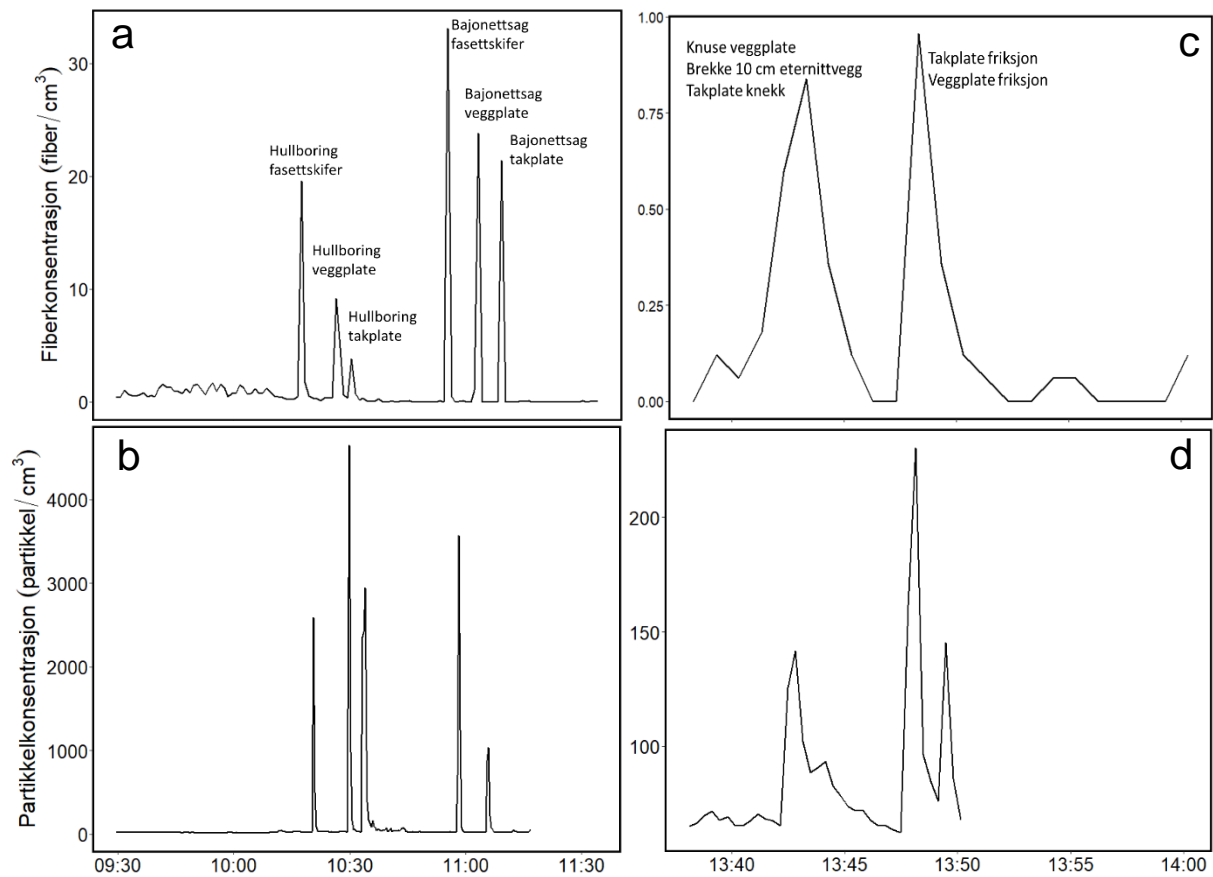
om arbeidet bare pågår en kort stund, vil summen av slike kortvarige arbeidsoperasjoner over et langt arbeidsliv føre til en vesentlig eksponering for asbestfibre.



**Figur 6.2:** SEM bilder av kortidsprøvene samlet ved ulike arbeidsoperasjoner i noen ulike materialer. Hvite sirkler og piler viser henholdsvis større fiberbunter og enkeltfibre i bildene.

Måling av fiberkonsentrasjoner i luft med fibermonitoren gikk parallelt med innsamling på filter under korttidsprøvetakingen (Figur 6.3). Samtidig ble en partikkelteller benyttet for å måle støvnivået. Resultatene viser at helt tydelig at de korte arbeidsintervallene frigir mange fibre og støvpartikler. Det viktige her er ikke størrelsen på utslaget, da denne er ganske usikker, men det

faktum at det forekommer kortvarige høye topper som indikerer at en større mengde fibre frigjøres under arbeidet.

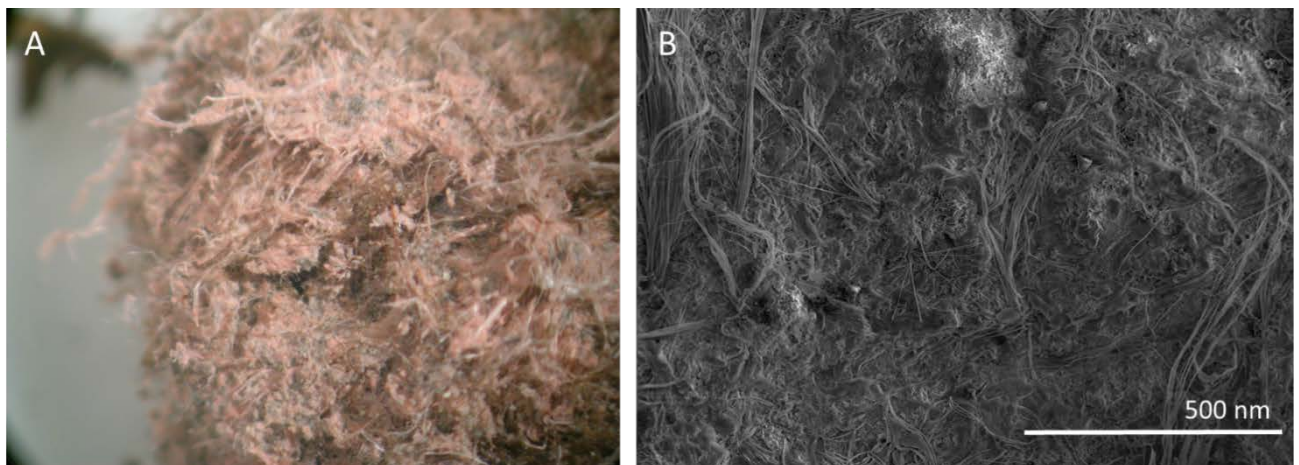


**Figur 6.3:** Fiber (A og C) og partikkelkonsentrasjoner (B og D) under kortvarig arbeid på asbestholdig materialer. A og B er samlet inn på samme tid under hullboring og arbeid med bajonetsag. C og D viser konsentrasjonen av alle typer fibre og partikler under knusing og brekking av plate, samt friksjon mellom asbestholdige plater.

## Kapittel 7: Forvitring av asbestsementtaket

Rundt et av saneringsobjektene ble det samlet inn prøver fra mose på taket, jorden under takrenne, samt en vannprøve der vann ble helt over taket for å simulere regn. Hensikten var å undersøke om asbestfibre fra taket var mobile (Ervik et al. 2021).

Asbestfibre ble synlige hvis man plukket mosen av taket (Figur 7.1 a). På de deler av taket der overflatebehandlingen hadde blitt slitt bort kunne man også tydelige se med SEM at asbestfibre var eksponerte på overflaten (Figur 7.1. b)



**Figur 7.1:** **A** Undersiden av mose som ble plukket av taket ved et av saneringsobjektene (lysmikroskop). **B** Materialprøve av taket der mose har blitt fjernet fra oversiden (SEM).

Undersøkelser av prøver tatt av jord under takrenne, samt simulert regn viste at det fantes frigjorte asbestfibre i begge prøvene. Resultatene viser at det forvitrede asbestsementtaket hadde frie asbestfibre som kan mobiliseres ved f.eks. regn. Det ble derimot ikke detektert noen asbestfibre i luftprøver tatt i området under relativt rolige vindforhold.

Fjerningen av mose på taket resulterte i at asbestfibre ble synlige på overflaten av taket, og de har derfor en større mulighet til å bli mobiliserte og eventuelt bli luftbårne. På bakgrunn av disse resultatene anbefales det derfor at ved fjerning av mose og rengjøring av gamle asbestsementtak bør personlig verneutstyr benyttes. Det bør også samt at det vises forsiktighet når man arbeider på gamle asbestsementtak.

## Kapittel 8: Diskusjon

Ved vurdering av resultatene fra dette prosjektet er det viktig å påpeke at målingene er utført utenfor verneutstyret. Det betyr at de ikke gjenspeiler eksponeringen for de som utfører asbestsanering ved bruk av forskriftsmessig verneutstyr. Asbestmålingene viser derimot potensialet for eksponering dersom saneringen ikke utføres på en korrekt måte, noe som kan tenkes hvis det ikke har blitt utført en kartlegging av asbestholdige byggematerialer før en renovering startes. Alle målingene ved innendørs sanering av vegger og gulv er utført i saneringsområder der vifter sørger for undertrykk for å begrense spredning av asbest. Dette medføre at målingene kan underestimerer fiberkonsentrasjonen, spesielt i de stasjonære prøvene.

I dette prosjektet er det foretatt parallelle prøvetaking til analyse med FKM, SEM og TEM. Formålet var å undersøke om valg av analysemetode påvirket resultatene. For de fleste saneringene utenom gulvsanering, gav analyser med FKM og SEM sammenlignbare resultater. Ved gulvsanering ga analyser med FKM høyere fiberkonsentrasjoner enn SEM. Dette skyldes sannsynligvis forekomst av andre typer fibre som FKM ikke har mulighet til å skille fra asbestfibre. Generelt var TEM lite egnet til å analysere feltprøver tatt ved saneringsarbeid. For prøver tatt i ren sone utenfor saneringsområdet ser TEM resultatene ut å være i samme størrelsesorden som SEM.

Andelen fibre tynnere enn 0,2  $\mu\text{m}$  varierte og var avhengig av materialtype og hvilke asbestmineraler som forekom i materialet. Det er krysotil som har de tynneste fibrillene, ned mot 0,02-0,03  $\mu\text{m}$  i diameter, og derfor vil materialer med mye krysotil ha en høy andel av fibre tynnere enn 0,2  $\mu\text{m}$ . Da det fortsatt er en diskusjon om helseeffektene av tynnere asbestfibre bør disse også telles og angis som en egen fraksjon, som beskrevet i standarden for telling med SEM (ISO 14966:2019). Dette vil være viktige data for å kunne videre studere helseeffektene av tynne fibre. Asbestfibertype varier også med materialtype, men i mange tilfeller vil det forekomme amfibole fibre også i materialer som hovedsakelig inneholder krysotil og vice versa.

I prøver tatt utenfor saneringsområdet eller inne i hus ved pågående utvendig sanering ble det bare funnet lave mengder av asbestfibre. Dette tyder på at tiltak som er gjort for å begrense spredning av asbestfibre ser ut til å fungere.

Ved sanering av innvendige veggplater av asbestolux ble det frigjort mye asbestfibre til luften, selv om man forsøkte å ikke brette eller skade platene. Dette skyldes nok at denne type plater

er relativt sprø og har lett for å smuldre opp, selv ved en forsiktig håndtering. Tidligere ble asbetoluxplater brukt i mange bygninger og det er derfor viktig å kartlegge om denne typen materiale finnes før renovering- eller rivningsarbeid starter. Asbestfibrene i asbetoluxplatene som ble sanert under prøvetakingene var hovedsakelig amfibole. Ved disse målingene var også fiberkonsentrasjonen telt med SEM og FKM sammenlignbare. Telling med TEM gav høyere nivåer enn SEM og FKM ved sanering av asbetolux. Fibermonitoren ble ikke benyttet under saneringen av asbetoluxplatene.

Ved innendørs gulvsanering ble det med FKM observert en del fibre, men med SEM ble det konstatert at mesteparten av disse fibrene var gipsfibre og ikke asbest. Alle SEM tellingene av asbestfibre ved innendørs gulvsanering var under deteksjonsgrensen. Det var en utfordring med disse feltmålingene at arbeidet var støvete og at prøvene derfor ble raskt overbelastet. Dette støvet er antagelig løst støv som lå på gulvet fra tidligere arbeid på tak og vegger, som hadde blitt fjernet før arbeidet med gulvet ble påbegynt. For å kunne studere fibre som blir frigjort fra gulv uten påvirkning av støv fra andre arbeidsoperasjoner, ble det derfor foretatt laboratorieforsøk med arbeid på vinyl gulvfliser. I disse forsøket ble det ikke funnet frie asbestfibre, men derimot fibrer bundet i større partikler fra gulvmaterialet. I bruddflater på gulvbelegg ble det observert fibre som stakk ut av materialet. Det kan tenkes at disse kan slites av og frigjøres ved sanering, men dette ble ikke bekreftet i feltmålingene. Limet kan også inneholde asbestfibre og ved sliping av gulvene for å fjerne limet ble det observert fibre. Prøvene hvor fibrer ble observert var imidlertid overbelastet med støv og var uegnet til fibertelling.

Ved rørsanering (bare ett saneringsobjekt) ble det telt fiber med FKM i nivå med grenseverdien ( $0,1 \text{ fiber/cm}^3$ ). Også fibermonitoren målte konsentrasjon på samme nivå (gjennomsnitt  $0,1 \text{ fiber/cm}^3$ ), med liten variasjon gjennom arbeidet. Dette var noe overraskende da det under rørsanering der rørdelene pakkes inn før de fjernes antas at asbestfibre frigjøres i liten grad. Om dette skyldes at fibre slipper ut av innpakkingen eller at det er fibre i løst støv som virvles opp under arbeide kan det ikke sies noe sikkert om, men de fibrene som ble funnet i luftprøvene var av samme type som materialprøvene.. Med SEM ble imidlertid konsentrasjonen bestemt til ca en femtedel av FKM og fibermonitoren. At konsentrasjonen av fibre var fem ganger høyere ved FKM eller fibermonitoren i forhold til SEM skyldes antakelig forekomst av andre typer fibre i prøvene, som f.eks. glassfiber og gipsfiber. Basert på fibertellinger med SEM kan det se ut som at spredningen av asbestfibre i luften var begrenset ved denne saneringen.

For sanering av utendørs vegg og takplater gav tellinger med FKM, fibermonitor og SEM sammenlignbare fiberkonsentrasjoner. Asbestfiberkonsentrasjonen er 20-40 % høyere dersom fibrer tynnere enn 0,2 µm inkluderes. Prøvetakingen ble utført både ved normal sanering uten innbygging av saneringsområdet, og ved en sanering der hele saneringsområdet ble bygd inn. Som forventet var nivåene av asbestfibre høyere i arbeidsatmosfæren ved den innbygde saneringen, ved sanering uten innbygging kan nivåene av asbestfibre i luften variere avhengig av værforhold.

Under utvendig sanering var asbestnivåene lave ved fjerning av veggplater og takskifer. Noe høyere nivåer ble målt ved fjerning av bølgeeternitt, sannsynligvis fordi materialet hadde begynt å forvitret slik at asbestfibre lå eksponert (Ervik et al. 2021). En viktig observasjon er at de høyeste fiberkonsentrasjonene i luft ved taksaneringen ikke var ved fjerning av takplatene, men ved fjerning av materialet som lå under takplatene (takpapp og løst materiale på takpapp). Dette skyldes sannsynligvis at disse materialene er blitt forurenset av fibre fra bølgeeternitten. Støv som ligger her inneholder fibre som allerede er frigjort og kan derfor lett spres til luften.

Målingene viser at måten arbeidet utføres på har betydning for hvor mange asbestfibre som frigjøres under saneringen. En forsiktig sanering der materialer løsnes og legges forsiktig ned, samt at det brukes grønsåpe som bindemiddel, gav de laveste asbestfiberkonsentrasjonene i luft sammenliknet med en uforsiktig sanering av utendørs tak og vegg. Det må påpekes at arbeidet er veldig varierende, men resultatet var konsekvent for alle målemetodene (FKM, SEM og fibermonitor). Fibermonitoren viser at konsentrasjonen er jevnt lav ved forsiktig sanering, og at den varierer mye under uforsiktig sanering, noe som i dette tilfellet resulterer i en mye høyere gjennomsnittskonsentrasjon. Under normal sanering er konsentrasjonen også mye høyere enn ved forsiktig sanering, noe som vises på gjennomsnittskonsentrasjonene for FKM og SEM. På bakgrunn av målingene som er gjort under relativt kontrollerte forhold er det tydelig at det har en effekt å jobbe forsiktig. For å minske spredning av fibre under sanering bør det derfor vurderes å jobbe så forsiktig som praktisk mulig.

Prøvetakingen av kortere arbeidsoperasjoner som saging og boring i utvendige tak og veggplater, viste at det ble frigjort betydelige nivåer av fibre. Riktig verneutstyr er derfor essensielt, selv ved slike kortere arbeidsoperasjoner og spesielt dersom en utfører mange av disse. Noen land, blant annet England, har også egne grenseverdier for kortvarig arbeid (15 minutter) med asbest.



I dette prosjektet har fokuset vært å undersøke feltmålinger ved asbestsanering. Det har vært utfordrende å få tilgang til saneringsobjekter og å gjennomføre målinger under en vanlig arbeidsdag. For å få flere og mer kontrollerte målinger på asbestsanering, samt undersøke effekten av arbeidsmetoder, ble det derfor gjort en større sanering der vi hadde mulighet til å styre arbeidstempoet. Ved denne saneringen ble hele saneringsområdet bygget inn utvendig for å forhindre spredning av fibre til omgivelsene under saneringen. Dette resulterte i mange parallelle prøver, og undersøkelser av ulike arbeidsoperasjoner og arbeidsmetoder.

## Kapittel 9: Konklusjon

Målingene under sanering og rivning av ulike asbestholdige byggematerialer viser at eksponeringen for asbestfibre kan bli høy selv under forsiktig sanering av porøse materialer innendørs (som vist for asbestolux). Også ved kortere arbeid kan det bli friggitt mange asbestfibre. Det er derfor viktig at saneringene alltid utføres med egnet verneutstyr og at tiltak gjøres for å begrense spredning av støv.

Ett stort problem er at man ofte ikke vet om det finnes asbestholdige produkter i veggen eller taket som skal rives. Det er derfor viktig at bygg som kan inneholde asbestholdige materialer blir grundig kartlagt med hensyn på dette før rivnings- og renoveringsarbeidet påbegynnes.

Målingene viste at nivåene av asbestfibre tatt med FKM eller SEM var sammenlignbare for de fleste materialtyper, med unntak av gulvbelegg der telling med FKM sannsynligvis ble påvirket av store mengder gipsfibre på saneringsplassen. SEM med mulighet for identifikasjon av asbestfibre bør vurderes for å minskefeiltelling. TEM resultater fra målinger fra ren sone eller bakgrunnsmålinger ved saneringen der større luftvolumer kunne prøvetas var sammenlignbare med SEM og FKM.

Andelen tynne fibre ( $<0,2 \mu\text{m}$ ) i luften var avhengig av materialet. Ved arbeid på materialer som inneholdt mye krysotil var andelen tynne fibre opp mot 40 %. Når materialet inneholdt amfibole asbesttyper var andelen lavere. Andelen tynne fibre bør angis når tellinger med SEM benyttes (i henhold til ISO 14966:2019). Dette kan være viktig informasjon for å vurdere helserisikoen ved asbesteksponering.

## Kapittel 10: Referanser

Arbeidstilsynets nettsider: [www.arbeidstilsynet.no/tema/kjemikalier/asbest/hvor-kan-det-finnes-asbest/](http://www.arbeidstilsynet.no/tema/kjemikalier/asbest/hvor-kan-det-finnes-asbest/)

Bandli, B. R. and M. E. Gunter (2014). "Scanning electron microscopy and transmitted electron backscatter diffraction examination of asbestos standard reference materials, amphibole particles of differing morphology, and particle phase discrimination from talc ores." *Microsc Microanal* **20**(6): 1805-1816.

Boulanger, G., P. Andujar, J. C. Paireon, M. A. Billon-Galland, C. Dion, P. Dumortier, P. Brochard, A. Sobaszek, P. Bartsch, C. Paris and M. C. Jaurand (2014). "Quantification of short and long asbestos fibers to assess asbestos exposure: a review of fiber size toxicity." *Environmental Health* **13**.

Dodson, R. F. and S. P. Hammar (2011). *Asbestos : risk assessment, epidemiology, and health effects*. Boca Raton, Fl., CRC Press.

Dodson, R. F., S. P. Hammar and L. W. Poye (2008). "A technical comparison of evaluating asbestos concentration by phase-contrast microscopy (PCM), scanning electron microscopy (SEM), and analytical transmission electron microscopy (ATEM) as illustrated from data generated from a case report." *Inhal Toxicol* **20**(7): 723-732.

El Yamani, M., G. Boulanger, E. Nerriere-Catelinois, A. Paillat, H. Modelon, A. Soye, F. Paquet, S. Binet, C. Paris and P. Brochard (2012). "Revision of French Occupational Exposure Limits of Asbestos and Recommendation of Measurement Method: Can the Dimensional Characteristics of the Asbestos Fibers (Long, Thin, Short) Be Taken Into Account?" *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* **42**(14): 1441-1484.

Ervik, T., S. Eriksen Hammer and P. Graff (2021). "Mobilization of asbestos fibers by weathering of a corrugated asbestos cement roof." *J Occup Environ Hyg*: 1-8.

ISO 14966:2019. Ambient air — Determination of numerical concentration of inorganic fibrous particles — Scanning electron microscopy method.

ISO 10312:2019 Ambient air — Determination of asbestos fibres — Direct transfer transmission electron microscopy method.

Lacourt, A., E. Leveque, E. Guichard, A. G. S. Ilg, M. P. Sylvestre and K. Leffondre (2017). "Dose-time-response association between occupational asbestos exposure and pleural mesothelioma." *Occupational and Environmental Medicine* **74**(9): 691-697.

Landrigan, P. J. (1991). "The third wave of asbestos disease: exposure to asbestos in place. Public health control. Introduction." *Ann N Y Acad Sci* **643**: xv-xvi.

Markowitz, S. (2015). "Asbestos-related lung cancer and malignant mesothelioma of the pleura: selected current issues." *Semin Respir Crit Care Med* **36**(3): 334-346.

NIOSH method 7400. (2019). ASBESTOS and OTHER FIBERS by PCM.

Perez, A. L., M. L. Nelson, T. J. Cheng, C. E. Comerford and P. K. Scott (2018). "A meta-analysis of airborne asbestos fiber concentrations from work with or around asbestos-containing floor tile." *Int J Occup Environ Health* **24**(3-4): 134-148.

World Health Organization. (1997). *Determination of airborne fibre number concentrations : a recommended method, by phase-contrast optical microscopy, membrane filter method*. Geneva, World Health Organization.