

# Asbestmålinger ved brann og rivning av asbestholdige byggematerialer– Delrapport 2: Transformasjon og spredning av asbestfibre ved brann

Forfattere: Pål Graff, Torunn Kringlen Ervik og Nils Petter Skaugset

Prosjektleder: Pål Graff



Foto: Pål Graff, STAMI

## Innhold

Kapittel 1: Sammendrag .....	3
Kapittel 2: Bakgrunn for studien .....	5
Kapittel 3: Metoder .....	8
3.1 Asbestidentifikasjon i materialprøver .....	8
3.2 Prøvetaking av luft .....	8
3.3 Bestemmelse av fiberkonsentrasjon med sveipelektronmikroskop (SEM).....	9
Kapittel 4: Resultater.....	11
4.1 Transformasjon av fibre ved brann .....	11
4.2 Spredning ved brann.....	12
Kapittel 5: Diskusjon.....	15
Kapittel 6: Konklusjon .....	16
Kapittel 7: Referanser.....	17

## Kapittel 1: Sammendrag

Selv om det fra 1985 har vært forbudt å bruke asbest i byggematerialer i Norge finnes det fortsatt mye asbestholdige byggematerialer igjen i både private og offentlige bygg. Ved brann fines det en risiko for at asbestfibre frigjøres fra bygningsmateriale og spres i omgivelsene. Flere utenlandske studier har funnet en økt kreftrisiko hos brannmenn og peker på en mulig sammenheng mellom asbesteksponering hos brannmenn og en økt kreftrisiko, eksempelvis for kreftformen mesoteliom. Denne rapporten ser på mulig eksponering for asbest hos brannmenn som befinner seg i og rundt brannstedet. Det er ikke inkludert målinger på personell som deltar i aktiv røykdykking da de ved den typen arbeidsoperasjon bruker åndedrettsvern. Det er foretatt målinger ved arbeid i branntomter, både saneringsarbeid og arbeid med tekniske undersøkelser av brannsteder.

Ved oppvarming av asbest til høye temperaturer (1200 °C) vil asbestfibrene fullstendig forandre krystallstruktur. Denne forandringen av krystallstrukturen i asbest kan starte ved lavere temperaturer, og allerede ved 500 °C vil krystallstrukturen til krysotil påvirkes. I de prøver som er samlet inn ved pågående brann i fra branntomter har mengden transformerte fibre blitt undersøkt.

I dette prosjektet ble det samlet inn for få prøver til at man med stor sikkerhet kan bedømme risikoen for spredning av asbest ved brann og ved arbeid i branntomter, men basert på de prøvene som ble samlet inn ser det ut til å være en risiko for spredning av frie asbestfibre ved brann i hus som inneholder byggematerialer med asbest. Dette bør tas med i risikovurderingen for personell som befinner seg i nærheten av en brann i bygninger som inneholder asbest og ved eksempelvis sanering- eller brannteknisk arbeid på branntomter.

Materialprøver fra branntomter viser en blanding av frie asbestfibre i asken og asbestfibre som fortsatt er integrert i byggematerialet. Bygningsdeler med asbestholdig materiale kan i noen tilfeller spres et stykke bort fra selve brannen.

I prøver tatt i nærmiljøet av en branntomt ble ingen frie asbestfibre påvist, bare asbestfibre som fortsatt var bundet i rester av byggematerialet og som var spredt utover et begrenset område rundt branntomten. Asbestholdig materiale kan «eksplosere» ved høye temperaturer og frie fiber og biter av materiale kan spres utover rundt brannstedet. I luftprøver samlet inn under en pågående brann ble det funnet frie asbestfibre i luften, hvilket kan indikere en mulig spredning av asbestfibre ved brann. Fra flere branntomter ble det påvist frie asbestfibre i asken, dette

medfører at det er en risiko for spredning av asbestfibre fra asken. I disse prøven ble det funnet asbestfibre som var uendret, delvis transformert og helt transformert.

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

**Hovedfunn:**

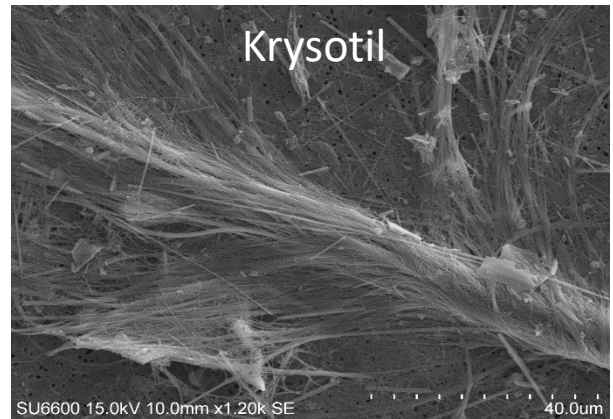
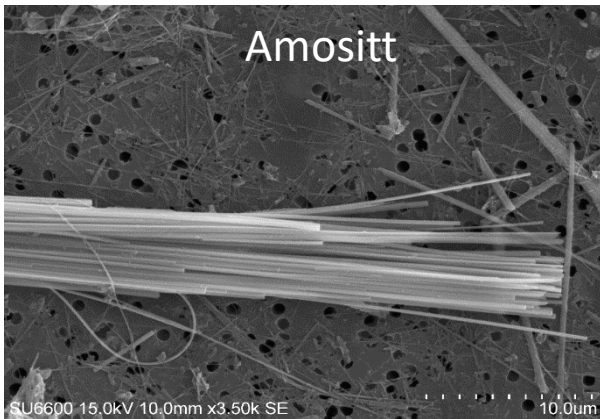
- Ved langvarig utsetting for varme ved en brann kan asbestfibre transformeres.
- Mange asbestfibre vil ikke bli utsatt for høy nok varme lenge nok til å bli transformert.
- Asbestholdig materiale og frie asbestfibre kan spres til omgivelsene ved brann.
- Aske kan inneholde både frie asbestfibre og asbestfibre bundet i rester av bygningsmateriale.

## Kapittel 2: Bakgrunn for studien

Asbest er en gruppe mineraler som forekommer naturlig i form av fibre. Asbest har blitt brukt i flere tusen år, 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). Selv om det fra 1985 har vært forbudt å bruke asbest i byggematerialer i Norge finnes det fortsatt mye asbestholdige byggematerialer igjen i både private og offentlige bygg.

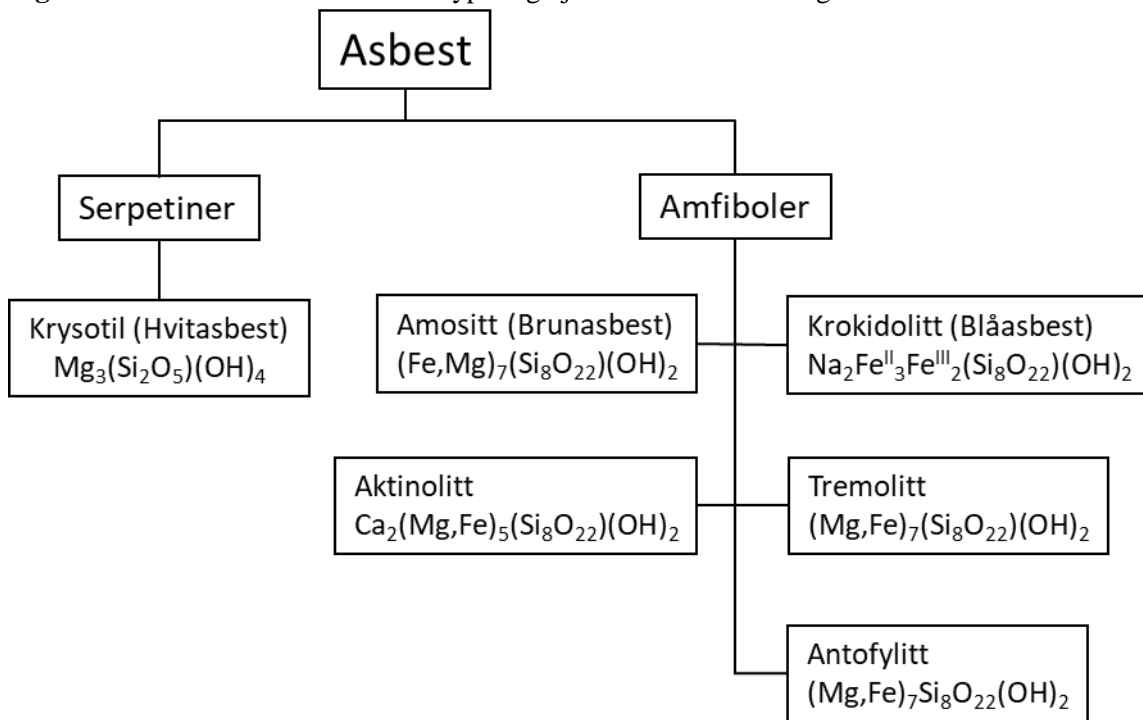
At eksponering for asbest kunne medføre negative helseeffekter ble tidlig kjent. Allerede i 1918 kom de første røntgenbildene som viste lungeforandringer hos arbeidere som var eksponert for asbest. Utover 1920-tallet ble flere tilfeller av lungefibrose (asbestose) beskrevet (Dodson and Hammar 2011). Det ble etter hvert også beskrevet tilfeller av lungefibrose både hos personer som arbeidet i produksjon av asbestholdige produkter, i asbestgruver og personer som brukte asbestholdige produkter (Dodson and Hammar 2011). Koblingen mellom asbesteksponering og kreft har også vært kjent lenge, både for lungekreft og mesoteliom (Dodson and Hammar 2011, Markowitz 2015). Asbesteksponering regnes i dag som den viktigste enkeltårsaken til mesoteliom, noe som gjør at mesoteliom i dag er 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 medfører en økt risiko for sykdom (Markowitz 2015). Mesoteliom har en lang latenstid (opp mot 40 år) hvilket gjør det vanskelig å koble eksponeringsnivåer til sykdom (Lacourt et al. 2017).

Det eksisterer flere ulike typer asbestfibre som skiller seg både morfologisk og kjemisk. Generelt kan de ulike asbesttypene 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 og 2.2).



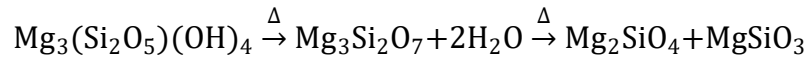
**Figur 2.1:** Figuren viser eksempel på amfibole fibre (amositt) og serpentine fibre (krysotil). Bildene er tatt med SEM (Foto: Torunn K. Ervik, STAMI).

**Figur 2.2:** Oversikt over noen asbesttyper og kjemisk sammensetning



Ved oppvarming av asbest til høye temperaturer (over 1200 °C) vil asbestosefibre forandre krystallstruktur. Disse termisk transformerte asbestfibre er vist å skape mindre stress i celler i *in vitro* forsøk enn ikke transformerte asbestfibre og antas derfor å være mindre helseskadelige (Giantomassi et al. 2010, Pugnaroni et al. 2015). Oppvarming av asbestfibre til ca 1200 °C er en av de metodene som i dag benyttes for å behandle asbestavfall (Paolini et al. 2019). Denne

forandringen av krystallstrukturen i asbest kan starte ved lavere temperaturer, ved hvilke temperaturer prosessen starter vil være avhengig av type asbest, men allerede ved 500 °C vil krystallstrukturen til krysotil påvirkes. Temperaturforandringen hos krysotil foregår i flere steg:



I det første steget skjer det en dehydroxylering (frigjøring av vann), denne prosessen starter ved ca 500 °C. Neste steg i prosessen er en rekrystallisering til forsteritt og enstatitt, hvilket kan skje fra ca 800 °C (Kusiorowski et al. 2015). Under mer ukontrollerte forhold mhp temperaturer, som i en brann, er det derfor usikkert i hvilken utstrekning asbestfibrene vil påvirkes.

Flere studier har funnet en økt kreftrisiko hos brannmenn og peker på en mulig sammenheng mellom asbesteksponering hos brannmenn og en økt kreftrisiko, eksempelvis for mesoteliom (Beaumont et al. 1991, Markowitz et al. 1991, Pukkala et al. 2014, Jalilian et al. 2019, Marjerrison et al. 2022). Risikoen for asbesteksponering for brannmenn var sannsynligvis høyere før når bruken av asbest i byggematerialer var større og i tillegg ble det tidligere brukt asbest i vernebekledning for brannmenn (Dodson and Hammar 2011). Det er derimot gjort få nyere eksponeringsstudier for asbest hos brannmenn, men en amerikansk studie fra 2000 fant asbesteksponering på 0,073 fiber/cm<sup>2</sup> ved etterslukking (Bolstad-Johnson et al. 2000).

I denne rapporten har vi forsøkt kartlagt mulighetene for eksponering for brannmenn som befinner seg rundt brannstedet. Det er ikke inkludert målinger på personell som deltar i aktiv røykdykking da de da bruker åndedrettsvern.

Det er også foretatt målinger ved arbeid i branntomter, både saneringsarbeid og arbeid med tekniske undersøkelser av brannsteder.

Prosjektet ble initiert i samarbeid med de regionale verneombudene innen bygg og anlegg.

## Kapittel 3: Metoder

I løpet av prosjektet har politi og brannvesen flere steder i landet vært kontaktet og utstyr og opplæring i prøvetaking blitt gitt. Det har så blitt samlet inn prøver når det har vært brann der det har vært mistenkt forekomst av asbest. Det har også blitt sendt inn materialprøver. I tillegg har STAMI gjort større undersøkelser på noen branntomter der det er samlet både materialprøver og luftprøver.

### 3.1 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 hånddrevent 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.

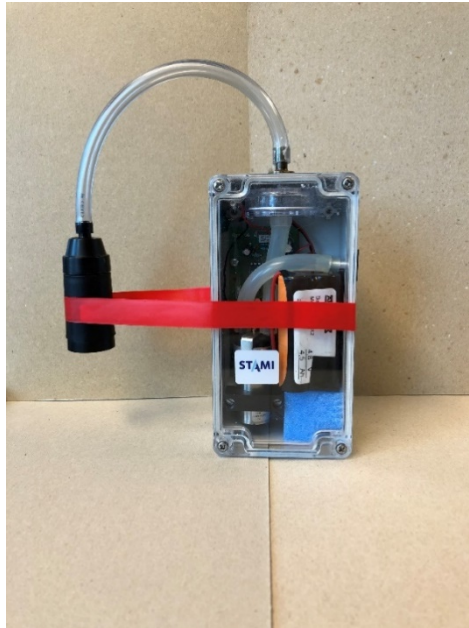
Prøven ble deretter filtrert gjennom et 0,8 µm polykarbonatfilter og overført fuktig til petriskål. Når filteret var tørt, ble et utsnitt på 8x8 mm kuttet fra filteret og lagt på en aluminium prøveholder som benyttes i elektronmikroskopet. Filterbiten ble festet ved hjelp av en elektrisk ledende karbontape. Et Hitachi SU6600 feltemisjon SEM, utstyrt med energispredende røntgenspektroskopi (EDX) ble benyttet for å identifisere fibre og klassifisering. Et EDX spekter fra et representativt utvalg av fibre ble undersøkt for å klassifisere fibertypen. Viktige grunnstoffer for å klassifisere typen asbestfibre er Si, Mg, Fe, Ca og Na (se figur 2.2).

### 3.2 Prøvetaking av luft

Prøvetaking av asbestfibre ble utført med «open-faced» antistatiske «totalstøv» prøvetakere utstyrt med 25 mm 0,8 µm polykarbonatfilter.

Til luftprøvetakingen ble det benyttet pumper som ble laget til dette prosjektet (Figur 3.1). Pumpene ble bygget inn i et vann- og støvtett hus for å kunne rengjøres mellom hver prøvetaking og for å forhindre spredning av asbestfibre.





**Figur 3.1:** Den spesialkonstruerte prøvetakingspumpen benyttet i prosjektet. Bildet viser også en antistatisk «totalstøv» prøvetaker koblet til pumpen (Foto: STAMI).

Lufthastigheten under prøvetakingen var 2 L/min gjennom prøvetakerne kalibrert med et Ålborg Rotameter. Ved prøvetakingen bar de som utførte arbeidet en prøvetakingspumpe festet i belte hvor innsuget på prøvetakeren var plassert framme på brystet, så nær pustesonen som mulig. Det ble også samlet stasjonære luftprøver ved bruk av samme type prøvetakere.

### 3.3 Bestemmelse av fiberkonsentrasjon med sveipelektronmikroskop (SEM)

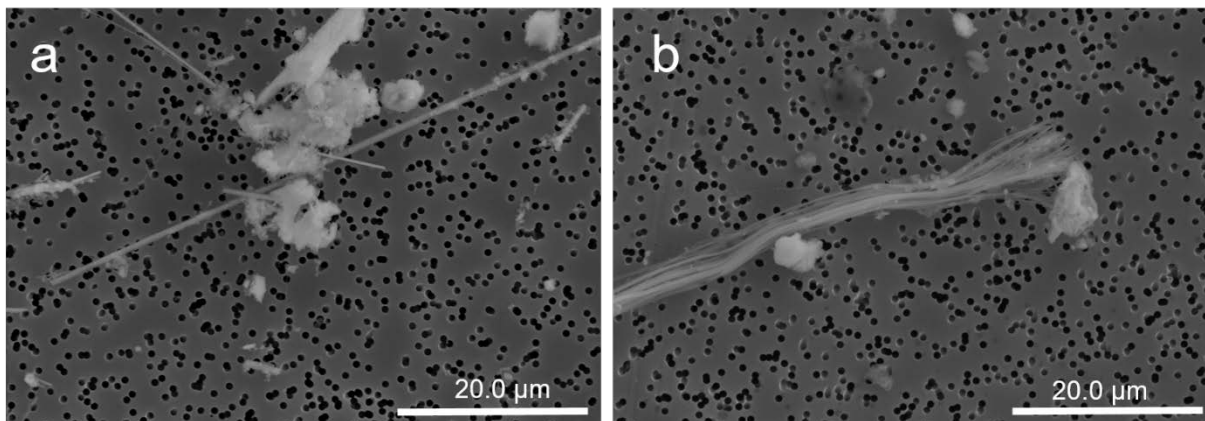
Fibertellinger med SEM ble utført på STAMI. Tellingene ble utført i henhold til ISO 14966:2019 (ISO 2019). Filteret som telles i SEM ble på forhånd belagt med 40 nm tykt gullag på forsiden og med 20 nm gull på baksiden av filteret. Før tellingene i SEM ble filteret undersøkt i lysmikroskop for å se at fordelingen av støv på filter var homogen, deretter ble prøven lavtemperaturforasket 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 avsluttet 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 røntgensignalerne for de forskjellige grunnstoffene ble brukt til å klassifisere 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 3.2. 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  $V_B$  er det luftvolumet, i  $\text{cm}^3$ , som har gått gjennom et tellefelt. Konstanten 2,99 er den øvre konfidensgrensen for Poisson fordelingen når ingen fibre observeres.



**Figur 3.2:** Eksempel på tellefelt i SEM; **A** amosittfibre og **B** krysotil (Foto: Torunn K. Ervik, STAMI)

## Kapittel 4: Resultater

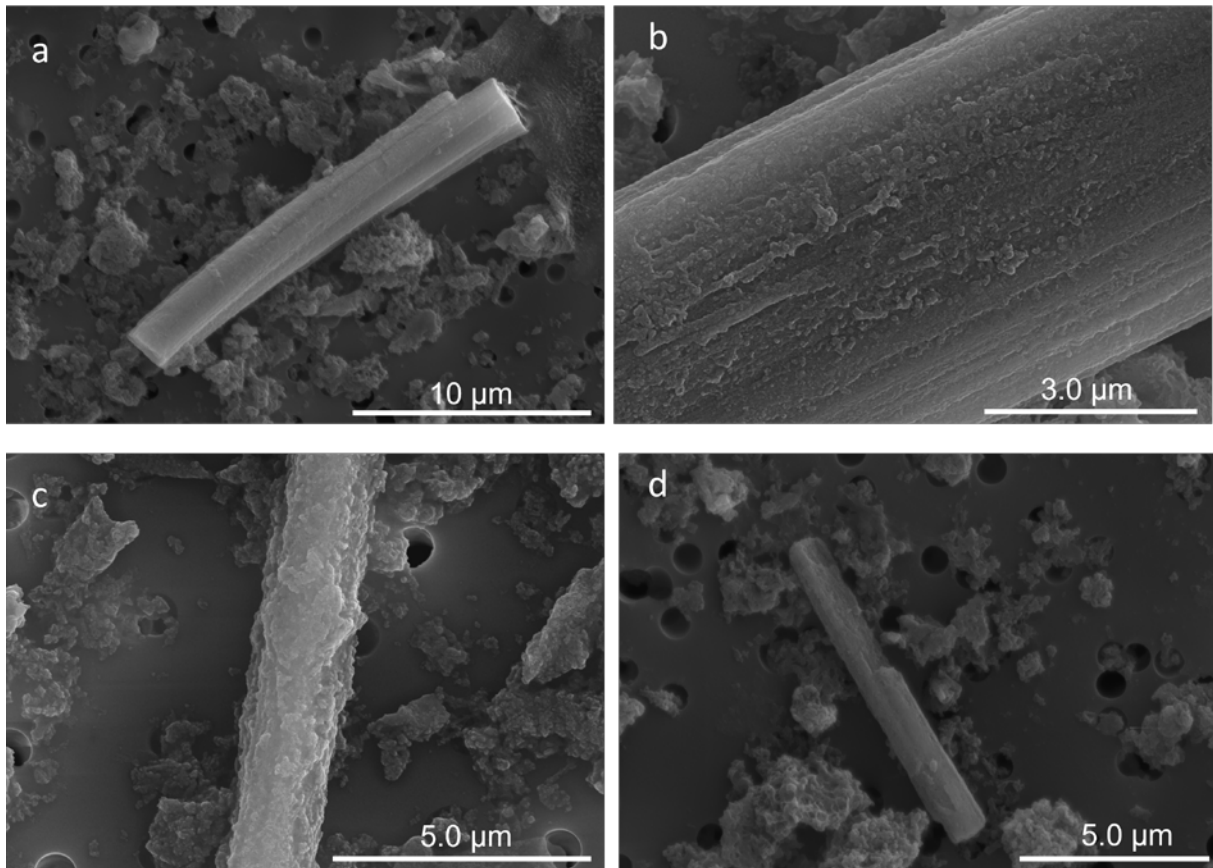
### 4.1 Transformasjon av fibre ved brann

Både luftprøver og materialprøver ble samlet inn etter/under brann. I alt ble det funnet asbest i materialprøver fra fire brannsteder. Et av brannstedene bestod av flere forskjellige bygninger med ulike asbestmaterialer og herfra ble det funnet asbest i fire forskjellige materialtyper fra dette brannstedet. Av luftprøver under brann ble det samlet prøver under en brann.

En materialprøve av en innvendig skillevegg utsatt for brann er vist i Figur 4.1 I denne prøven ble det påvist krysotilfibre hvor en tydelig morfologisk transformasjon ble observert. Det er ikke informasjon om temperatur eller varighet og derfor er det vanskelig å si noe sikkert om hvor stor andel av fibre hadde gjennomgått en transformasjon. Antageligvis kan fibre være i mange ulike faser av denne transformasjonen. I Figur 4.2 er det vist bilder av krysotilfibre som er morfologisk transformert. På overflaten observeres små krystaller, mens enkeltfibriller kan ikke lenger observeres. Dette er i god overensstemmelse med funn i andre studier (Gualtieri et al. 2008, Giacobbe et al. 2010).



**Figur 4.1:** Del av innvendig skillevegg i et nedbrent hus (Foto: Torunn K. Ervik, STAMI)

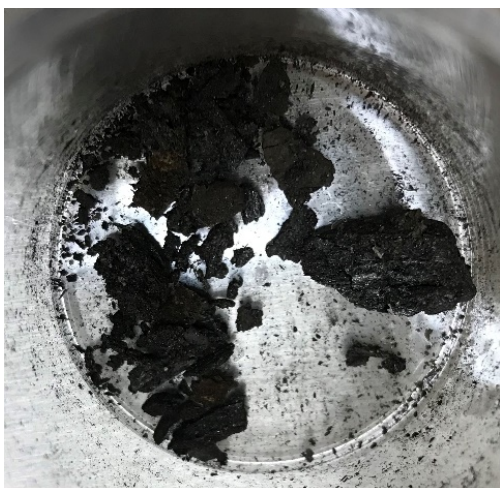


**Figur 4.2:** Morfologisk transformerte krysotilfibre funnet i skilleveggen (a), forstørret bilde av fiberen i a. (b) Morfologisk transformerte fibre fra skilleveggen (c og d). (Foto: Torunn K. Ervik, STAMI).

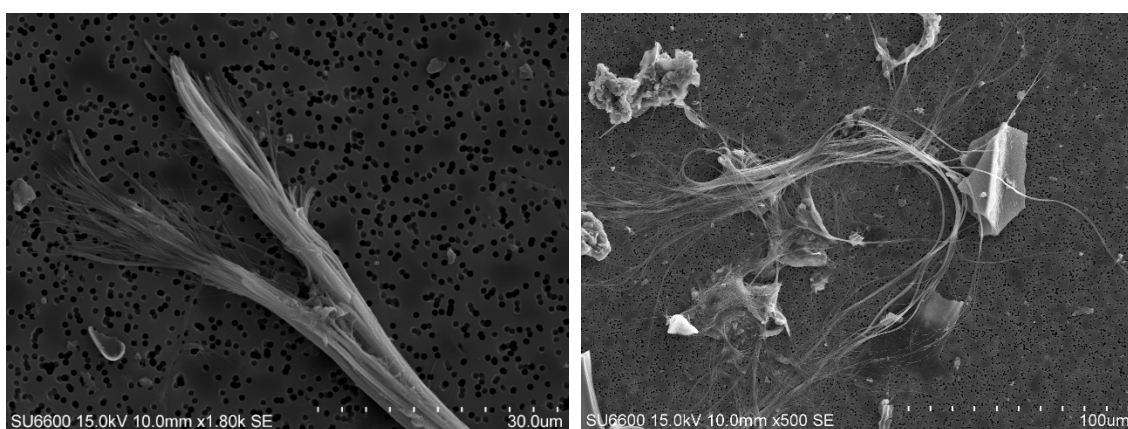
#### 4.2 Spredning ved brann

I porøse askeprøver samlet opp på et brannsted, som vist i Figur 4.3, lå asbestfibre lett tilgjengelig for frigjøring. I dette tilfellet ser utseende til fibre i asken uendret ut. Det var ikke mulig å fastslå hvilket materiale fibre kommer fra.

En annen materialprøve av asbestholdig materiale utsatt for brann er vist i Figur 4.5a. Denne prøven ble funnet noen meter fra brannstedet og er antageligvis spredt ved at materialet har «eksplovert». Det var mange slike biter spredt utover i en radius på 10 meter fra brannstedet (Figur 4.5b). De observerte fibre (krokidolitt og krysotil), hadde ikke endret krystallstruktur ift opprinnelige asbestfibre (Figur 4.6).



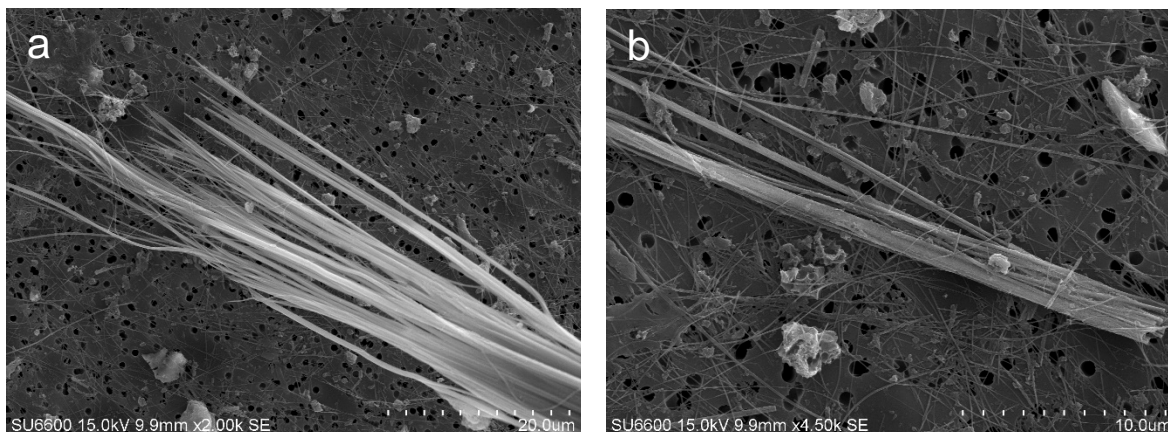
**Figur 4.3:** Askeprøve fra et brannsted (Foto: Torunn K. Ervik, STAMI).



**Figur 4.4:** Materialprøve av aske. Uendrede krysotilfibre ble funnet i asken. (Foto: Torunn K. Ervik, STAMI)



**Figur 4.5:** Materialprøve (a) av veggplate funnet i nærhet til et brannsted (markert med en pil) (b) (Foto: Torunn K. Ervik og Pål Graff, STAMI).

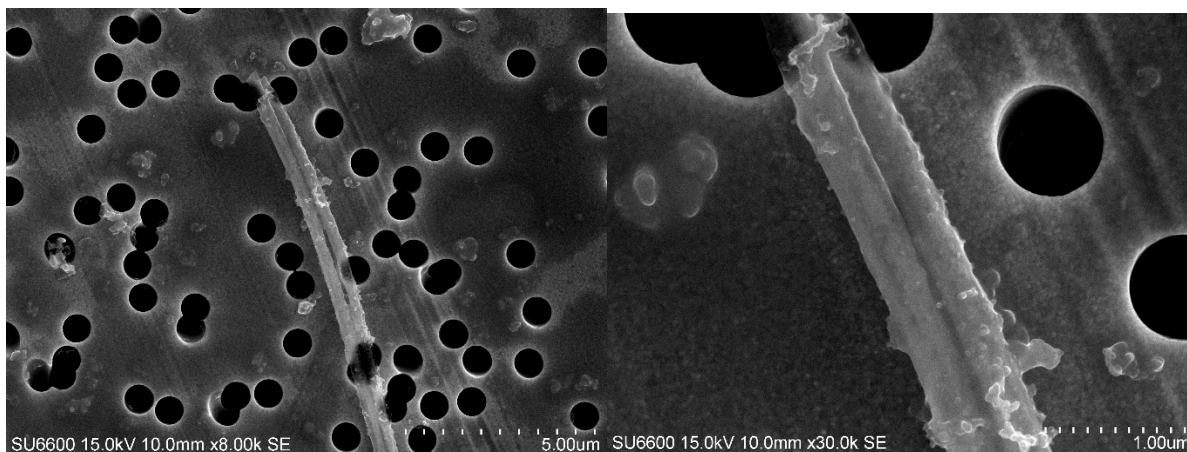


**Figur 4.6:** Uendrede krysotil- (a) og krokidolittfibre (b) funnet i prøven (Foto: Torunn K. Ervik, STAMI).

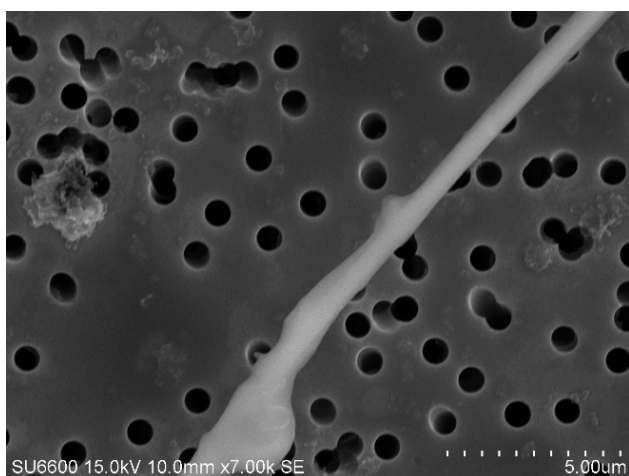
Asbestfibre ble observert i luft samlet ved pågående brann. Luftprøvene ble samlet et par meter fra huset som brant. En luftkonsentrasjon av asbestfibre på  $0,04 \text{ f/cm}^3$  ble bestemt ved å telle antall fibre som var oppsamlet på gullbelagt filter, med SEM. I materialprøven fra brannstedet ble det funnet krokidolitt og krysotil. Disse to typene ble også funnet i luftprøvene fra denne brannen. Uendrede krysotilfibre ble funnet (Figur 4.7), men også fibre hvor en transformasjon i strukturen ble observert for både krysotil og krokidolitt ble påvist (Figur 4.8 og Figur 4.9).



**Figur 4.7:** krysotilfiber samlet opp med luftprøvetaker under en pågående brann (Foto: Torunn K. Ervik, STAMI)



**Figur 4.8:** krysotilfiber samlet opp med luftprøvetaker under en pågående brann. Bildet til høyre viser en forstørret del av fiberen til venstre. (Foto: Torunn K. Ervik, STAMI).



**Figur 4.9:** Krocidolittfiber samlet opp med luftprøvetaker under en pågående brann (Foto: Torunn K. Ervik, STAMI).

## Kapittel 5: Diskusjon

Datagrunnlaget er for begrenset til at man med stor sikkerhet kan vurdere risikoen for spredning av asbest ved brann og ved arbeid i branntomter, men basert på de få prøvene denne studien har ser det ut til å være en risiko for spredning av frie asbestfibre ved brann i hus som inneholder byggematerialer med asbest.

Materialprøver fra branntomter viser en blanding av frie asbestfibre i asken og asbestfibre som fortsatt er integrert i byggematerialet. Bygningsdeler med asbestholdig materiale kan i noen tilfeller spres et stykke fra brannen. I askeprøven vet vi ikke hvilket asbestholdig materiale fibrene kom fra, men i denne prøven lå fibrene både fritt og løst bundet i materialet. Ved høy, langvarig varmepåvirkning i en brann kan asbestfibre transformeres. Laboratorieforsøk med asbestholdig materiale utført i ovner med kontrollerte betingelser viser at asbestfibre

rekrystalliseres og transformeres til andre faser som ikke har de samme toksiske egenskapene (i celleforsøk) som opprinnelige asbestfibre (Giantomassi et al. 2010, Paolini et al. 2019). Dette er derfor en metode som kan benyttes for å destruere asbestholdig materiale. I en brann vil man ikke ha kontroll over temperatur og varighet og det er derfor ikke mulig å si om alle asbestfibre transformeres eller ikke (graden av transformasjon). Den eneste stedet hvor det ble funnet transformerte fibre var en innvendig skillevegg fra et hus som brant ned til grunnen.

I prøver tatt i nærmiljøet av en branntomt ble ingen frie asbestfibre påvist ved luftprøver, bare asbestfibre som fortsatt var bundet i rester av byggematerialet og som var spredt utover et begrenset område rundt branntomten (ca 10 meter). Asbestholdig materiale kan «eksplodere» ved høye temperaturer og frie fiber og biter av materiale kan spres utover et område i nærhet til brannen. I luftprøver samlet inn under en pågående brann ble det funnet frie asbestfibre, hvilket kan indikere mulig luftspredning av asbestfibre ved brann. I denne prøven ble det funnet fibre som både er morfologisk transformerte og fibre som ikke er endret. Hvor langt frie asbestfibre kan spres i luften ved en pågående brann vil variere og være avhengig av flere faktorer som værforhold, størrelse på brannen, om asbest forekommer inne i eller på utsiden av huset etc. Ved den aktuelle brannen var det svak vind.

Det ble også tatt luftprøver ved sanering og teknisk undersøkelse av branntomter. I disse tilfellene var det en mistanke om asbestholdig materiale i bygget, men da materialprøver ikke ble levert inn kan man ikke med sikkerhet fastslå forekomsten av asbest i bygningen som brant. Det ble heller ikke funnet asbest i luftprøvene. Fra flere branntomter der forekomst av asbest i bygget ble bekreftet var det frie eller løst bundne fibre i asken. Det finnes derfor en risiko for spredning av fibre fra asken.

## Kapittel 6: Konklusjon

Ved brann i bygninger der det finnes asbestholdige materialer er det en risiko for frigjøring av asbestfibre til luften, samt at frie asbestfibre også kan forekomme i asken. Dette bør tas med i risikovurderingen for personell som befinner seg i nedslagsområdet for luftforurensninger ved en brann i bygning der det kan forekommer asbest og ved brannteknisk arbeid eller saneringsarbeid på branntomter.



## Kapittel 7: Referanser

- Beaumont, J. J., G. S. Chu, J. R. Jones, M. B. Schenker, J. A. Singleton, L. G. Piantanida and M. Reiterman (1991). "An epidemiologic study of cancer and other causes of mortality in San Francisco firefighters." Am J Ind Med **19**(3): 357-372.
- Bolstad-Johnson, D. M., J. L. Burgess, C. D. Crutchfield, S. Storment, R. Gerkin and J. R. Wilson (2000). "Characterization of firefighter exposures during fire overhaul." AIHAJ **61**(5): 636-641.
- Dodson, R. F. and S. P. Hammar (2011). Asbestos : risk assessment, epidemiology, and health effects. Boca Raton, FL, CRC Press.
- Giacobbe, C., A. F. Gualtieri, S. Quartieri, C. Rinaudo, M. Allegrina and G. B. Andreozzi (2010). "Spectroscopic study of the product of thermal transformation of chrysotile-asbestos containing materials (ACM)." European Journal of Mineralogy **22**(4): 535-546.
- Giantomassi, F., A. F. Gualtieri, L. Santarelli, M. Tomasetti, G. Lusvardi, G. Lucarini, M. Governa and A. Pugnali (2010). "Biological effects and comparative cytotoxicity of thermal transformed asbestos-containing materials in a human alveolar epithelial cell line." Toxicol In Vitro **24**(6): 1521-1531.
- Gualtieri, A. F., M. L. Gualtieri and M. Tonelli (2008). "In situ ESEM study of the thermal decomposition of chrysotile asbestos in view of safe recycling of the transformation product." J Hazard Mater **156**(1-3): 260-266.
- International Organization for Standardization (ISO) (2019). 14966: Ambient air — Determination of numerical concentration of inorganic fibrous particles — Scanning electron microscopy method.
- Jalilian, H., M. Ziaei, E. Weiderpass, C. S. Rueegg, Y. Khosravi and K. Kjaerheim (2019). "Cancer incidence and mortality among firefighters." Int J Cancer **145**(10): 2639-2646.
- Kusiorowski, R., T. Zaremba, A. Gerle, J. Piotrowski, W. Simka and J. Adamek (2015). "Study on the thermal decomposition of crocidolite asbestos." Journal of Thermal Analysis and Calorimetry **120**(3): 1585-1595.
- 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.
- Marjerrison, N., J. Jakobsen, T. K. Grimsrud, J. Hansen, J. I. Martinsen, K. C. Nordby, M. B. Veierod and K. Kjaerheim (2022). "Cancer incidence in sites potentially related to occupational exposures: 58 years of follow-up of firefighters in the Norwegian Fire Departments Cohort." Scand J Work Environ Health.
- 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.
- Markowitz, S. B., K. Garibaldi, R. Lilis and P. J. Landrigan (1991). "Asbestos exposure and fire fighting." Ann N Y Acad Sci **643**: 573-577.
- Paolini, V., L. Tomasetti, M. Segreto, D. Borin, F. Liotta, M. Torre and F. Petracchini (2019). "Asbestos treatment technologies." Journal of Material Cycles and Waste Management **21**(2): 205-226.
- Pugnali, A., G. Lucarini, C. Rubini, A. Smorlesi, M. Tomasetti, E. Straffella, T. Armeni and A. F. Gualtieri (2015). "Raw and thermally treated cement asbestos exerts different cytotoxicity effects on A549 cells in vitro." Acta Histochem **117**(1): 29-39.

Pukkala, E., J. I. Martinsen, E. Weiderpass, K. Kjaerheim, E. Lynge, L. Tryggvadottir, P. Sørensen and P. A. Demers (2014). "Cancer incidence among firefighters: 45 years of follow-up in five Nordic countries." Occup Environ Med **71**(6): 398-404.