



Asbest i byggeindustrien

-

ASBYG-projektet

Rapport til Arbejds miljø forskningsfonden, projekt nr. 47-2019-03

Asbest i byggeindustrien

Rapport til Arbejdsmiljøforskningsfonden

Titel	Asbest i byggeindustrien
Forfattere	Jakob Hjort Bønløkke ¹ , Anders Brostrøm ⁶ , Henrik Harboe ³ , Pete Kines ⁶ , Ana Sofia Fonseca ⁶ , Marie Frederiksen ⁶ , Inge Brosbøl Iversen ⁵ , Keld Alstrup Jensen ⁶ , Øyvind Omland ² , Vivi Schlünssen ⁴ , Torben Sigsgaard ⁴ , Henrik Kolstad ⁵ , Niels Hadrup ⁶
Institutioner	¹ Arbejds- og Miljømedicinsk Afdeling, Dansk Ramazzini Center, Aalborg Universitetshospital, Aalborg, Danmark. ² Aalborg Universitet, Klinisk Institut, Aalborg, Danmark. ³ Joblife, Kolding, Danmark. ⁴ Aarhus Universitet, Institut for Folkesundhed, Aarhus, Danmark. ⁵ Arbejdsmedicin, Dansk Ramazzini Center, Aarhus Universitetshospital, Aarhus, Danmark. ⁶ Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø, København, Danmark.
Udgiver	Arbejds- og Miljømedicinsk Afdeling, Dansk Ramazzini Center, Aalborg Universitetshospital, Danmark
Projektet afsluttet	December 2023
Udgivet	3. april 2024
Finansiell støtte	Arbejdsmiljøforskningsfonden, projektnummer 47-2019-03
Bedes citeret:	Asbest i byggeindustrien. Rapport til Arbejdsmiljøforskningsfonden. Arbejds- og Miljømedicinsk Afdeling, Aalborg. 2024.
Internetudgave	www.at.dk – Arbejdsmiljøforskningsfonden: se under 'Afsluttede projekter'

INDHOLDSFORTEGNELSE

1 FORORD	4
2 RESUMÉ	5
3 SUMMARY	7
4 INDLEDNING	9
Baggrund.....	9
Projektets formål	12
Organisering af projektet	12
Interessentgruppe	13
5 METODER – OPSAMLING OG ANALYSE	14
Udvælgelse af arbejdspladser og opgaver	14
Prøveindsamling.....	16
Karakteristik af den undersøgte bygningsmasse, sikkerhedskulturen og arbejdspladsovervågning.....	19
Arbejdspladsernes egne målinger	19
SEM/EDS metoden	20
6 RESULTATER - ASBEST I LUFTEN	24
Prøveopsamling	24
SEM analyser.....	28
Energidispersiv Røntgen (EDS) Analyse.....	31
Asbestkoncentrationer i luften	35
Målinger efter saneringsarbejdet	39
Delkonklusion	40
7 SAFETY OBSERVER	42
Udvikling.....	42
Metode	43
Resultater.....	44
Delkonklusion.....	45
8 SUBKLINISK LUNGEFIBROSE OG ASBESTOSE	47
Metoder	47
Resultater	48
Delkonklusion.....	48
9 SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	49
Opfyldelse af mål.....	51
10 ANBEFALINGER OG PERSPEKTIVER	53
11 REFERENCER	54
12 FORMIDLINGS AKTIVITETER	57
Artikler	57
Artikler accepteret til publikation i peer-reviewede videnskabelige tidsskrifter.....	57

Informationsmøder	57
Produkter.....	57
13 FORKORTELSER.....	58
14 BILAG	1
Bilag 1. Database med oversigt over samtlige målinger i projekter, grupperet efter plads/site.	1
Bilag 2. Appskabelonen for asbestarbejde i Safety Observer app'en.....	1

1 FORORD

Med denne rapport afslutter vi forskningsdelen i projektet ”Er der sundhedsskadelig udsættelse for asbest i byggeindustrien i Danmark? Forbedrede metoder til kvantificering, monitorering og helbredsbedømmelse” som kørte 2019-2023 finansieret med 3 millioner kr. af Arbejds miljøforskningsfonden. Projektet opsamlede luftbårne asbestfibre i byggeindustrien ved renovering og nedbrydning, udviklede analysemetoder af asbestfibre, udviklede og afprøvede en app til systematisk observation af asbestarbejde mht. sikkerhedsforhold og –adfærd, samt opgjorde forekomst af asbestose og udsættelsen for asbestfibre på danske arbejdspladser. Alt sammen for på sigt at bidrage til at optimere arbejdsforholdene ved asbestarbejde og undgå yderligere forekomst af asbestose og andre asbestrelaterede sygdomme.

Vi ønsker at takke alle de involverede arbejdspladser og deltagere, der har taget sig tid til at hjælpe med udførelsen af dette projekt. Det har bl.a. krævet anvendelse af måleudstyr, nye arbejdsgange og stor velvilje fra jeres side.

Projektet er forsinket og tilpasset undervejs pga. Corona-pandemien, juridiske forhold og teknisk udstyr. Vi vil gerne takke Arbejds miljøforskningsfonden for den forståelse vi – på trods af ønsker fra flere sider undervejs om at få resultater af vores målinger - har mødt for, at vi måtte forlænge projektet.

Vi glæder os til med denne rapport, på informationsmøder og på anden vis at formidle vores resultater, som er et vigtigt bidrag til forståelsen af asbestudsættelse i byggeindustrien i Danmark.

På vegne af projektgruppen, Jakob Hjort Bønløkke
April 2024

2 RESUMÉ

Formål

Formålet med projektet var at kortlægge udsættelse for asbest i bygge- og anlægsbranchen, at kortlægge forekomst af asbestose i branchen, at udvikle og teste en app, der kan forbedre og simplificere registrering og håndtering af asbest i byggebranchen og endelig at undersøge værdien af forbedrede analysemetoder for asbest sammenlignet med standardmetoder.

Metoder

Til kortlægningen blev først udarbejdet en liste over typiske materialer og opgaver. Projektet oplevede en udfordrende start med etablering af aftaler, især med mindre virksomheder og opgaver. Interessen for projektet faldt under og efter COVID-19 pandemien, men blev genetableret. Joblife A/S og NFA udvalgte og kontaktede nedrivere og gennemførte prøveopsamling på i alt 14 pladser med henblik på at omfatte så mange typer af opgaver som muligt. Der blev taget luftprøver med standardmetoder på guldcoatede filtre med personbårne og stationære near-field og far-field målinger. Safety Observer app'en blev udvidet med en skabelon til asbestarbejde og på 11 af de 14 arbejdspladser hvor der blev lavet asbestmålinger, anvendte dataindsamleren også Safety Observer app'en mindst én gang.

Overfyldte filtre blev kasseret og resten blev analyseret hos NFA i elektronmikroskop og med energidispersiv røntgenanalyse. Projektet stod over for udfordringer med at tilpasse sig de nye asbestgrænseværdier, hvilket påvirkede planlagte metoder og analyser. Der blev taget 7685 billeder ved 1000x opløsning og omkring 1500 billeder med højere opløsning og på disse detekteret 924 asbestfibre.

Registerundersøgelsen af forekomst af asbestose inddrog 1.515.136 personer, der i perioden 1976-2015 havde arbejdet i et fag med asbesteksponering ifølge en job-eksponeringsmatrice. Vi identificerede 1.084 nye tilfælde af asbestose i perioden 1977-2015.

Resultater

Den hyppigste opgave var udvendig nedtagning af asbestplader, men en række indendørs saneringsopgaver forekom også. I alt blev der opsamlet 257 prøver. Af de 14 lokaliteter, hvor der blev foretaget målinger, blev der fundet asbestfibre på de 13. Den ene lokalitet, hvor der ikke blev fundet asbest, var på en modtageplads for asbestafald. Der blev i de personbårne målinger målt luftkoncentrationer over gældende grænseværdi ved alle typer af saneringsopgaver. Også når disse blev omregnet til 8-timers gennemsnit, var der stadig eksponeringer, som lå over grænseværdien. Særligt sås

dette ved nedtagning af asbestholdige loftsplader, nedtagningen af fliser, samt fjernelse af asbestisolerede rør i en kælder. Asbest blev også fundet i luftprøver efter rengøringen. Der blev ikke kun fundet hvid (chrysotil) asbest, men overraskende fundet 5 ud af de 6 kendte asbesttyper. Der blev fundet mange fibre, som var kortere end de 5 µm som gælder i den eksisterende WHO-definition på asbestfibre.

Det gennemsnitlige sikkerhedsindeks med app'en Safety Observer for de 10 pladser, hvor der kun blev målt en gang, lå højt på 91%.

Resultaterne af registerundersøgelsen viste en forøget risiko for asbestose i selv lavt eksponerede jobs.

Perspektivering

De hyppigt forekommende overskridelser af grænseværdien har bekræftet behovet for at opretholde høj standard for at begrænse asbestudsættelse ved saneringsopgaver, herunder indkapsling og brug af værnemidler. Målingerne peger på muligheden for at brug af åndedrætsværn med vanlig beskyttelsesfaktor kan være utilstrækkelig beskyttelse. Selvom der i gennemsnit blev observeret højt sikkerhedsindeks med brug af Safety Observer app'en var der også eksempler på, at foranstaltninger kan forbedres væsentligt. Resultaterne peger også på behov for at forbedre kontrol med rengøringsmetoderne. Hvis analysemetoden fra projektet skal i brug kommercielt er det nødvendigt at automatisere den med kunstig intelligens/AI. Registerundersøgelserne peger på et behov for bedre undersøgelser af hvilke niveauer af asbesteksponering, der er tilstrækkelige til at udvikle asbestose.

3 SUMMARY

Purpose

The purpose of the project was to map exposure to asbestos in the construction industry, to map the occurrence of asbestosis in the industry, to develop and test an app that can improve and simplify the registration of handling of asbestos in the construction industry, and finally to investigate the value of improved asbestos analysis methods compared to standard methods.

Methods

For the mapping, a list of typical materials and tasks was first compiled. The project experienced a challenging start with the establishment of agreements, particularly with smaller companies. Interest in the project declined during and after the COVID-19 pandemic but was reestablished during the last period in the project. Joblife A/S and NFA selected and contacted demolishers and conducted sample collection at a total of 14 sites in order to include as many types of tasks as possible. Air samples were taken using standard methods on gold-coated filters with personal and stationary near-field and far-field measurements. The Safety Observer app was expanded with a template for asbestos work, and on 11 of the 14 workplaces where asbestos measurements were taken, the data collector also used the Safety Observer app at least once.

Overloaded filters were discarded, and the rest were analyzed at NFA using electron microscopy and energy-dispersive X-ray spectroscopy. The project faced challenges in adapting to the new Danish asbestos exposure limits, which affected planned methods and analyses. 7685 images were taken at 1000x resolution and approximately 1500 images with a higher resolution, and 924 asbestos fibers were detected in these images.

The registry study of the occurrence of asbestosis involved 1,515,136 individuals who had worked in a profession with asbestos exposure according to a quantitative job exposure matrix during the period 1976-2015. We identified 1,084 new cases of asbestosis during the period 1977-2015.

Results

The most frequently measured task was the external removal of asbestos roof panels, but a number of indoor remediation tasks were also measured. In total, 257 samples were collected. Of the 14 locations where measurements were taken, asbestos fibers were found at 13. The one location where no asbestos was found was at a receiving

site for asbestos waste. In the personal measurements, air concentrations above the limit value were measured for all types of remediation tasks. Even when these were converted to 8-hour averages, there were still exposures that exceeded the limit. This was particularly observed during the removal of asbestos-containing ceiling panels, the removal of tiles, and the removal of asbestos-insulated pipes in a basement. Asbestos was also found in air samples after cleaning. Not only white (chrysotile) asbestos was found, but surprisingly, 5 out of the 6 known types of asbestos were found. Many fibers shorter than the 5 μm in the existing WHO definition of asbestos fibers were observed.

The average safety index in Safety Observer for the 10 sites that were only measured once, was high at 91%.

The results of the registry study showed an increased risk of asbestosis even in low-exposure jobs.

Perspectives

The frequent exceedance of the limit has confirmed the need to maintain a high standard to limit asbestos exposure during remediation tasks, including encapsulation and the use of protective equipment. The measurements indicate the possibility that the use of respiratory protection with the usual protection factor may provide insufficient protection. Although a high safety index was observed on average with the use of the Safety Observer app, there were also examples where safety measures can be significantly improved. The results also indicate the need to improve control of cleaning methods. If the analysis method from the project is to be used commercially, it is necessary to automate it with artificial intelligence. The register studies indicate a need for better investigations into the levels of asbestos exposure that are sufficient to develop asbestosis.

4 INDLEDNING

Baggrund

Asbest er en fælles betegnelse for en række mineraler, der kan spaltes i lange fibre. De inddeles i bøjelige serpentine fibre (chrysotil) og i amfiboler (amosit, actinolit, anthophyllit, tremolit, og crocidolit), som er lige. I Danmark er der langt overvejende blevet anvendt chrysotil (også kaldet hvid) asbest.

Asbest i byggebranchen i Danmark ophørte gradvist gennem 1980'erne indtil det helt blev forbudt i 1987. Ved nedrivnings- og renoveringsopgaver er der i dag fortsat en risiko for asbestudsættelse. Asbest reguleres under kræftforordningen, og der er strenge krav fra Arbejdstilsynet til at minimere udsættelsen til det lavest mulige. De konkrete effekter af de påbudte foranstaltninger og de reelle nutidige niveauer for asbestudsættelse for ansatte i bygge- og anlægsindustrien er ikke veldokumenteret i den offentligt tilgængelige litteratur. De fibrøse mineraler kan forekomme i luften sammen med f.eks. fibre fra isoleringsmaterialer, så detaljerede fiber-analyser er nødvendige for at sikre en korrekt analyse af fiberudsættelse i arbejdsmiljøet.

Efter igangsættelsen af projektet er grænseværdien for asbest blevet nedsat gældende fra 1. januar 2022[1]. Den danske grænseværdi blev reduceret fra 0,1 til 0,003 fiber/cm³ (= 0,003 fiber/ml)[2]. Den nye gældende grænseværdi er derfor væsentligt lavere end den tidligere og beskytter derfor bedre mod udvikling af asbestfremkaldte sygdomme. Hverken den nye eller den tidligere grænseværdi beskytter i sig selv 100% mod udvikling af sygdom uden brug af værnemidler. Der er meget begrænset viden om, hvorvidt de lovpåbudte foranstaltninger og værnemidler i Danmark er tilstrækkelige til at sikre at asbestudsættelsen holdes sikkert under den gældende grænseværdi. Asbesteksponering har i Danmark til dato medført et betydeligt antal tilfælde af lungehindekræft (malignt mesotheliom), lungekræft, asbestose og lungehindefortykkelser (pleurale plaques)[3]. Risikoen for disse sygdomme har ingen kendt nedre tærskelværdi, men stiger jævnt med stigende eksponering[4]. Lungehindekræft og lungekræft ses oftest efter mange års latenstid, og for disse sygdomme skyldes de tilfælde vi ser i dag primært eksponering for asbest før 1987. Også ved den gældende grænseværdi vil dagligt arbejde med udsættelse for asbest på grænseværdien i 40 år være tilstrækkeligt til at øge risikoen for cancer[4]. Ny forskning har vist, at der er øget forekomst af malignt mesotheliom blandt beboere, der udelukkende har været miljømæssigt udsat for asbest, f.eks. pga. naboskab til asbestcementfabrikker[5]. Derfor er der formentlig fortsat en forøget risiko for at udvikle malignt mesotheliom og lungekræft selv ved overholdelse af den gældende grænseværdi for asbest.

Asbestose er kendetegnet ved lungefibrose, som kan ses som forandringer på røntgen eller CT-skanningsbilleder af lungerne hos tidligere asbestudsatte[6]. Den eksiste-

rende viden om hvilke niveauer af asbest der er tilstrækkelig til at fremkalde lungefibrose, og dermed asbestose, er næsten udelukkende baseret på tidligere tiders høje asbestudsættelse og på egentlige sygdomstegn eller oplysninger om dødsårsager, som ikke er egnede til at fange lette tilfælde. Asbestose anerkendes i dag først efter større asbesteksponering end hvad der er muligt, hvis man overholder den gældende grænseværdi[7]. Det er uklart om asbestose også kan udvikle sig efter lavere asbestudsættelser og efter en længere latenstid end tidligere, hvor asbestose primært forekom efter få års massiv udsættelse.

Erhvervssygdomsregistrene har som opgave at identificere fag, brancher og virksomheder med sundhedsskadeligt arbejdsmiljø, så forebyggelsesindsatserne rettes derhen hvor skaderne opstår. Registerne fanger ikke subkliniske tilfælde, hvor der endnu ikke er diagnosticeret en egentlig sygdom fremkaldt af erhvervsmæssig eksponering. Da det er muligt, at asbestudsættelse under grænseværdierne kan medføre lungesygdomme, så er det ønskeligt at kunne identificere mulige negative biologiske effekter på luftvejene tidligst muligt. Lungeskanninger med HRCT (High-Resolution Computed Tomography) kan bruges til at opdage symptomfrie tilfælde af lungefibrose. Tegn på lungefibrose på scanninger optræder hos ca. 5 % af befolkningen[8] og kan udvikle sig gradvist og hos nogle i sidste ende vise sig som asbestose eller anden alvorlig lungefibrosesygdom[9]. Nyere studier med brug af HRCT har vist, at risikoen for asbestose både er en funktion af varigheden af udsættelsen for og af mængden af asbest[10] og at risikoen er forøget ved lavere samlede eksponeringer end tidligere antaget[11]. Der er endnu ikke publiceret undersøgelser af, om der optræder forøget forekomst af symptomfri, såkaldt subklinisk lungefibrose ved lave asbesteksponeringer.

Der udføres årligt tusindvis af HRCT-skanninger af lungerne i Danmark. Siden 2010 har der været over 300.000 personer beskæftiget i bygge- og anlægsbranchen. Ud fra disse tal skønner vi at 10.000 beskæftigede i branchen har fået udført en eller flere HRCT-skanninger siden 2010, mens de var i den erhvervsaktive alder. Dette er en ny og uudnyttet ressource til overvågning af udsættelse for fibrosefremkaldende stoffer i arbejdsmiljøet. Med en kunstig intelligens/artificial intelligence (AI) kan et stort antal HRCT-skanninger skannes for subklinisk lungefibrose. Dette redskab kan muligvis bidrage til vurderingen af arbejdsmiljøets betydning på danske arbejdspladser på steder, hvor arbejdsstyrken er udsat for asbest eller andre fibrosefremkaldende stoffer.

Ved projektets start byggede reglerne for arbejde med asbest overvejende på Asbestbekendtgørelsen fra 1987. Der er i skrivende stund større ændringer på vej i regelgrundlaget, kompetencekrav for operatørerne, de anbefalede arbejdsmetoder til at minimere asbesteksponering og vedrørende autorisationsordning. I praksis og i henhold til Arbejdstilsynets vejledninger arbejder man principielt med en nultolerance, således, at hvis der findes asbest eller asbestholdige materialer på en arbejdsplads, så arbejdes der med personlige værnemidler. Der skelnes dog mellem asbestarbejde som på forhånd vurderes at være med lavt støvniveau og andet asbestarbejde. Der foretages efter vores erfaring kun sjældent forsøg på at kvantificere koncentrationerne i luft. Der

rapporteres fra branchen om, at asbest nogle gange identificeres efter, at der er påbegyndt renoverings-, sanerings- eller andet arbejde i området. Hvor ofte dette reelt betyder udsættelse for asbest over grænseværdien er så vidt vides ikke undersøgt i Danmark.

Det er velkendt at byggebranchen har udfordringer med vanskelige arbejdsforhold, skiftende arbejdspladser, personaleudskiftninger mv., som kan gøre det vanskeligt at holde på viden og en god sikkerhedskultur. Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø (NFA) har udviklet en app til smartphone eller tablet, kaldet Safety Observer, som bruges til sikkerhedsgennemgang af arbejdspladser og kan være behjælpelig med at følge udviklingen og højne sikkerhedskulturen på en arbejdsplads. Metoden er anvendt til at afhjælpe støvproblematikker på byggearbejdspladser[12] og kan videreudvikles til at håndtere arbejdspladser med risiko for asbesteksponering.

Asbestmålinger fra arbejdspladserne er ikke offentligt tilgængelige og derfor er der ingen konkret viden om kvaliteten af analyserne og de observerede niveauer. Fra en rundspørge foretaget i forbindelse med udviklingen af dette projekt, er der en bemærkelsesværdig variation i hvilken grad de akkrediterede laboratorier kan kvantificere luftkoncentrationerne. Ved de billigste analyser kan man ikke identificere fibre under 40-80 µm længde og laboratorierne oplyser, at der ikke er en ensartet standard for hvornår et fiberbundet regnes for 1 fiber og hvornår det regnes for flere fibre. Dette står i kontrast til, at der findes både danske og internationale harmoniserede standarder og guidelines for indsamling af luftprøver og fibertælling med optiske metoder og elektronmikroskopi (EM) (f.eks. DS 2169:1981¹; ISO 10312:2019(en)²; ISO 14966:2019³(en)), som følger WHO-kriterierne for fibertælling. I tillæg er der sket en markant udvikling inden for automatisk eller halvautomatisk analytisk EM, hvor både analyser af morfologi (form) og kemisk sammensætning kan kobles til at give mere detaljerede analyser af materialerne i en luftprøve[13–15]. Dette kan anvendes til at identificere de forskellige fibertyper efter deres kemiske sammensætning. Det kan underbygges yderligere med røntgendiffraktometri af luftprøver opsamlet på filtre, hvor de specifikke asbestmineraller i prøven kan identificeres og kvantificeres (ISO 22262-3:2016⁴(en)).

¹ [DS 2169:1981 - Webshop Dansk Standard](#)

² [ISO 10312:2019 - Ambient air — Determination of asbestos fibres — Direct transfer transmission electron microscopy method](#)

³ [ISO 14966:2019 - Ambient air — Determination of numerical concentration of inorganic fibrous particles — Scanning electron microscopy method](#)

[ISO 22262-3:2016 - Air quality — Bulk materials — Part 3: Quantitative determination of asbestos by X-ray diffraction method](#)

Projektets formål

- 1) Hovedformålet var
 - a) at kortlægge udsættelse for asbest indenfor bygge- og anlægsbranchen
 - b) at kortlægge forekomst af subklinisk lungefibrose
- 2) Delformål var at udvikle en tablet- eller smartphonebaseret app, der kan forbedre og simplificere registrering og håndtering af asbest i byggebranchen – Safety Observer.
- 3) Delformål var at undersøge værdien af forbedrede analysemetoder for asbest sammenlignet med de standardmetoder, der er i anvendelse i dag.

Endelig var det et mål at formidle den opnåede viden om eksponeringsniveauer til branchen på en måde, så den kan få praktisk anvendelse fremover.

Formål 1 b) måtte som beskrevet i kapitel 8 erstattes med et nyt formål 1 c) i en registerundersøgelse at undersøge eksponerings-respons sammenhænge mellem erhvervsmæssig asbesteksponering og asbestose blandt alle asbesteksponerede arbejdere i Danmark i perioden 1976-2015.

Organisering af projektet

Institutioner og videnskabeligt personale

Projektet blev udført i et samarbejde mellem:

Arbejds- og Miljømedicinsk Afdeling, Dansk Ramazzini Center, Aalborg Universitetshospital, Havrevangen 1, 9000 Aalborg

- Jakob Hjort Bønløkke, cheflæge og forskningsansvarlig overlæge

Aalborg Universitet, Klinisk Institut, Selma Lagerlöfs Vej 249, 9260 Gistrup

- Øyvind Omland, professor emeritus

Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø (NFA), Lersø Parkallé 105, 2100 København

- Ana Sofia Fonseca, seniorforsker
- Marie Frederiksen, seniorforsker
- Keld Alstrup Jensen, professor
- Niels Hadrup, seniorforsker
- Pete Kines, seniorforsker
- Anders Brostrøm, postdoc

Joblife A/S, Jupitervej 1, 6000 Kolding (arbejdsmiljørådgiver)

- Henrik Harboe, chefkonsulent

Arbejdsmedicin, Dansk Ramazzini Center, Aarhus Universitetshospital, Palle Juul-Jensens Boulevard 99, 8200 Aarhus N

- Henrik Kolstad, professor
- Inge Brosbøl Iversen, læge

Aarhus Universitet, Institut for Folkesundhed, Bartholins Allé 2, 8000 Aarhus C

- Vivi Schlünssen, professor
- Torben Sigsgaard, professor

Delprojekter

Afsnittene i rapporten relateres til de formulerede formål, angivet i delprojekter nedenfor. Delprojekterne præsenteres i en anden mere logisk rækkefølge, så indholdet giver større forståelse i forhold til de efterfølgende afsnit.

1a) Kortlægning af asbest i luften ved sanering – afsnit 6.

Primært koordineret af NFA og Joblife.

1b) Kortlægning af forekomst af subklinisk lungefibrose på HRCT-skanninger af historisk asbesteksponerede med brug af kunstig intelligens/AI

Primært koordineret af Arbejdsmedicin, Aarhus Universitetshospital.

Da det ikke lykkedes at få tilladelse til at gennemføre denne kortlægning, måtte projektgruppen ændre strategi, for at få belyst forholdet mellem historiske eksponeringsniveauer og asbestose i en form, der kunne realiseres i projektet.

Det reviderede formål 1c) med undersøgelse eksponerings-respons sammenhænge i en registerundersøgelse blev ligeledes primært udført af Arbejdsmedicin, Aarhus Universitetshospital – afsnit 8.

2) Udvikling og test af Safety Observer app – afsnit 7.

Primært koordineret af NFA og Joblife.

3) Asbest analysemetoder – afsnit 5.

Primært koordineret af NFA.

Interessentgruppe

Der blev ved starten af projektet nedsat en gruppe med repræsentanter for

Dansk Byggeri / Dansk Byggeri, Nedrivning og Miljøsanering

3F / Byggegruppen

Blik- og Rørarbejderforbundet

Byggeriets Arbejds miljøbus (BAM-bus)

Arbejdstilsynet

Dansk Miljøanalyse ApS

Der var udskiftning i gruppen undervejs, bl.a. pga. projektets lange varighed.

5 METODER – OPSAMLING OG ANALYSE

Udvælgelse af arbejdspladser og opgaver

Indledningsvist har vi tilrettelagt undersøgelsesprogrammet efter hvilke materialer, der kan indeholde asbest samt for at kortlægge udsættelse for asbest indenfor bygge- og anlægsbranchen. Materialerne er velkendte, og en liste over materialer og deres identifikation i bygninger fremgår f.eks. af Statens Byggeforskningsinstitut (SBI) anvisning 228 og [229](#) om asbestholdige byggematerialer[16,17]. Heri kan man se, hvornår de forskellige materialer har været på markedet, hvad de har været brugt til, og hvordan de ser ud. Anvisningerne viser udseende og evt. mærkning af materialerne som f.eks. på asbestplader. Erfaringen er dog, at mærkningen kan være svær at se i praksis.

Vi gik ud fra nedenstående oversigt (Tabel 1) af materialer og opgaver, som er sammenstillet fra SBI-anvisning 228 og 229.

Materialetype	Opgave	Bemærkninger
Bølgeplader med eternit	Fjernelse af tagplader	Udvendigt arbejde, hele plader, skruet på
Bølgeplader med eternit	Fjernelse af beklædningsplader	Sømnet. Udvendigt eller indvendigt.
Plane plader med eternit	Fjernelse af beklædningsplader på facader eller indendørs	Lette facader kan indeholde flere lag.
Eternitskifer	Fjernelse af tagplader	Sømnet.
Eternitfliser	Fjernelse af fliser på altaner og tagterrasser	Fliseklæber; kan også indeholde asbest.
Akustikplader i eternit	Nedtagning, primært lofter men også vægge	Kan være sømnet, ellers opsat i skinner.
Ventilationskanaler med asbest	Fjernelse af kanaler mm.	Kan være støbt og malet fast, hvor man kan se dem nedefra, men på lofter ofte synlige.
Teknisk isolering	Pakkematerialer, asbestsnor mm. Ved adskillelse.	Kan være skørnet af varmen.
Teknisk isolering	Fjernelse af isolering der indeholder asbest på lofter og kedler	F.eks. vanskelige rørbøjninger, beholdere. Kiselgur.
Rørisolering	Fjernelse af rør- og kedelisolering	Lige stræk ofte mineraluld: bløde. Bøjninger, kiselgur med asbest: stenhårde.

Tagpap	Klæbeasfalt mm.	"Gamle" tagpapterer kan indeholde asbest. Støver ikke ret meget.
Branddøre.	Metaldøre o. lign. med asbest.	Asbest lukket inde, kan fjernes hele.
El-installationer	Asbestindlæg i kabler og varmeaggregater	Vil normalt fjernes hele, som skrot.
Fliseklæbere	Fjernelse af fliser og gulvklinter	Hypigt, støver meget. Alfakvarts også en parameter.
Støbegulve	Magnesit med asbest: badeværelser, trapper, industri og kontor.	Slidlag på beton
Vinylgulve	Fjernelse af vinyl	Vinylen kan indeholde asbest, ligesom klæberen også kan det.

Tabel 1. Oversigt over asbestholdige materialer og arbejdsopgaver. Fremstillet ud fra SBI-anvisning 228 og 229.

Fra starten var det et mål at omfatte alle disse opgavetyper, hvoraf nogle er langt hyppigere end andre. Ved projektopstart i 2019 havde Niras A/S, senere Joblife A/S grundet strukturel omlægning hos Niras A/S, en god portefølje af bygningsundersøgelser, med screeninger og kortlægninger af bygninger til renovering eller nedrivning. Det var derfor forudsat, at disse kunne levere de pladser, der var interessante og nødvendige til målinger. Dertil havde NFA allerede indgået aftale om at foretage løbende målinger på en stor nedrivningssag, hvor 5 højhuse skulle nedrives, og hvor kortlægning havde vist facadeplader med asbestcement og asbestisolering i bøjninger på varmerør i kælderniveau.

Der var således god fremdrift i projektet i løbet af foråret 2020, hvor Corona epidemien startede. Efter sommerferien blev det, på grund af epidemien, svært at få nye aftaler. Et andet væsentligt forhold var, at epidemien betød, at indkøb af elektronmikroskopet blev forsinket. Samlet set gik prøveindsamlingen derfor i stå ultimo 2020. I foråret 2021 var epidemien på maksimalt niveau, og selvom smittefaren var reduceret i efteråret, var nedriverne ikke interesserede i at få os ind i projekterne.

Der blev i projektet udarbejdet nyhedsbrev og kampagne, og i 2022 kom det i gang på 2 pladser. I fht. Joblifes opgaver var interessen for at deltage dog aftaget væsentligt. Der blev derfor igen lavet nyhedsbrev og Joblife igangsatte en kampagne for at få nye pladser at måle på. De største aktører, som Joblife kendte og kontaktede, meldte fra på grund af manglende interesse, og først med hjælp fra BAMBUS og 3F lykkedes det at få de sidste aftaler i hus for målinger ultimo 2023. For NFA's vedkommende blev målingerne på nedrivningsprojektet gennemført i løbet af 2021 og 2022, i de perioder hvor NFA ikke var hjemsendt og arbejdspladsmåling var mulig.

Joblife har kun undersøgt forventet asbestholdige lokaliteter i porteføljen, så forventet asbestfrie lokaliteter har ikke være prioriteret. For NFA's vedkommende blev der både

målt for asbest på lokaliteter, hvor der var forventet og ikke forventet udsættelse for asbest.

Vi oplevede på flere pladser, at det kunne være vanskeligt i god tid at forudsige præcist, hvornår hvilke typer af arbejdsopgaver skulle udføres. Det betød, at der var aftalte asbestsanerings- og nedbrydningsopgaver, som blev udført på andre tidspunkter, end hvor vi forventede at skulle foretage målinger. Desuden var der jævnligt tilfælde, hvor færre ansatte var beskæftiget med asbest end forventet. På pladser, hvor der kun blev foretaget asbestsanering få dage kunne det betyde, at en stor andel af de forventede målinger ikke blev foretaget.

Prøveindsamling

Der blev taget luftprøver til analyse med scanning elektron mikroskop (SEM). Til det anvendes særlige guldcoatede membranfiltre (Figur 1) fra I3 Membrane, Radeberg i Tyskland. Der blev opsamlet med 1,9 l/min, som er sædvane i personbårne målinger, for at sikre isokinetisk flow (dvs. flow der er ensartet i hele luftstrømmen). På grund af den nye, meget lavere, grænseværdi på 0,003 fiber/ml, har nogle af de kommercielle laboratorier foreskrevet meget lange opsamlingstider/store luftmængder på over 1000 l luft. Det er derfor af interesse at se, om de anvendte måletider opsamler tilstrækkeligt med fibre eller overbelaster filtrene, så analyse ikke er mulig.



Figur 1. Guldfiltre til SEM-analyse.

Med guldfiltrene kan man teoretisk godt øge flowet og derved benytte kortere opsamlingsstid, men det resulterer i, at pumperne har svært ved at opretholde flowet. Derfor blev der anvendt det sædvanlige volumen flow.

De lokaliteter der er foretaget målinger på, fordeler sig som beskrevet i Tabel 2. Der er tale om i alt 14 pladser, hvor der er foretaget målinger og 1 plads, hvor målinger blev aflyst. I alt er der opsamlet 257 prøver. Joblife har indsamlet i alt 145 prøver på plads 1-14, hertil kommer at der på plads 7, 9 og 12 er taget i alt 29 prøver for kvarts. Disse prøver er taget simultant med asbestprøver, for at kunne vise sammenhængen mellem asbest- og kvartseksposering. Analyser af disse vil dog kræve ekstra finansiering. NFA har samlet i alt 112 prøver på plads 15, hvoraf 7 omhandlede specifikke asbestopgaver med fjernelse af asbestholdige rørbøjninger. De øvrige prøver fra site 15 dækker over andre nedrivningsopgaver i lejligheder med aflukkede altaner med asbestholdige facadeplader, der dermed er blevet en del af boligarealet.

Site nr.	Arbejdsopgave	Antal prøver
1	Fjernelse af asbestholdige facadeplader - udendørs	10
2	Nedtagning af lysninger m. fjernvarmerør, (20 vinduer), kiselgur (2-kammer sluser)	11
3	Nedtagning af nedhængt loft.	10
4	Nedtagning af eternitplader fra tag og suge isolering ud.	12
5	Nedtagning af loftsplader	5
6	Nedtagning af vægfliser	5
7	Nedtagning af facadeplader	9
8	Rengøring efter nedtagning af tagplader	6
9	Udskiftning af varmerør med asbest i kælderrum	11
10	Aflyst	0
11	Fyrrum, rør	7
12	Rækkehuse, nye badeværelser	39
13	Affaldsplads, modtagestation for asbestaffald	9
14	Mejeri asbestloft, eternit + måtter	11
15	Fjernelse af rørbøjninger m. asbest i kælderrum	7

Tabel 2. Oversigt over arbejdsopgaverne og antal opsamlede prøver på hvert af de 15 sites, hvor målekampagnen på site 10 blev aflyst.

Personbårne målinger er taget under arbejdsprocesserne, hvor pumper, filtre, og slanger er monteret inden medarbejderen har iført sig værnemidler, således at pumperne ikke er forurenede under processen. Målingerne er lavet udenfor evt. åndedrætsværn, for at kunne lave en eksponeringsvurdering af de forskellige arbejdsprocesser og om disse medfører asbestfibereksposering i et omfang, så værnemidler er påkrævede. Evt. fund af asbestfibereksposering ved arbejdsopgaver, hvor man tror asbesten er

indkapslet, vil kunne understrege vigtigheden i brugen af værnemidler ved sådanne opgaver.

Stationære målinger tæt ved arbejdsopgaven, også kaldet near-field (NF), blev taget på stativer 1-3 m fra medarbejderne, så tæt som det var muligt, uden at genere arbejdet og uden at udstyret tog skade. Udstyret blev gjort rent af medarbejderne når de gjorde arbejdsstedet rent, inden de gik ud af slusen, hvorefter det blev afleveret til prøvetager. Stationære målinger længere væk fra arbejdsopgaven, også kaldet far-field (FF), blev taget uden for arbejdszonen for at vurdere risiko for spredning af fibre. Placeringen af FF-stationer var meget afhængigt af pladsen og situationen, men det kunne være uden for sluse, ved adgangsveje, i naborum, i tilstødende gangarealer, eller i skurvogn. De fleste målinger blev opsamlet i løbet af ca. 2 timer og 30 minutter, dog således at FF-målinger i og målinger inden arbejdsprocessen blev startet kunne vare længere - op til en arbejdsdag. Målingerne blev typisk dubleret, så de samme positioner blev taget formiddag og eftermiddag, for at have en dobbeltbestemmelse. Under prøveindsamling blev data registreret i skemaet, *Asbestos Form v.3*, det gælder filterdata, persondata, beskrivelse af proces, værnemidler, ventilationsdata mm. Sikkerhedsforhold blev sideløbende registreret med billeder i App'en Safety Observer, som er udviklet af NFA og tilrettet til formålet, se afsnit 7.

Langt den hyppigste opgave var udvendig nedtagning af asbestplader, som vist i Figur 2, derefter indvendig nedtagning af plader og akustiske lofter. Også fjernelse af rørisolering forekom ofte, og ligeledes teknisk isolering med varmerør. Håndtering af fliseklæb fra vægfliser og gulve fik vi også en del målinger af. Som det fremgår ved sammenligning med Tabel 2 lykkedes det at måle ved de fleste, men ikke alle opgavetyper. Vi har ikke målt på tagpap/asfalt, støbe- og vinylgulve, som hører til opgaver, der ikke udføres særligt ofte i Danmark, men ellers er materialerne omfattet.



Figur 2. Udendørs målinger, personbårne og near-field. Pumperne er inde under dragten, så de ikke forurenes under arbejdet.

Karakteristik af den undersøgte bygningsmasse, sikkerhedskulturen og arbejdspladsovervågning

Bygningsmassen har omfattet etagebyggeri af varierende alder, skoler, mange række-huse, private ejendomme, boligblokke, et mejeri, og en affaldsplads. Således er offentlige bygninger i videste forstand overrepræsenteret, hvorimod private virksomheder og bygninger er underrepræsenteret. Vi har fokuseret på arbejdsopgaverne, og ikke karakteren af selve bygningen.

Bygningerne har generelt været i god stand, og der var været tilstrækkeligt med plads til at indrette pladsen tilfredsstillende. Vi har registreret sikkerhedsforhold i Safety observer.

Arbejdspladsernes egne målinger

Et formål med projektet var at sammenligne vores målinger med resultaterne af de målinger, som bygherre/entreprenør selv havde fået foretaget på pladserne. Det viste sig ikke muligt at gøre dette, fordi vi enten ikke fik kendskab eller adgang til egne målinger hos arbejdspladserne, eller fordi der ikke var blevet foretaget sådanne målinger. På plads 10 (hvor vi ikke fik mulighed for selv at måle) og på plads 15 har vi kendskab

til, at der blev lavet måling af renhed på stilladser før nedtagning af disse og sådanne renhedstest har formentlig været udbredte. Det gav ikke mening at bede om at indhente disse måledata idet den sammenligning, der kunne have været relevant i projektet skulle have været foretaget mellem omfanget af asbestfibre konstateret før sneringsopgaven og de målte værdier under arbejdet.

SEM/EDS metoden

De indsamlede prøver blev holdt i deres oprindelige kassetter indtil kort før SEM analyse. Her blev kassetterne skilt ad i et stinkskab og filterne overført til aluminiums filterholdere, der kunne sættes direkte ind i mikroskopet uden yderligere forberedelse. Enkelte filtre blev kasseret allerede ved dette stadie, da de var visuelt overfyldte. Dette kunne typisk ses som et millimetertykt hvidt lag, der dækkede hele filteret. Sådanne filtre kan ikke analyseres i SEM, da man ikke kan adskille individuelle fibre.

De resterende filtre blev analyseret med en Apreo 2C LoVac SEM (Thermofisher Scientific) ved en accelerationsspænding på 20 keV. Billederne blev taget i Optiplan mode med enten Everhart-Thornley (ETD) eller T2 inlens detektorerne. Denne indstilling blev brugt, da den reducerede opladningseffekter, og derved gav højere billedkvalitet. Billeddimensionerne var enten 6144x4376 eller 8192x5632 pixels. Der blev først taget overbliksbilleder af hver prøve med en typisk pixel opløsning på ca. 330 nm/pixel for at vurdere partikeltætheden. På dette stadie var der igen enkelte filtre som blev kasseret grundet for høj partikel tæthed. Ifølge ISO 14966:2019(en) skal filtre kasseret, hvis deres partikeltæthed er over 10%, altså hvis mere end 10% af filteret er dækket af partikler, da man risikerer at overse fibre der ligger under andre partikler. Her afviges fra ISO 14966:2019(en), idet filtre med en dækning på op til 50% blev inkluderet, men med det forbehold, at den rapporterede koncentration vil være en nedre koncentrationsgrænse. Der vil altså være en risiko for, at den reelle koncentration er højere. Resultater fra prøver med høj partikeltæthed blev inkluderet, da de stadig kan påvise koncentrationer over grænseværdien, men ikke nødvendigvis under.

Ifølge ISO 14966:2019(en) skal billeder tages ved en forstørrelse på 2000-2500x. Samtidig dikterer standarden, at analysen pålideligt skal kunne opløse 200 nm objekter, hvilket kræver 4 pixels. For at maximere det afdækkede areal i hvert billede og derved minimere analysetiden, blev der i dette projekt valgt den lavest mulige forstørrelse, som har 4 pixels per 200 nm. Billeder til selve asbestanalysen blev derfor taget ved en forstørrelse på 1000x, hvilket giver en pixel opløsning på 50 nm/px. De genkendte fibre blev herefter undersøgt ved højere opløsning, hvor forstørrelsen blev sat, så den passede til den pågældende fibre. Korte fibre blev derfor undersøgt ved højere opløsning end de længere fibre, som kræver et større synsfelt.

Da man ikke altid visuelt kan skelne mellem fibre af asbest, CaSO_4 , mineraluld, og organiske materialer, skal den visuelle analyse kombineres med energidispersiv røntgen spektroskopi (EDS). Når man analyserer med EDS får man et røntgenspektrum fra det materiale der belyses med elektronstrålen fra mikroskopet. Røntgenspektret har specifikke toppe for hvert grundstof og en intensitet, der afspejler den relative koncentration, og kan dermed bruges til at bestemme grundstofsammensætningen for

fibre og partikler. En UltimMax 65 mm² SDD EDS detektor (Oxford Instruments) blev benyttet til EDS analyse. Spektrene blev optaget med "point and ID" i den medfølgende Aztec software, ved en livetime på 5 sekunder. Aztec softwaren blev også brugt til kvantificering af spektrene for at få den ønskede grundstofsammensætning. Aztec benytter en P/B-ZAF-algoritme til kvantificering. De rapporterede grundstofsammensætninger er dog behæftet med en vis usikkerhed, da røntgenstråler udsendes fra alt, hvad elektronstrålen rammer. Altså kan der være en forskel på de fundne koncentrationer imellem instrumenter og prøver. Derfor blev en klassificerings algoritme lavet specifikt for det benyttede instrument og opsætning. Denne afviger noget fra det klassificerings-eksempel, som er givet i ISO 14966:2019(en). De kriterier, der blev benyttet for at skelne asbesttyper i dette studie, er angivet i Tabel 3.

Grundstof indhold	Si, at%		Mg, at%		Fe, at%		Mg+Fe, at%		Na, at%	
	Nedre	Øvre	Nedre	Øvre	Nedre	Øvre	Nedre	Øvre	Nedre	Øvre
Grænser										
Chrysotil <chem>Mg3Si2O5(OH)4</chem>	30	50	45	70	0	5	50	70	-	
Amosit <chem>(Mg2.1,Fe4.9)Si8O22(OH)2</chem> <chem>Fe7Si8O22(OH)2</chem>	40	57	0	23	20	60	43	60	-	
Anthophyllit <chem>Mg7Si8O22(OH)2</chem> <chem>Mg5Fe2Si8O22(OH)2</chem>	40	57	23	60	0	20	43	60	-	
Actinolit <chem>Ca2Mg4.5Fe0.5Si8O22(OH)2</chem> <chem>Ca2Mg2.5Fe2.5Si8O22(OH)2</chem>	57	70	5	38	5	38	30	43	-	
Tremolit <chem>Ca2Mg5Si8O22(OH)2</chem> <chem>Ca2Mg4.5Fe0.5Si8O22(OH)2</chem>	57	70	25	43	0	5	30	43	-	
Crocidolit <chem>Na2Mg1.5Fe3.5Si8O22(OH)2</chem> <chem>Na2Fe5Si8O22(OH)2</chem>	57	70	0	5	25	43	30	43	5	20

Tabel 3. Oversigt over den anvendte klassificeringsmodel for hver af de 6 forskellige asbestformer. Klassificeringen blev brugt på normaliseret data, så Na + Si + Mg + Fe gav 100%. Den støkiometriske formel for asbest formerne ses i kolonnen til venstre. For nogle af asbesttyperne er der angivet flere formler, da deres indhold af fx jern og magnesium kan variere. Altså kan grundstofindholdet for den givne asbestform findes et sted mellem de to angivne formler.

Det skal bemærkes at især chrysotil kan afvige fra de opstillede kriterier, da disse fibre er meget tynde og tit ses i forbindelse med andre partikler. De kan derfor have et signifikant røntgenbidrag fra omgivelserne. Disse fibre blev ofte klassificeret både ud fra sammensætning men også visuelt, hvor de tynde og bøjelige serpentinfibre (chrysotil) adskiller sig visuelt fra de lige og typisk lange amfiboler (amosit, actinolit, anthophyllit, tremolit, og crocidolit).

De fibre, der blev identificeret som asbestfibre, blev målt i forhold til deres længde og bredde og talt i forhold til tællereglerne beskrevet i DS 2169. Her accepteres fibre kun, hvis de opfylder WHO fiberkriterierne, som dikterer en længde på over 5µm, en bredde under 3µm, og et længde:bredde forhold på 3:1. Samtidigt er det angivet, hvordan krydsende og filtrede fibre skal tælles. I dette studie har vi markeret fibre enten som enkelte eller som clusters, for at skelne mellem frie fibre og fibre som er filtret sammen. Clusters er primært relevant for Chrysotil. De fysiske målinger blev foretaget enten i Aztec softwaren, med ImageJ, eller med FibreDetect, som er et program udviklet til fibermålinger af Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA). Fibre der ikke opfyldte WHO fiberkravene, blev ikke inkluderet ved beregning af luftbårne koncentrationer. Luftbårne koncentrationer blev bestemt ud fra antal fundne WHO asbestfibre (n), som anvist i ISO 14966:2019(en).

$$c = \frac{n}{N * V_B}$$

Hvor c er den luftbårne fiberkoncentration i fiber/m³, N er antallet af billeder der er blevet analyseret, og V_B er det volumen luft der har passeret gennem det filter areal som afdækkes i ét billede, hvilket kan beregnes via:

$$V_B = \frac{4 * F * V}{\pi * D^2}$$

Hvor F er arealet som afdækkes i ét billede angivet i mm², V er det volumen luft som er gået gennem hele filteret under opsamling, og D er den effektive eksponerede diameter af filteret i mm.

Det nødvendige antal billeder (N_{min}) der skal tages fra hver prøve, for at man med 95% sikkerhed kan sige, at asbestkoncentrationen er under grænseværdien, blev beregnet før hver analyse. Dette kan gøres ud fra de ovenstående ligninger ved at sætte c til grænseværdien (c_{lim}) på 0,003 fiber/cm³, sætte n = 3, og isolere for N, som beskrevet i ISO 14966:2019(en):

$$N_{min} = \frac{3}{c_{lim} * V_B}$$

Analysen blev stoppet før N_{min} var nået, hvis man med 95% sikkerhed kunne sige, at asbestkoncentrationen var over grænseværdien for den gældende prøve. Dette kan bestemmes, som beskrevet i ISO 14966:2019(en), ud fra ligningen:

$$N_A = \frac{3 * c_{lim} * V_s}{F_A}$$

Hvor N_A er antallet af asbest fibre der skal tælles for at man kan stoppe analysen før N_{min} er nået, V_s er det opsamlede luftvolumen per filter areal, og F_A er en konstant på 100 cm⁻². Dog blev alle billeder færdiganalyseret, hvis først påbegyndt, også selvom N_A blev opnået undervejs i analysen af det enkelte billede. Fra prøverne med højt asbest indhold blev et minimum af 5 billeder analyseret svarende til et areal på 0,115 mm² eller 0,02% af filteret.

Med andre ord består analysen af optagede SEM-billeder, der visuelt inspiceres for fibre, som kunne være asbest. Herefter udføres EDS analysen for at få grundstofsammensætningen, som ved sammenligning med de kendte støkiometriske formler for asbest, kan be- eller afkræfte, hvorvidt det er en asbestfiber. De verificerede asbestfibre

måles i forhold til længde og bredde for at bestemme om de opfylder WHO asbestkriterierne. Antallet af identificerede WHO-fibre bliver herefter brugt til at beregne koncentrationen i den testede luft. Der inkluderes et tilstrækkeligt antal billeder eller tilstrækkeligt antal asbest fibre i analysen til at kunne sige med 95% sikkerhed, om prøven er over eller under grænseværdien.

6 RESULTATER - ASBEST I LUFTEN

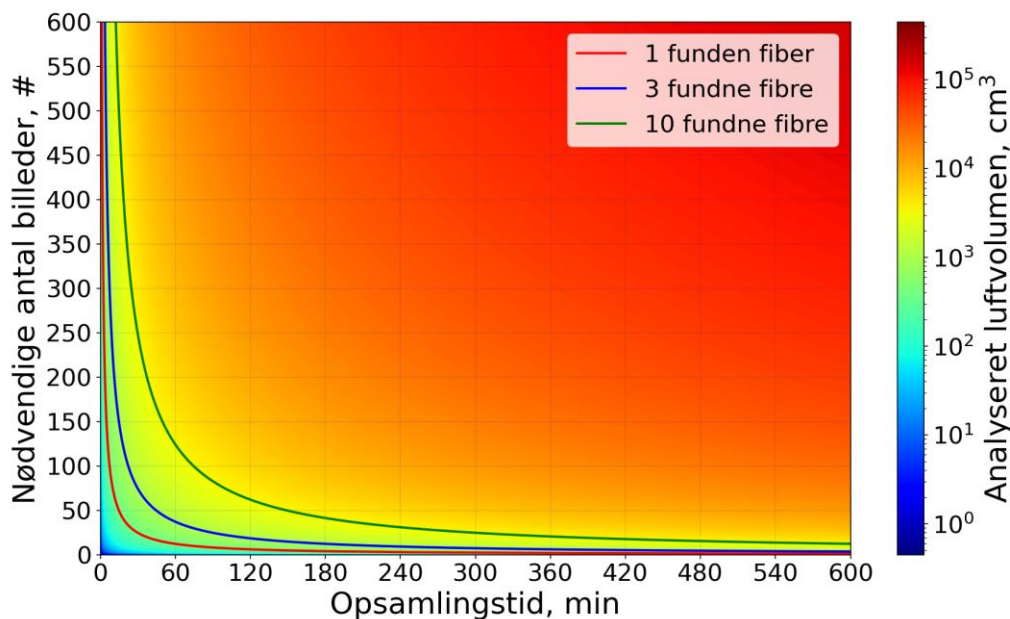
Prøveopsamling

De 257 prøver, hvis opsamlingssteder er vist i Tabel 2, fordeler sig på:

- 116 personbårne
- 64 near-field
- 74 far-field
- 3 ikke oplyste.

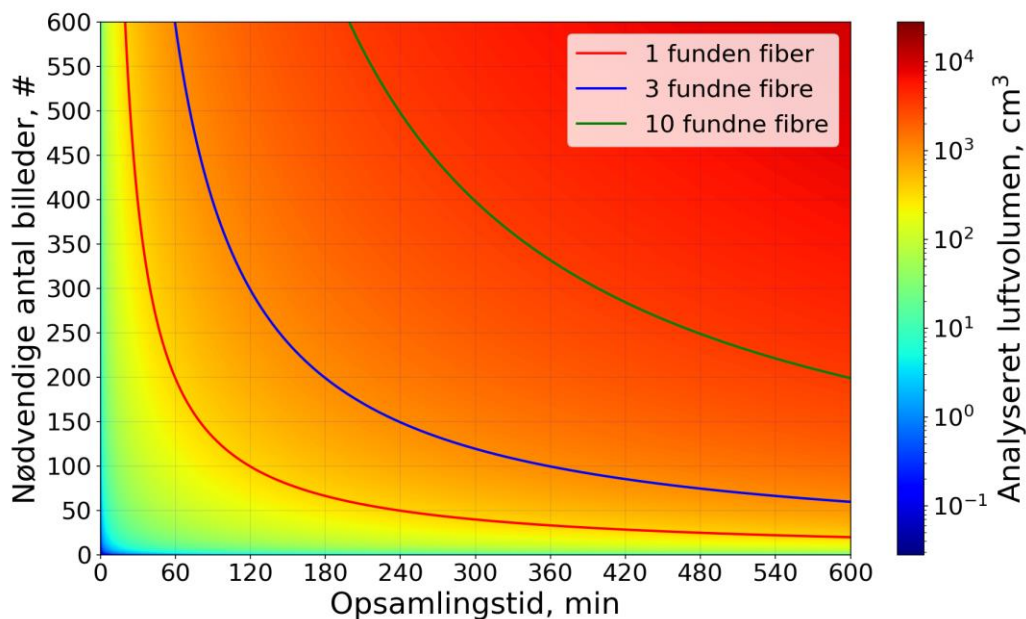
Ud af de i alt 257 filterprøver, blev 8 kasseret pga. tekniske problemer, en blev kasseret pga. inhomogen partikeldeponering, mens 29 blev kasseret fordi de var overloadede. I alt var således 219 opsamlede prøver egnede til analyser som beskrevet i afsnittet "SEM analyser".

En af udfordringerne ved at bruge luftprøver til opsamling af asbest, som blev klargjort i løbet af projektet, er at finde den optimale opsamlingstid/volumen for prøverne. Dette er en svær balance mellem at få nok partikler og fibre på filtrene, men uden at overloade dem. Samtidigt, hvis der opsamles for kort tid (eller for lille volumen), skal man tage et stort antal billeder for at analysere et tilstrækkeligt luftvolumen, så man med 95% sikkerhed kan konkludere om asbest koncentrationen er over eller under grænseværdien. Man skal derfor sample så længe som muligt, men uden at overloade filteret, hvilket er meget udfordrende, da man ofte ikke har kendskab til antal og størrelsen af partikler og fibre i det opsamlede støv. For at visualisere udfordringen er der i Figur 3 vist et plot over antal billeder, der skal analyseres som funktion af opsamlingstiden ved et flow på 1.9 l/min.



Figur 3. Plot over antal billeder der skal analyseres som funktion af opsamlingstid, gældende for 8k billeder med en pixelstørrelse på 50 nm/pixel og et opsamlingsflow på 1.9 l/min.

Fra Figur 3 ses det, at man ved korte opsamlingstider på under 1 time, skal analysere mindst 35 billeder for at finde 3 asbestfibre (den blå linje), så man med 95% sikkerhed kan bestemme om asbest koncentrationen er over eller under grænseværdien. Figuren viser hvordan det nødvendige antal billeder kan reduceres ved at forlænge opsamlingstiden, men dette er ikke altid en mulighed, især på særligt støvede arbejdspladser, hvor filteret hurtigt overloads. Sådanne arbejdspladser er typisk i byggebranchen, hvilket er netop hvor asbestmålinger er relevante. Derudover er det ofte almindelig praksis at mindske usikkerheden yderligere, så man analyserer et filter område svarende til at finde 10 i stedet for 3 fibre. Dette skyldes, at analysen indeholder en del usikkerheder ift. opsamling og i valget af de tilfældige områder, der udvælges i analysefasen. Hvis dette er tilfældet, skal man i stedet kigge på den grønne kurve for 10 fundne fibre i Figur 3. For at tilfredsstille en god statistisk pålidelighed skal man altså analysere et noget større filterareal, således at man ved opsamling under en time (sv.t. op til 114 L ved 1.9 L/min) skal analysere mindst 100 billeder.

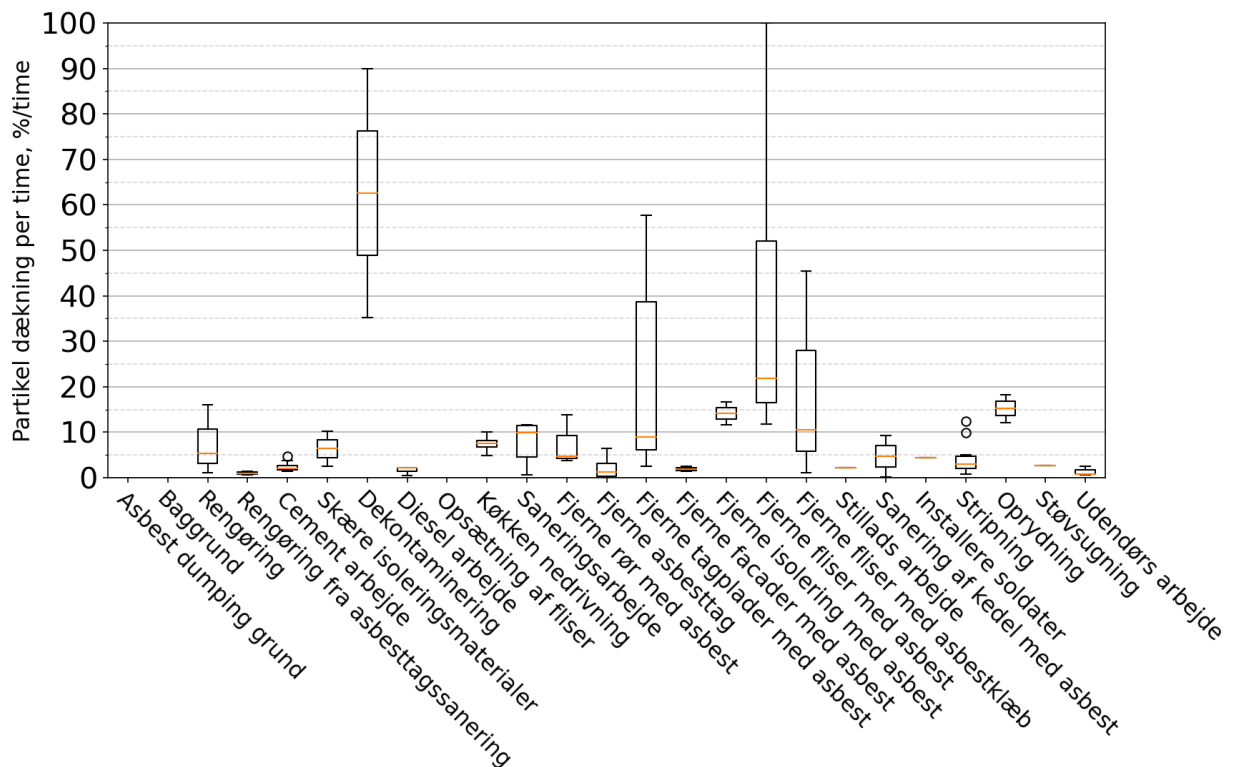


Figur 4. Plot over antal billeder der skal analyseres som funktion af opsamlingstid, gældende for 8k billeder med en pixel størrelse på 12.5 nm/pixel og et opsamlingsflow på 1.9 l/min.

Hvis man evt. skal måle asbestkoncentrationer baseret på tyndere fibre, som er angivet som mulighed i EU [Direktivet 2023/2668](#) [18], vil der være behov for at øge forstørrelsen. Antages det at man skal måle asbestfibre med en tykkelse ned til 50 nm vil det kræve, at pixelopløsningen sænkes til 12.5 nm/pixel. Det vil reducere synsfeltet per billede med en faktor 16, og dermed også øge det nødvendige antal billeder per prøve tilsvarende, som vist i Figur 4. Her ses det, at man ved en times opsamling skal analysere over 560 billeder for at finde 3 fibre og derved kunne bestemme, om det opsamlede støv har en asbest koncentration der er over eller under den gældende grænseværdi på 0,003 fibre/cm³. Dette vil gøre analysen så tidskrævende, at en automatiseret tilgang er nødvendig ved brug af fx kunstig intelligens/AI til fibergenkendelse. Herved kan analysen køre automatisk udenfor almindelig arbejdstid, og brugere vil kunne vurdere resultaterne samt bruge mikroskopet i dagtimerne. Det vil dog kræve yderligere udvikling før fuld- eller semiautomatiserede arbejdsprocesser er helt færdigudviklede. Samtidigt vil inklusionen af tyndere fibre stille høje krav til analyseudstyret, eftersom ikke alle SEM'er kan generere skarpe billeder ved en pixelopløsning på 12.5 nm/pixel. Altså vil analysen kræve en højkvalitets analytisk SEM. Det skal dog bemærkes at EU [Direktiv 2023/2668](#) [18] kun påtænker måling af fibre tyndere end 200 nm, hvis man sætter en højere grænseværdi på 0,01 fibre/cm³. Det er vigtigt – men udenfor dette projekts formål - at afklare, hvad det betyder ift. eksponeringsmålingen og forebyggelsen at inkludere asbestfibre tyndere end 200 nm samt acceptere en højere grænseværdi på 0,01 fibre/cm³ fremfor at fastholde den lavere grænseværdi og kun inkludere fibre med diametre mellem 200 nm og 3 µm, som også beskrevet i EU [Direktiv](#)

[2023/2668](#) [18]. Endvidere er det vigtigt at identificere, om den mulige forskel i måleprincip og fiberstørrelser medfører en betydelig forskel i den toksikologisk vurdering og hermed den helbredsbaseerede grænseværdi.

Som nævnt kan det være problematisk at opsamle over længere perioder (og dermed opsamle store volumener), da man risikerer at overloade filtrene. For at visualisere denne effekt, samt kortlægge hvilke processer i dette projekt, der er mest støvende, viser Figur 5 et box-plot over partikeldækningen per time inddelt efter de undersøgte



Figur 5. Et plot over partikeldækning som funktion af opsamlingsstid for arbejdsprocesser inkluderet i dette studie, samt yderligere 52 filtre fra en stor nedrivningsplads med aktiviteter uden asbest mistanke. Data er fra personbårne filtre, som er opsamlet under aktivitet. Aktiviteter uden data skyldes, at der her ikke blev udført personbårne målinger, men alene NF- eller FF-målinger.

arbejdsprocesser. Her blev der kun inkluderet personbårne filtre under aktivitet. Partikeldækningen blev målt vha. en "global threshold" billedanalyse, hvor intensiteten for filterbaggrunden er brugt som værdi for det ueksponerede filter og værdier over denne tærskel klassificeres som partikeldækning. Herefter blev det beregnet, hvor stor en andel af billedet, der var genkendt som partikler. Her skal det dog nævnes, at partikeldækning ikke er en lineær parameter. Det vil sige, at de første partikler der deponeres, får dækningen til at stige, mens partikler, der deponeres senere, kan lande ovenpå tidligere opsamlede partikler og derved ikke bidrage til dækningen. Det betyder at dækningsgraden øges langsommere, jo højere den er. Ikke desto mindre, kan man fra

Figur 5 få et overblik over, hvilken type arbejde, der giver anledning til høje støv niveauer, og som derfor kræver korte opsamlingstider.

Desuden er der enkelte af arbejdsprocesserne, som foregår udendørs, og som derfor har en meget lav dækning per time heriblandt fjernelse af facader og tag med asbestholdige plader.

Figur 5 skal ses i henhold til ISO 14966:2019(en)⁵, der dikterer, at filtre skal kasseres, hvis mere end 10% er dækket af partikler. Man vil altså ifølge denne ISO standard skulle opsamle betydeligt kortere end 1 time for de mest støvende arbejdsprocesser inkluderet i dette studie, dvs. ved dekontaminering, fjernelse af tagplader med asbest, fjernelse af isolering med asbest, samt fjernelse af fliser med asbest eller med asbestklæbemiddel. I så støvende miljøer, kan det være nødvendigt at reducere opsamlingstiden helt ned til 10-15 minutter for ikke at overloade prøven. Ligeledes, skal opsamling under mange af de andre arbejdsprocesser begrænses til 1-2 timer for ikke at komme over en partikeltæthed på 10%. Opsamlingstider i dette niveau, vil som tidligere nævnt, give anledning til en lang analyse tid, da det nødvendige analyseareal udgør en stor del af hele filteret. Erfaringerne fra dette projekt viser, at det er nødvendigt i fremtiden at automatisere metoden ved luftbårne målinger fx ved brug af kunstig intelligens/AI, for at reducere den tid analysen tager, hvilket vil mindske det arbejdspresset den lægger på analyselaboratorier.

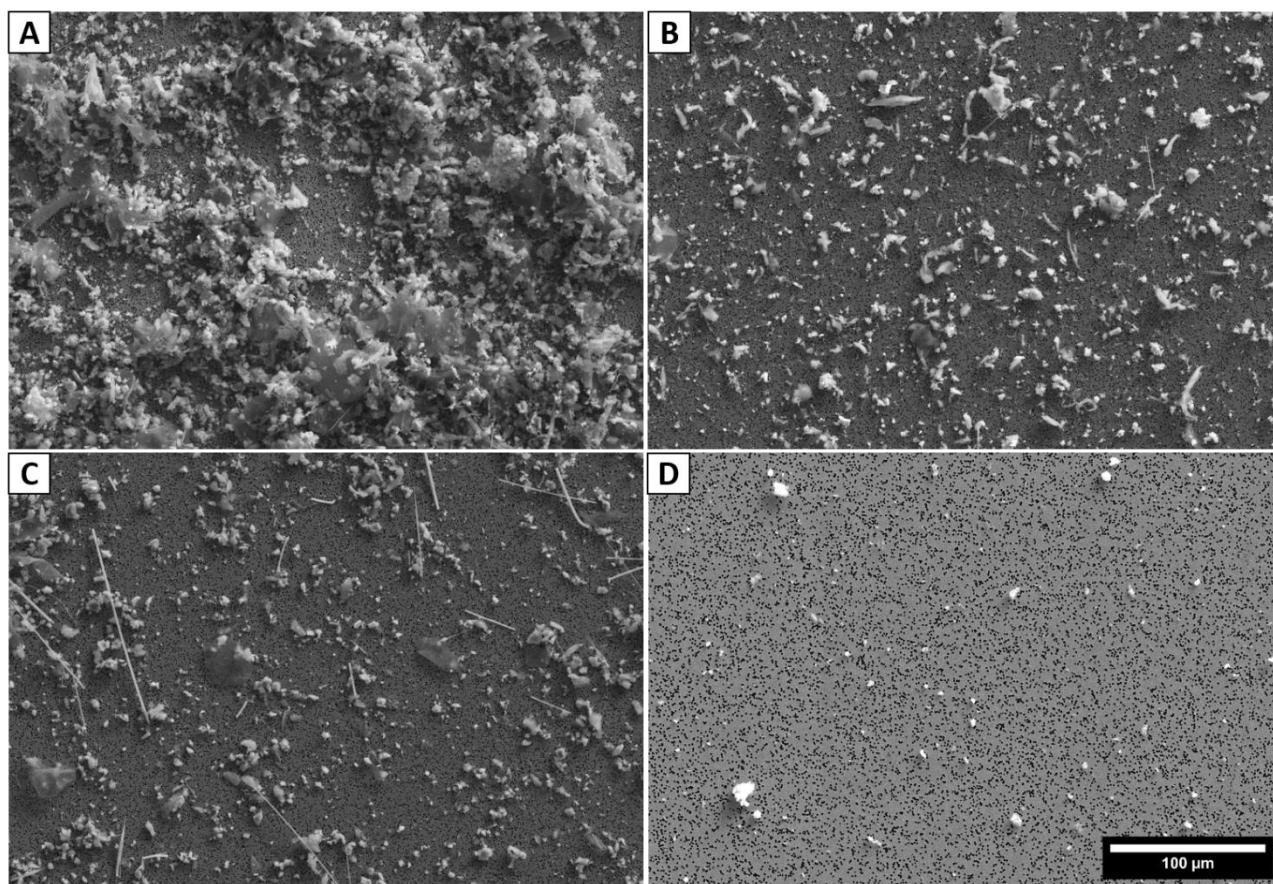
SEM analyser

Af de 219 analyserede prøver blev der i alt taget 7685 billeder ved 1000x opløsning og omkring 1500 billeder med høj opløsning. Der blev optaget 10365 spektre, som resulterede i 924 genkendte asbestfibre, hvoraf 691 fibre var inden for WHO-fiberdefinitionen.

Figur 6 viser fire billedeksempler, som er taget fra filterprøver opsamlet på fire forskellige arbejdspladser i projektet. De er alle taget ved 1000x opløsning, som svarer til en pixel opløsning på 50 nm per pixel. Det er denne opløsning, som blev brugt til identifikation af potentielle asbestfibre, som herefter blev undersøgt ved højere opløsning og med EDS analyse for at verificere, hvorvidt der var tale om en WHO-asbestfiber.

⁵ ISO 14966:2019-Ambient air-Determination of numerical concentration of inorganic fibrous particles

Billede A er taget fra en filterprøve som blev opsamlet under arbejde med fjernelse af asbestholdige tagplader. Prøven har en partikeldækning på 65% til trods for en relativ kort opsamlingstid på 1 time og 40 minutter. Billede B er taget fra en filterprøve opsamlet under fjernelse af asbestholdigt isoleringsmateriale. Prøven har en partikeldækning på 20%, og er opsamlet i 2 timer og 30 minutter. Prøve C er taget under nedpakning af et asbestsaneringstelt efter et projekt, hvor der blev fjernet asbestholdige tagplader. Prøven har en partikeldækning på 16%, og blev opsamlet på 1 time og 51 minutter. Prøve D er en baggrundsprøve, der blev opsamlet udendørs. Prøven har en dækning på kun 2% til trods for at opsamlingstiden var på i alt 24 timer og 6 minutter. Der kan findes en fuld oversigt over parametre fra alle de opsamlede prøver i bilag 1.

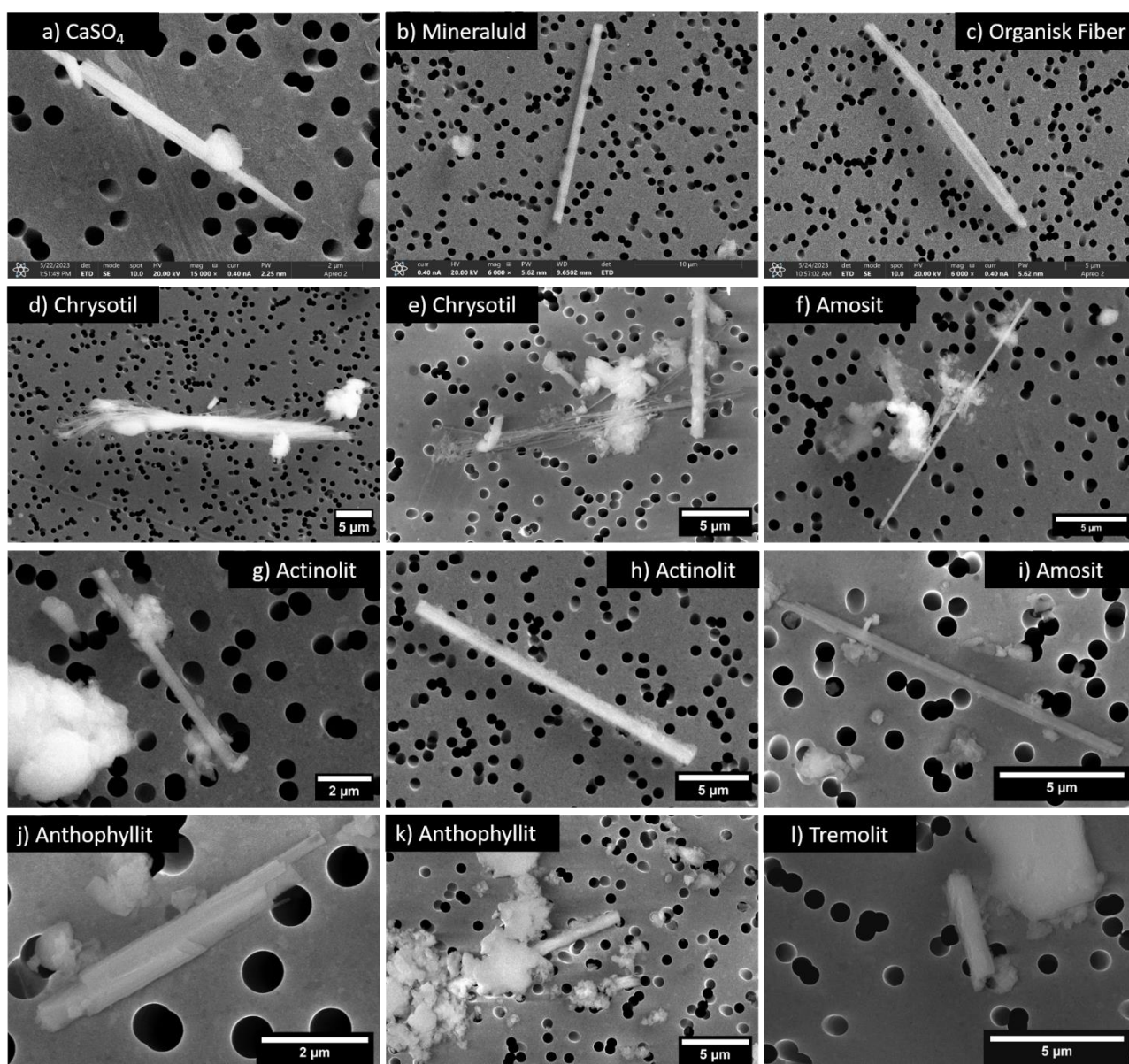


Figur 6. Billedeksempler fra 4 filtre opsamlet fra 4 forskellige arbejdspladser. Billederne er alle taget med ETD detektoren i optiplan mode ved 20 keV og en pixelopløsning på 50 nm/pixel.

Ud fra billedserien i Figur 6 ses størstedelen af det spænd af partikeltætheder, som blev fundet på de opsamlede filtre i projektet. Prøver som den i billede A, må kasseres pga. overload. Der vil ved så høj partikeltæthed være en stor risiko for, at asbestfibre bliver overset, fordi de ligger under andre partikler. Samtidigt kan det ses, at grænsen på 10% partikeldækning, som er den angivne grænse i ISO 14966:2019(en), er en ret konservativ grænse. Man vil sagtens kunne adskille og genkende fibre på både billede B og C, selvom vi ved billede B nærmer os en øvre grænse for, hvornår enkelte fibre med sikkerhed kan adskilles. Vi valgte som anført at inkludere analyser på filtre med

en dækning helt op til 50%. For pålidelige resultater bør grænsen nok efter erfaringerne i dette projekt sættes lavere fx omkring 20% eller 30%. Ikke desto mindre vil det tillade længere opsamlingsstider end sv.t ISO 14966:2019(en) standarden, og derved tillade at nedsætte analysetiden.

Det ses ydermere på billede B og C i Figur 6, at der er mange fibre på en stor del af prøverne. Det er dog ikke garanteret, at en identificeret fiber er asbest, da både gips (CaSO_4), mineraluld, kobber, zink, og organiske fibre kan forekomme. Især gipsfibre og mineraluld er meget almindelige typer i byggebranchen, hvilket tydeliggøres af, at af de 10365 spektre der blev optaget i løbet af projektet, viste kun 924 sig at være asbestfibre. Ydermere var de mange optagede spektre kun taget fra potentielle asbestfibre, og ikke fra alle fundne fibre, eftersom en del var frasorteret visuelt inden EDS



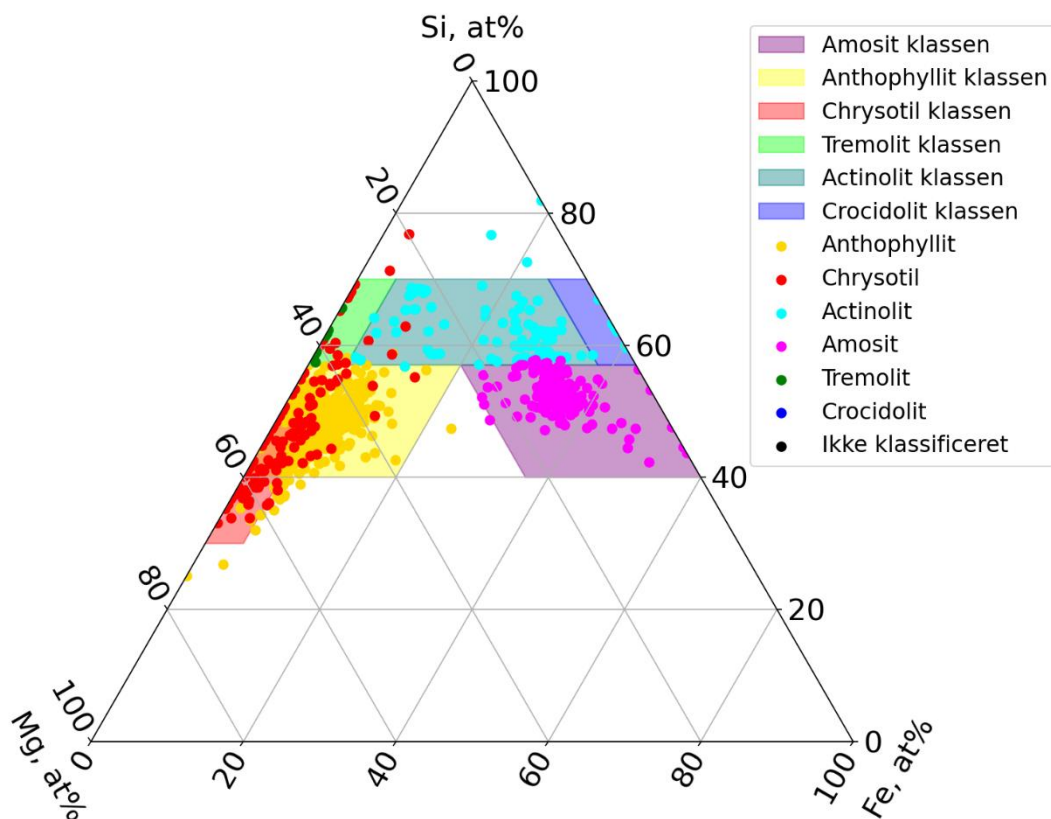
Figur 7. Eksempler på højopløsningsbilleder af forskellige fiber typer fundet i projektet. Alle billederne er taget ved 20 keV.

analyse. Der er vist eksempler på højopløsningsbilleder taget af en CaSO_4 , mineraluld, og organisk fiber i den øverste række af Figur 7. De 3 nederste billedrækker i Figur 7 viser eksempler på højopløsningsbilleder af de fem forskellige asbesttyper, som blev fundet i dette projekt: chrysotil, amosit, actinolit, anthophyllit, og tremolit.

Ud fra billederne i Figur 7, kan man se, at det ikke altid er muligt at skelne mellem fibertyper baseret på visuel inspektion alene. Især CaSO_4 og mineralulds fibre kan i mange tilfælde ligne asbestfibre visuelt i SEM. Det ses yderligere, at der selv inden for asbestkategorien kan være stor variation i udseendet. Den største forskel er mellem den serpentine asbestform, som er bøjelig og tit består af meget tynde fibre, der er filtret sammen, og så amfibolerne, der primært ses som helt lige og lange fibre, som kan spalte og knække til tyndere fibre.

Energidispersiv Røntgen (EDS) Analyse

For at kunne verificere, hvorvidt en identificeret fiber er asbest, skal den undersøges ved EDS analyse. EDS analysen giver som tidligere nævnt et røntgenspektrum med grundstofs-specifikke emissionslinjer eller toppe, som man kan kvantificere for at få grundstofsammensætningen i det analyserede område. Denne sammenlignes med de



Figur 8. Ternært plot over silicium-, magnesium-, og jern-indholdet i de 924 genkendte asbestfibre. Indholdet af de tre grundstoffer er normaliseret til 100%, så alle andre detekterede grundstoffer er ekskluderet. Sammensætningerne der svarer til de forskellige asbesttyper er også markeret.

kendte støkiometriske formler for asbest. Herfra kan det bestemmes om fiberen er asbest eller en af de andre fibertyper. Man kan samtidigt skelne mellem de forskellige asbesttyper, og denne proces kan automatiseres ved at bruge et klassifikationskema som det, der er brugt i Tabel 3. Klassifikationskemaet er visualiseret i Figur 8, hvor der ses et ternært plot over silicium-, magnesium-, og jern-indholdet i de 924 genkendte asbestfibre. Grundstofsammensætningerne er normaliseret til 100% for Si, Mg, og Fe. Man kan altså ikke se, hvilke andre grundstoffer som også blev identificeret fra spektret. Fx vil der typisk være C og Au fra selve filteret, Ca fra de omkringliggende partikler og evt. et svagt Al-signal fra selve mikroskopet eller filterholderen.

Det ses fra Figur 8, at de identificerede asbestfibre grupperes i forskellige områder mht. Si-, Mg-, og Fe-indhold, som et klart bevis på tilstedeværelsen af forskellige asbestformer. I dette projekt blev der fundet 5 ud af de 6 kendte asbesttyper. Crocidolit blev ikke fundet på nogle af prøverne. Selvom enkelte fibre ligger i det relevante Si-, Mg-, og Fe-niveau, så gav disse ikke det nødvendige Na-signal for crocidolit. Det ses yderligere fra figuren, at ikke alle asbestfibre ligger inden for deres afmærkede områder. Dette skyldes at spektrene typisk får signal fra de omkringliggende områder, hvorfor de kan afvige fra de forventede sammensætninger. For de afvigende fibre, hvilket som oftest var chrysotil, er der lavet manuelle vurderinger, hvor det omkringliggende miljø er taget med i klassifikationsvurderingen.

For at undersøge sammenhænge imellem asbesttype og arbejdsopgave, er der i Tabel 4 vist en oversigt over antallet af hver asbesttype, som blev fundet på filtre opsamlet fra de 15 forskellige sites.

Site – Beskrivelse af aktivitet	Totale antal filtre	Filtre med asbest	Antal asbest fibre	Chrysotil	Amosit	Anthophyllit	Actinolit	Tremolit
1. Fjerne asbestholdige facadeplader	10	4	10	80%	20%			
2. Fjerne asbestisolering ved lysninger	11	4	10			60%	30%	10%
3. Fjerne asbestholdige loftsplader	10	6	105		60%	1%	39%	
4. Fjerne asbesttag	12	6	23	91%	4,5%		4,5%	
5. Fjerne asbestholdige loftsplader	5	3	19	69%	26%			5%
6. Fjerne fliser med asbest	5	2	11			100%		
7. Fjerne asbestholdige facadeplader	9	8	28	43%	14%	7%	36%	
8. Rengøring efter asbesttagssanering	6	3	7	43%	14%	29%		14%
9. Fjerne rørføring med asbest	11	5	19	11%		89%		

10. Kampagne aflyst							
11. Sanering af kedel og rør med asbest	7	5	20	5%	80%	5%	10%
12. Fjerne fliser med asbestklæb	39	23	506		1%	95%	3% 1%
13. Asbestaffaldsplads	9	0	0				
14. Fjerne asbestholdige loftsplader	11	7	86	100%			
15. Fjerne rørføring med asbest	7	6	82	1%	67%		32%

Tabel 4. Oversigt over det totale antal prøver, antal filtre med asbestfibre, antal detekterede asbestfibre, samt den procentmæssige fordeling af detekterede asbesttyper fra hvert site. Tabellen inkluderer både WHO-fibre og dem som falder uden for definitionen. Den hyppigst forekommende asbesttype fra hvert site er markeret med gråt.

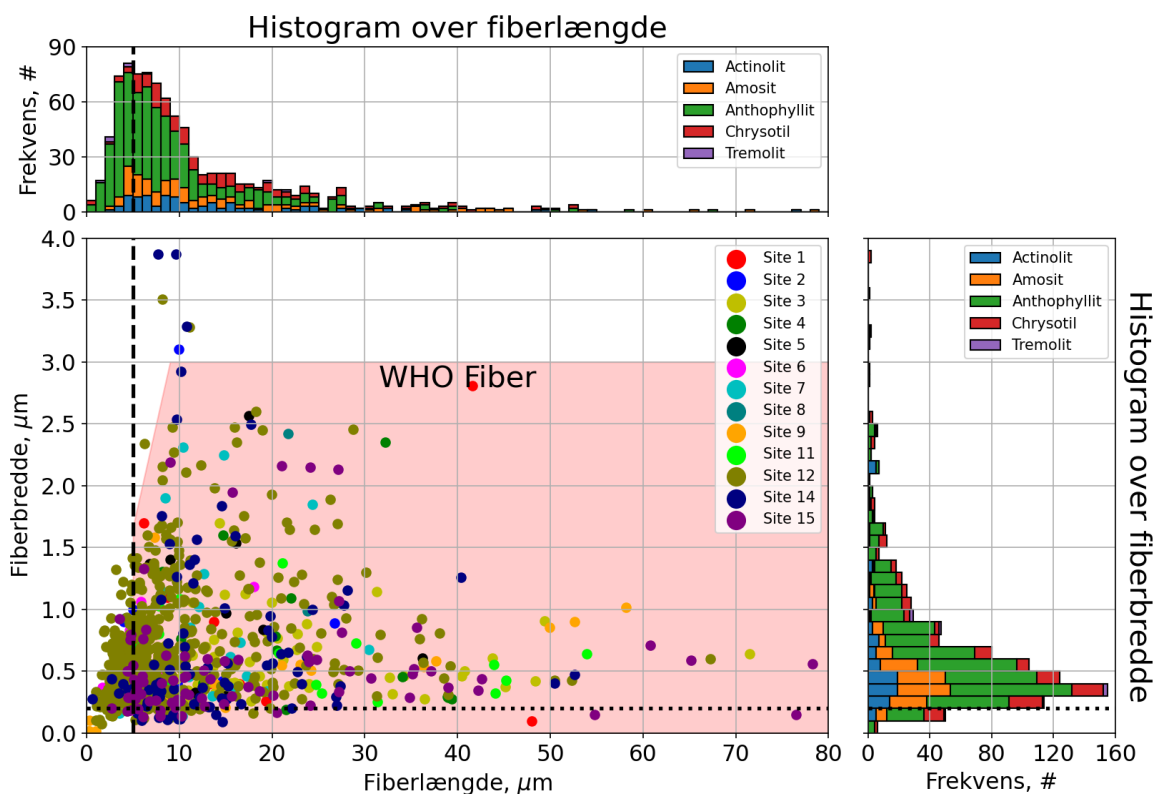
Ud fra tabellen ses det, at chrysotil var den hyppigst forekommende asbest form, da den blev fundet som den primære asbesttype på 6 ud af de 13 sites, hvor der blev fundet asbest. Dette stemmer overens med, at chrysotil i litteraturen er angivet som den mest anvendte asbestform. Det vurderes, at chrysotil udgør ca. 89%, amosit 10% og crocidolit 1% af den anvendte asbest i Danmark[19].

Chrysotil var dog ikke så dominerende i vores prøver som forventet. Dette kan skyldes, at visse asbesttyper saneres hyppigere end andre og at projektets formål om at dække så mange typer af asbestsaneringsopgaver i dette projekt har betydet inklusion af sjældnere forekommende asbesttyper. Anthophyllit var dominerende på 4 sites, hvilket er meget overraskende. Anthophyllit er i litteraturen angivet, som en meget sjælden asbestform, der kun i begrænset omfang har været kommercialiseret udenfor Finland, hvor den forekommer naturligt og har været brugt i århundreder[19,20]. Amosit var den primære asbesttype på 3 sites, hvilket stemmer overens med, at amosit har udgjort ca. 10% af den benyttede asbest i Danmark[19]. Actinolit og tremolit var til stede på mange sites, men aldrig som de mest hyppige former. Endeligt ses det, at der på nær site 14, altid blev fundet adskillige asbesttyper på alle sites. Dette stemmer overens med, at der næsten altid vil være spormængder af flere typer i de udvundne asbestminerale og derfor også i de materialer, som er fremstillet af asbest.

Hvis man sammenholder aktivitet og den hyppigst fundne asbest type, peger dette projekt på, at chrysotil primært findes i tag- og facadeplader samt i loftsplader, dvs. i produkter, som almindeligvis stammer fra Dansk Eternit Fabrik. Anthophyllit synes at være hyppig i asbestholdige fliser og fliseklæb samt i rør- og kedelisolering. Amosit dominerede ved nogle opgaver med at fjerne rør- og kedelisolering men blev også fundet ved fjernelse af loftsplader.

Ud over analyser af den elementære sammensætning, blev der også målt længde og bredde på samtlige af de 924 genkendte asbestfibre. Disse målinger blev udført manuelt. Især for chrysotilfibre kan der være en del usikkerhed, eftersom de typisk findes i bundter af meget tynde fibre. Et eksempel på en udfordrende fiber kan ses på

billede e) i Figur 7. I Figur 9 er længden og bredden for alle 924 asbestfibre plottet og farvet efter sites, mens der øverst ses et histogram over fiberlængde og til højre ses et histogram over fiberbredde fordelt på asbesttyper. Dette er vist for at undersøge potentielle sammenhænge mellem asbesttyperne og deres dimensioner, samt mellem arbejdsopgaverne og fiberdimensionerne.



Figur 9. Plot over de målte fiberlængder og bredder fordelt på filteropsamlingsstederne. I hovedfiguren er med rødt markeret området, som opfylder kravene for en WHO-fiber og der er med den stiplede sorte linje angivet en længde på 5 μm som er mindstegrænsen for WHO-fibre. Den prikkede sorte linje angiver en bredde på 200 nm, som er grænsen for, hvad der pålideligt kan opløses ved en pixelopløsning på 50 nm/pixel. Øverst ses et histogram over de målte fiberlængder fordelt i 100 forskellige længder fra 1-100 μm , mens farverne angiver asbesttyperne. Her er 5 μm grænsen også angivet som en sort stiplede linje. Til højre ses et histogram over de målte fiberbredder fordelt på 40 fiberbredder fra 0-4 μm . Også her angiver farverne asbesttyperne og den prikkede sorte linje 200 nm grænsen for, hvad der pålideligt kan ses ved 50 nm/pixel opløsning.

Der er ikke umiddelbart nogen trend at se, når man sammenligner asbestlængde- og breddemålene fra de forskellige sites. Det er muligt at enkelte sites har flere lange og tynde fibre end andre, men der er ingen synlig tendens og det er ikke testet statistisk.

Ud fra histogrammet til højre over fiberbredde ses det, at den mest forekomne bredde samlet set er mellem 300-400 nm. Denne trend er ens for alle de fundne asbesttyper. Det ses samtidigt, at den anvendte billedopløsning på 50 nm/pixel er velegnet til analysen, da hyppigheden falder markant ved mindre bredder end ved toppen på 300-400 nm. Det betyder, at analysen primært risikerer at overse fibre i den nedre hale af fordelingen, som samlet set udgør en mindre del af det totale antal fibre. Dette kan dog ikke bekræftes endeligt ud fra dette studie, da der ikke er ledt efter tyndere fibre, hvor især enkelte chrysotil fibriller kan være overset. Som nævnt tidligere vil det lægge et signifikant pres på analysen, hvis fibre med en tykkelse helt ned til 50 nm skal omfattes af grænseværdien, da analysetiden vil stige med en faktor 16 i forhold til den anvendte opløsning på 50 nm/pixel.

Endeligt ses det ud fra histogrammet øverst over fiberlængder, at den hyppigste asbestfiberlængde er på ca. 5 μm . Det er især anthophyllit der dominerer blandt de kortere fibre, selvom de også forekommer som længere fibre. Chrysotil ses stort set udelukkende som fibre med en længde over 5 μm , og typisk i bundter af tyndere fibriller, men som nævnt tidligere er disse mål behæftet med en del usikkerhed. Kun enkelte amosit- og actinolit fibre blev fundet med en længde under 4 μm , mens langt de fleste havde en længde over 5 μm . Overordnet set, så ligger WHO-grænsen for asbestfibre (>5 μm) i midten af længdefordelingen fundet i dette projekt.

Der er indikationer på, at korte asbestfibre er mindre skadelige end de længere, selvom det ikke kan udelukkes, at kortere fibre kan have skadelige effekter[21,22]. Længdegrænsen fastsat af WHO er begrundet primært i detektionsgrænsen for lysmikroskopi og ikke i grænsen for helbredseffekter[23] og det er uvist hvor meget kortere end 5 μm asbestfibre skal være før skadevirkningen aftager.

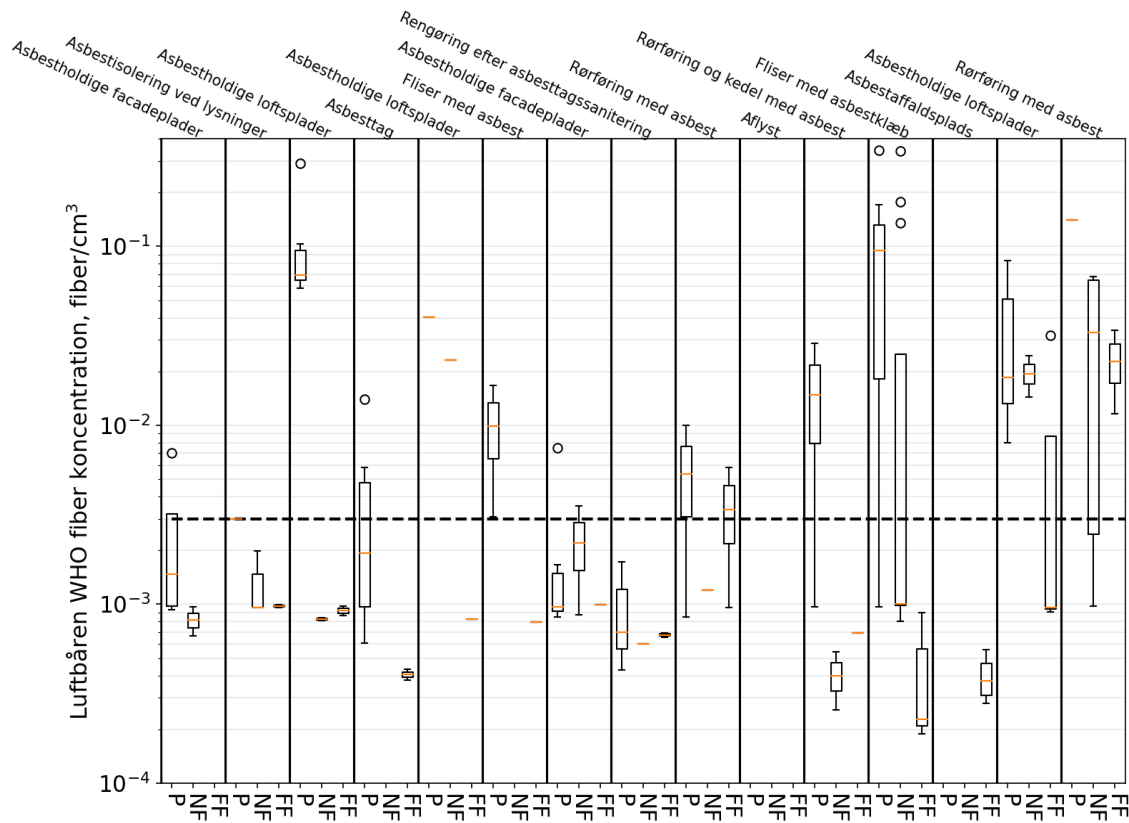
Det kan være nødvendigt at tage såvel helbredseffekter som målte længdefordelinger med i overvejelserne, når definitionen på fiberlængde skal fastlægges. Optimalt set, bør grænsen ligge enten i den øvre eller nedre hale af fordelingen, for enten at inkludere eller ekskludere størstedelen af fibrene. Dette projekt er for lille til repræsentativt at kunne vise størrelsesfordelingen for asbestfibre ved renoveringsopgaver og der er behov for yderligere studier, hvis disse skal bruges til at fastsætte definitioner af asbestfibre ved brug af SEM.

Asbestkoncentrationer i luften

Luftkoncentrationer blev beregnet for hvert analyseret filter ud fra det fundne antal asbestfibre, det analyserede område og opsamlingstiden, som beskrevet tidligere. I denne beregning blev der kun inkluderet fibre, som lå inden for WHO-definitionen.

Der blev for sites 1, 2, 4, 9, 11, og 12 opsamlet prøver før saneringsaktivitet, men disse viste ingen asbestfibre. Dette indikerer, at asbestfibrene, som forventet, først bliver frigivet, når materialet forstyrres eller kompromitteres under saneringsarbejdet.

I Figur 10 ses et boxplot over de beregnede luftkoncentrationer for hvert af de 15 sites opdelt på personbårne (P), NF, og FF prøver. Koncentrationerne er beregnet udelukkende på filtre opsamlet under asbestsanering.



Figur 10. Box-plot over de beregnede luftkoncentrationer af WHO-fibre for alle de personbårne (P), near-field (NF), og far-field (FF) filter prøver fordelt på de 15 sites. Alle inkluderede prøver er opsamlet under asbestsanering. Den stiplede sorte linje viser grænselværdien på 0,003 f/cm³

Af de 14 lokaliteter, hvor der blev foretaget målinger, blev der fundet asbestfibre på de 13. Den ene lokalitet, hvor der ikke blev fundet asbest, var på en modtageplads for asbestaffald (site 13). Her blev der til gengæld opsamlet i længst tid, 6 t: 40 min ved alle positioner. Der er dog i Figur 10 angivet en luftkoncentration, da man med analysemetoden ikke kan bevise, at koncentrationen er nul. Man kan i stedet kun bestemme en nedre koncentration, som den faktiske koncentration i luften med 95% sikkerhed er under. Lavere detektionsgrænser kan opnås ved at forlænge opsamlingstiden samt ved at analysere et større filterareal.

Der blev der fundet asbest ved alle de øvrige lokationer, hvor der blev arbejdet med asbest materiale, også selvom det var udendørs. På de lokaliteter, hvor der er opsamlet mest støv, er der gennemgående også fundet de højeste luftkoncentrationer af asbest. De højeste luftkoncentrationer blev ved alle sites fundet i de personbårne prøver, sammenlignet med NF- og FF-prøverne. Grænseværdien på $0,003 \text{ fibre/cm}^3$ blev, for de personbårne prøver, overskredet i luften ved indåndingszonen på 11 af de 14 gennemførte målekampanjer. Den tidligere grænseværdi blev også overskredet på flere sites.

Ser vi på de forskellige arbejdsopgaver har vi site 1, 2, 4, 7 og 8 som omfatter udvendigt asbestarbejde med fjernelse af facader, tagplader og en enkelt isoleringsopgave. Disse sites havde færrest prøver med asbest og indeholdt de laveste koncentrationer. Det samme var gældende, hvis taget var dækket af telt for beskyttelse mod vejr, hvilket var tilfældet på site 8. Der blev dog stadig målt koncentrationer over grænseværdien på personbårne filtre fra sites 1, 4 og 7. Her var koncentrationerne typisk 1-5 gange over grænseværdien. Filtre fra NF- og FF-målingerne var generelt under grænseværdien for de 5 sites, hvilket indikerer et højt luftskifte og høj fortyndingsrate, som forventet ved udendørs arbejde. Derfor kan man konkludere, at udendørs arbejde kun ser ud til at resultere i relativt høje koncentrationer omkring personen som udfører arbejdet.

For nedtagning af loftsplader indendørs, som site 3, 5 og 14, blev der fundet høje asbest koncentrationer på de personbårne filtre. Koncentrationerne var typisk 10-50 gange højere end den nuværende grænseværdi. Det kan skyldes at arbejdet foregår indendørs og over hovedhøjde. På sites 5 og 14 var NF-målingerne på niveau med de personlige målinger, og altså over grænseværdien, mens de lå lavt for site 3. FF-målingerne lå for alle 3 sites under både NF og de personbårne målinger. For site 3 og 5 var FF målingerne alle under grænseværdien, mens en enkelt ud af fire FF-målinger på site 14 var betydeligt over grænseværdien. Her kan man altså konkludere, at eksponeringen også foregår i NF-området, men i mindre grad i FF-området.

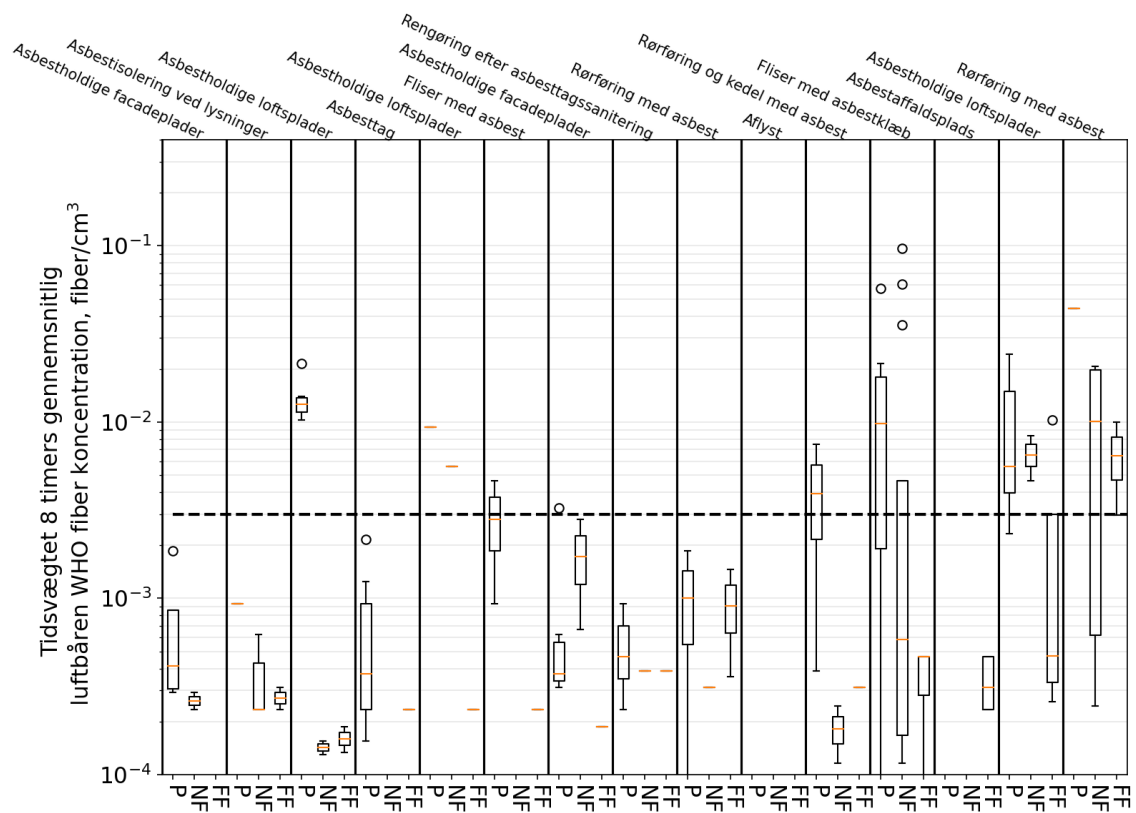
Lokaliteten som viste den højeste støvkoncentration var site 12, hvor der ved renovering af badeværelser skulle nedtages fliser med asbestklæb, som er en særligt støvende proces. Badeværelserne var meget små rum (ca. 15 m^3), hvilket bidrog til de høje støvniveauer. Som følge heraf var en betydelig del af prøverne overloadede, og det var derfor nødvendigt at reducere opsamlingstiden til 15-30 minutter, hvilket var rigeligt i forhold til filterdækning. De to højeste asbestkoncentrationer fra dette studie på $0,35 \text{ fibre/cm}^3$ blev målt på site 12, og der var adskillige prøver med asbestniveauer op mod 10-100 gange højere end grænseværdien. Asbestfibrene blev oftest set som fritliggende fibre, fordi støvpartiklerne var meget fine. Det kan diskuteres, om de benyttede værnemidler er tilstrækkelige i situationer med så høje koncentrationer, eller om der er behov for masker med friskluftforsyning for at få en højere beskyttelsesfaktor, metoder til fiksering af fibre, eller metoder til at reducere støvmængden fx ved påsprøjtning af vand. En lignende opgave blev lavet på site 6, hvor der skulle fjernes

asbestholdige fliser i et køkken. Dog var støvkoncentrationen her markant lavere end på site 12, hvilket kan skyldes at rummet med ca. 175 m³ på site 6 var væsentligt større end de små badeværelser på site 12. Både NF- og FF-koncentrationerne fra site 12 lå i gennemsnit meget højt. Site 6 havde kun en NF- og en FF-måling. NF-filteret var overladet, mens FF-målingen lå under grænseværdien.

Målinger i fyrrum og rørarbejde i kældre inkluderer sites 9, 11 og 15. På sites 9 og 11 er arbejdet overvejende foretaget med "posemetoden". Her indkapsles rørene i plast, hvorefter de skæres over på et lige stræk isoleret med mineraluld, som fjernes inden oversavning. Posemetoden blev ikke brugt på site 15, hvor rørene blev fjernet direkte uden indkapsling. De personbårne prøver fra sites 9 og 11 havde asbest niveauer, som var 1-8 gange højere end grænseværdien, mens den ene personbårne prøve fra site 15 viste koncentrationer på 80 gange grænseværdien. Dette indikerer, at asbestniveauet kan reduceres betydeligt med posemetoden, men at eksponeringen på ingen måde kan elimineres. Det kan skyldes, at poserne enten ikke holdt tæt eller, at der er en asbestholdig coating, som kan give anledning til frigivelse af asbestfibre. Ved brug af posemetoden på sites 9 og 11, var NF- og FF-målingerne primært under grænseværdien. Til gengæld var både NF- og FF-målingerne meget høje på site 15, hvor posemetoden ikke blev benyttet. Dette er nok et resultat af de meget høje koncentrationer på site 15, hvilket betyder at luftfortynding til NF- og FF-målestationerne ikke var nok til at komme under grænseværdien.

Øvrige opgaver på site 15, som potentielt kunne medføre asbesteksponering, så som indvendig stripning eller fra altanarbejde, gav ikke anledning til fund af asbestniveauer i nærheden af grænseværdien, trods tilstedeværelsen af bl.a. knækkede asbestholdige facadeplader på de inddækkede altaner. Enkelte prøver viste spor af asbest, men der er tale om så få fibre, at nærmere analyse af disse ikke var meningsfuld. Resultaterne fra disse 105 prøver er derfor ikke inkluderet i Tabel 4 eller Figur 10.

I Figur 11 ses 8 timers tidsvægtede luftbårne asbestkoncentrationer, som altså tager højde for længden af asbestsaneringsprocesserne på de forskellige sites. Disse er beregnet under antagelsen af, at arbejderen udelukkende var eksponeret for asbest under filteropsamlingen. Resultatet er derfor ikke gældende, hvis arbejderen fortsat befandt sig på byggepladsen med risiko for asbesteksponering.



Figur 11. Asbestkoncentrationer som i Figur 10, men her vægtet over en 8 timers arbejdsdag. Her er det antaget, at arbejderen udelukkende var eksponeret for asbest under filtermålingen.

Hvis der tages højde for en 8 timers arbejdsperiode, som ses i Figur 1, finder man stadig eksponeringer, som ligger over grænseværdien. Særligt på sites 3, 5, 12, 14, og 15 er niveauerne betydeligt over grænseværdien. Disse sites dækker over nedtagning af asbestholdige loftsplader (sites 3, 5, og 14), nedtagningen af fliser med asbestklæb (site 12), samt fjernelse af rørføring med asbest i en kælder uden brug af posemetoden (site 15). Dette viser, at man selv ved en relativt kort udsættelse for asbest på under 2 timer, kan nå eksponeringsniveauer der over en 8 timers periode, er over grænseværdien. Igen understreges vigtigheden i brug af personlige værnemidler, særligt under arbejde med højt støvniveau.

Målinger efter saneringsarbejdet

Det primære formål med målingerne i projektet var at kortlægge asbesteksponering under forskellige asbestsaneringsopgaver. På sites 5, 9, 11, og 12 blev der dog også

taget enkelte prøver under rengøringsprocesserne samt enkelte prøver efter asbestsanering og rengøring. På site 5 blev der lavet to målinger efter aktivitet ved FF-placeringen. Her blev der fundet en enkelt asbestfiber, men koncentrationen var stadig en faktor 4 under grænseværdien. På site 9 blev der taget prøver under rengøring dagen efter asbestsaneringen. Her blev der ikke fundet nogle asbestfibre, men asbestniveauet var også relativt lavt under asbestsaneringen på site 9. På site 11 blev der også opsamlet en enkelt personlig prøve under rengøringsprocessen, men inden afskærmningen blev taget ned. Denne lå 25 gange over grænseværdien på $0,075 \text{ fiber/cm}^3$, hvilket er højere end prøven opsamlet under fjernelsen af den asbestholdige rørføring. På site 12, blev der foretaget 4 målinger under første rengøringsproces fordelt på 2 personlige og 2 NF-målinger. Den ene personbårne prøve var overladet mens den anden var 33 gange højere end grænseværdien. Den ene NF-prøve var under grænseværdien mens den anden var 3 gange over grænseværdien. Derudover blev der på site 12 også opsamlet 6 prøver under anden rengøringsproces fordelt på 3 NF og 3 personlige. Alle de personbårne prøver var langt over grænseværdien med værdier fra $0,115$ - $0,345 \text{ fiber/cm}^3$. For NF-prøverne var 2 af dem betydeligt over grænseværdien med koncentrationer på $0,025$ og $0,135 \text{ fiber/cm}^3$, mens der ikke blev fundet asbest fibre på den sidste. Ikke desto mindre er det tydeligt, at en stor del af asbesteksponeringen kan foregå i rengøringsprocessen efter, at det asbestholdige materiale er fjernet. Fundet af asbestfiberkoncentrationer på niveau med dem målt under selve fjernelsen af de asbestholdige materialer understreger både vigtigheden i grundig rengøring efter asbestsanering og brug af effektive værnemidler. Samtidigt kan det overvejes, om der bør stilles krav til sådanne rengøringsprocesser, eller hvorvidt der er et behov for at måle koncentrationer i de eksponerede rum ved simuleret aktivitet efter rengøring, men før de frigives og afspærringerne tages ned, som man gør i fx England. Da dette studie ikke havde fokus på rengøringsprocesser, er der ikke forsøgt en systematisk kortlægning af asbestfiberkoncentrationerne ved disse.

Fund med geltape

Der blev på den omtalte modtageplads (site 13) undersøgt for sammenhængen mellem geltape og luftbårne målinger. På pladsen blev der som nævnt ikke fundet asbest i luftmålingerne, og dette var konsistent med gel-tape prøverne, hvor der heller ikke i noget tilfælde blev fundet asbest.

Der blev også lavet geltapeanalyse for asbest før og efter nedtagning af rørbøjninger på site 15, men der blev ikke fundet asbest i nogen af disse prøver, selvom luftkoncentrationerne var relativt høje i denne opgave.

Delkonklusion

Der blev fundet asbest ved alle renoveringsopgaver, og der blev fundet asbestkoncentrationer over grænseværdien på 11 af de 14 gennemførte målekampagner. Det blev ikke undersøgt systematisk, men asbest blev ikke fundet i prøver opsamlet før asbestsaneringen blev påbegyndt, men blev derimod fundet ved rengøringsopgaver efter sa-

neringsarbejdet. Fundene understreger vigtigheden i brugen af personlige værnemidler når asbestholdige materialer forstyrres eller kompromitteres ved reovering og ligeledes ved den efterfølgende rengøring og fjernelse af indkapsling. Ved rengøring efter asbestsanering blev der fundet koncentrationer på niveau med dem fundet under selve saneringsprocessen. Dette kan indikere nødvendigheden af formelle rengøringskrav eller andre støvreducerende metoder, samt eventuelle luftmålinger for at sikre en asbestfri plads før afskærmning nedtages, som der gøres fx i England[24].

De højeste målte koncentrationer var på over 100 gange grænseværdien, og blev fundet ved nedtagning af fliser med asbestklæb. Nedtagning af loftsplader gav også høj eksponering på 10-50 gange grænseværdien. Fjernelse af rørføring med asbestisolering havde lavere eksponeringer (1-8 gange grænseværdien) når posemetoden blev benyttet, end uden posemetoden (50-80 gange grænseværdien). Posemetoden kan ifølge vores studie altså ikke eliminere eksponering, men den kan nedsætte den. De laveste koncentrationer og mest lokale asbestniveauer blev fundet ved udendørs arbejde, hvor niveauerne var 1-5 gange grænseværdien på 0,003 fiber/cm³. Ved de højeste eksponeringer, kan der sættes spørgsmålstegn ved, om de benyttede værnemidler var tilstrækkelige.

Den benyttede SEM/EDS analysemetode viste, at man kan analysere filtre med en partikeldækning op til og evt. også over 20%. Metoden blev dog udfordret ved høje støvniveauer, som påkrævede korte opsamlingstider, da disse giver lang analysetid. En yderligere forlænget analysetid kan forekomme, hvis tyndere fibre skal inkluderes i analysen, da dette vil kræve højere opløsning på billederne. Hvis metoden skal i brug kommercielt er det nødvendigt at automatisere den med kunstig intelligens/AI, som også er under udvikling i bl.a. Tyskland. Metoden viste ydermere eksponering for alle asbesttyper undtagen crocidolit, og at chrysotil ikke nødvendigvis er den primære type. Endeligt blev det vist, at grænsen på 200 nm for fibertykkelse ligger fornuftigt baseret på fibre i dette studie, men det vil kræve billeder med højere opløsning at bekræfte dette. Derimod lå WHO-længdekravet på 5 µm i midten af den fundne fiberlængdefordeling. Det kan diskuteres, om den bør enten inkludere eller ekskludere fibrene i denne top fremfor at medtage 50%, eftersom kun en lille forskydning af længde-toppen kan have et stort udslag på den målte asbest koncentration. Længdekravet betyder, at mange fibre udelukkes fra at tælle med i WHO asbestfiberkoncentrationen.

7 SAFETY OBSERVER

Systematiske sikkerhedsobservationer af asbestarbejde - udvikling og afprøvning af Safety Observer app - delprojekt 2.

Formålet med dette delprojekt i ASBYG-projektet var løbende at udvikle og afprøve en skabelon til Safety Observer app'en mht. sikkerhedsforhold og –adfærd i forbindelse med arbejde med asbest, herunder brug af tekniske hjælpemidler (fx sluse, ventilation) og personlige værnemidler.

Udvikling

App'en er udviklet og anvendt gennem flere udviklings- og forskningsprojekter siden 2014 (herunder flere finansieret af AMFF). Der er blevet udviklet specifikke branchetilpassede skabeloner til app'en inden for bl.a. bygge- og anlægsbranchen[25–29], sundhedssektoren ([30,31], landbrug [32], samt særlige eksponeringer som støv i nedrivning[12] og nanomaterialer[33]. Derudover er der sammen med de fem forskellige 'Branchefællesskaber for Arbejdsmiljø' samt Arbejdsmiljørådet udviklet skabeloner til app'en målrettet bl.a. industri, transport, kontormiljøer, døgninstitutioner, bager- og konditorbutikker, samt COVID-19 forebyggelsestiltag. App'en har været gratis tilgængelig på iOS og Android stores siden lancering af version 1.0 i 2017, og er efterfølgende blevet opdateret med nye funktioner samt øget stabilitet og datasikkerhed i 2020 (version 2.0) og 2023 (version 3.0). Ved seneste optælling havde app'en over 5000 brugere, og en version 4.0 er planlagt til at blive udgivet i 2026.

I app'en tælles antallet af sikre og usikre forhold og adfærd (compliance) – dvs. for hvert sikkerhedsforhold eller person registreres der én observation (fx brug af personlige værnemidler; opsætning af sluser), som værende enten korrekt (grøn knap) eller ikke-korrekt (rød knap). Ved afslutningen af observationerne genereres der en rapport, og der beregnes et sikkerhedsindeks (i procent; % compliance) baseret på antal korrekte observationer i forhold til alle observationer. Som supplement til optællinger kan der tilføjes kommentarer, noter, fotos og GPS-koordinater. Den genererede rapport kan derefter anvendes som supplement til det systematiske forebyggende arbejds miljøarbejde.

Det endelige forslag til en skabelon indeholder følgende fem temaer (Figur 12; se detaljer i bilag 2):

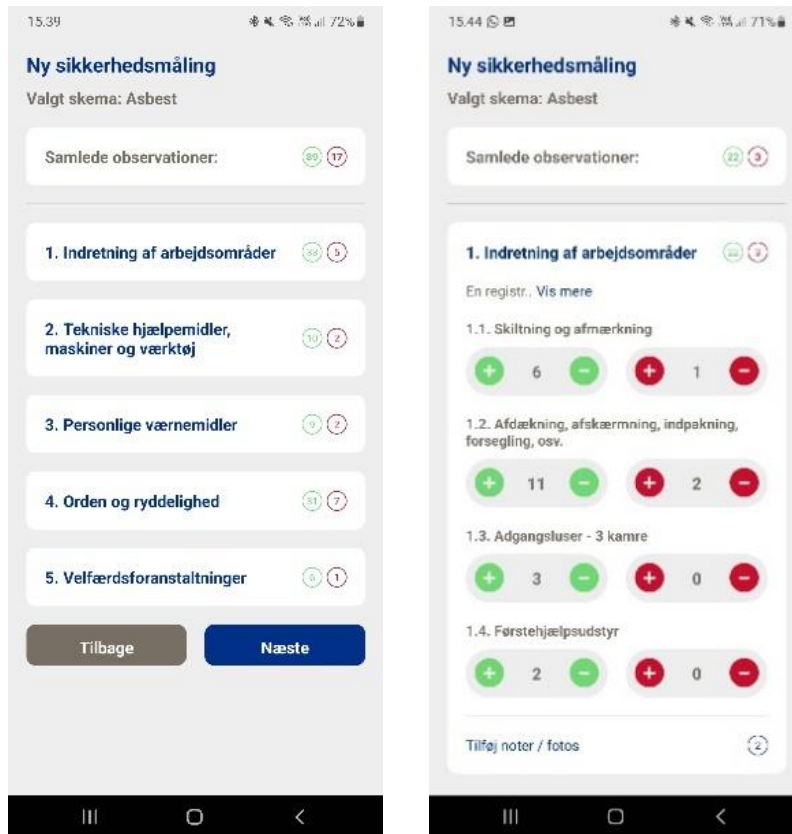
1. Indretning af arbejdsområder: Én registrering for hvert objekt eller område (maks. 50 m²) mht. skiltning og afmærkning (fx arbejdszone, faremærkning,

- værnemidler, flugtveje, førstehjælp m.m.), afdækning, afskærmning, indpakning, forsegling m.m., samt mht. sluse, ventilation, afløb m.m.
2. Tekniske hjælpemidler inkl. maskiner og værktøj: Én registrering for hvert tekniske hjælpemiddel herunder maskiner og værktøj mht. om de er til stede, vedligeholdt og funktionsduelige og bruges de korrekt ift. fx støvreduktion.
 3. Personlige værnemidler: Én registrering for hver persons brug af værnemidler afhængig af en konkret vurdering af arbejdets karakter og varighed, udstyr og arbejdsmetoder. Er de relevante personlige værnemidler til stede, vedligeholdt og funktionsduelige og bruges de korrekt.
 4. Orden og ryddelighed: Én registrering for hvert objekt eller område (fx arbejdsområder, adgangsveje, transportveje, trapper, stilladser, lifte, platforme, containere m.m. - maks. 50 m²) mht. om de holdes rent for støv (fx støvsuget eller vådrengjort), samt faremærkning af affald – tydeligt mærket "ASBEST".
 5. Velfærdsforanstaltninger: Én registrering for hvert objekt eller område (fx skurvogn, miljøvogn m.m.) mht. om der er: ordentlige og rene forhold; spise- og hvileplads i ren zone; mulighed for sikker og ren opbevaring af personlige værnemidler; separate/opdelte omklædningsfaciliteter med garderobeskab for eget tøj og arbejdstøj; bad og håndvask udstyret med varmt og koldt vand.

Brugere af app'en kan anvende og tilpasse skabelonen til deres eget behov, evt. i kombination med egne eller nogle af de andre skabeloner, som eksisterer.

Metode

NFAs Safety Observer app blev brugt til at måle sikkerhedsforhold og -adfærd på arbejdspladser i forbindelse med asbestarbejde (<https://nfa.dk/safetyobserver>; app version 2.0-2020; 3.0-2023). Gennem systematiske observationer og registreringer blev der beregnet et 'sikkerhedsindeks' (fra 0 til 100% compliance) – som kan anvendes til at sammenligne på tværs af arbejdspladser og til at vise udvikling over tid ved gentagne målinger på den samme arbejdsplads.



Figur 12: Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø: Screenshot fra Safety Observer app – Asbestarbejde skabelon.

Resultater

Test af Safety Observer app

På 10 af de 13 arbejdspladser hvor der blev lavet asbestmålinger, anvendte dataindsamleren også app'en én gang. Det gennemsnitlige sikkerhedsindeks for de 10 pladser lå højt på 91%.

Derudover blev app'en anvendt 15 gange (med ca. en uges mellemrum) over en 4 måneders periode på en arbejdsplads, hvor der blev foretaget i alt 2576 enkelte observationer. Her lå sikkerhedsindekset i gennemsnit på 79% (Figur 13).

Dette svarer nogenlunde til baselineindekset i to tidligere interventionsstudier i Danmark med henholdsvis tre byggepladser på 82%[29] og fire byggepladser på 80%[25], men er lidt lavere end gennemsnittet i en tværsnitsundersøgelse af 12 byggepladser i Danmark (86%) og 11 byggepladser i Sverige (87%)[27,28].



Figur 13. Graf over udvikling i sikkerhedsindekset (i % compliance) over en fire måneders periode på en nedrivningsarbejdsplads med asbesteksponering. Gennemsnit af sikkerhedsindeks var 79,3%. I alt 2576 observationer/registreringer med i gennemsnit 172 observationer/registreringer per gang. Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø: Safety Observer app.

Observerede arbejdsforhold, værnemidler mv.

På nogle af arbejdspladserne, hvor krav til sikkerhedsforhold og –adfærd ikke helt blev efterlevet, var det ofte i forbindelse med de tekniske hjælpemidler og personlige værnemidler, som afspejlet i følgende app-noter:

- "Medarbejderne går meget ind og ud af slusen med fx affald eller værktøj/kabler - uden omklædning"
- "Støvsuger hyler for fyldt filter i flere minutter"
- "Da der kun er en sluse, sker omklædning ude i miljøvognen, der står på offentlig vej. Dvs. nedbryderen går gennem bygningen, tager den fælles elevator og går ud til vognen for at klæde om"
- "Sluse ikke rengjort"

Overordnet var foranstaltningerne med hensyn til værnemidler tilfredsstillende, og der var omhu med dette, men også her skilte arbejdspladsen, der blev fulgt i fire måneder, sig ud (Figur 13) med flere observationer af utilfredsstillende brug.

Generelt var der velfærdsforanstaltninger til rådighed, men miljøvogne blev ikke i alle tilfælde brugt hensigtsmæssigt, men kunne anvendes til oplag, opbevaring af værnemidler mv., så man ikke kunne komme i bad. Men overvejende var det i orden.

Delkonklusion

Det lykkedes at udvikle Safety Observer app'en med en skabelon, der er velegnet specifikt ved asbestarbejde.

Generelt viste registreringerne i app'en høje sikkerhedsindeks. Vi formoder, at det afspejler, at projektet havde med dygtige firmaer at gøre. En medvirkende årsag til den hyppige brug af forebyggende foranstaltninger såsom tekniske hjælpemidler og personlige værnemidler kan også være, at de medvirkende firmaer vidste, hvilken tid forskerne kom på besøg, og at de kan have haft større fokus på compliance med forebyggende tiltag pga. kendskab til forskningsprojektet. De regelmæssige uanmeldte observationer over længere tid (Figur 13) viser, at compliance varierer meget over tid og indikerer måske, at ved gentagne besøg mindskes effekten af at deltage i et forskningsprojekt.

Appsabelonen for asbestarbejde (Bilag 2) vil fremover være tilgængelige i Safety Observer app'en (<https://nfa.dk/safetyobserver>) til fri afbenyttelse for alle app'ens brugere.

8 SUBKLINISK LUNGEFIBROSE OG ASBESTOSE

Sammenhæng mellem asbesteksponering og forekomst af subklinisk lungefibrose på højopløsnings CT-skanninger (HRCT) - delprojekt 1b.

Vi planlagde at indhente alle HRCT-skanninger udført i Region Midtjylland og Region Hovedstaden 2011-2019. Ved projektets begyndelse var planen at analysere disse skanninger ved hjælp af CALIPER-softwaren (Imbio, USA), men vi har siden skiftet til programmet [VIDA Insights](#) (VIDA Diagnostics, USA) pga. vanskeligheder i samarbejdet med Imbio. Denne software genererer for hver skanning kvantitativ information om en række forandringer relateret til lungefibrose udtrykt som procent af det samlede lungevolumen. Deltagernes erhvervshistorik er tilgængelig i arbejdsmiljøkohorten DOC*X, der indeholder information om fag og branche for alle indbyggere i Danmark med mindst et års lønnet arbejde siden 1976. Individuelle asbesteksponeringsniveauer kan estimeres ved hjælp af registrerede oplysninger om fag og jobeksponeringsmatricen SYN-JEM. Vi ønskede at undersøge forekomst af lungefibroseforandringer på tværs af fag og brancher samt at analysere eksponerings-respons-sammenhænge mellem asbesteksponeringsniveauer og lungefibroseforandringer.

Lange ventetider hos de juridiske afdelinger på Aarhus Universitet og i Region Midtjylland har gjort, at de nødvendige aftaler (databehandleraftale og samarbejdsaftale) med VIDA Diagnostics endnu ikke er underskrevet. Aftalerne er p.t. til gennemlæsning hos VIDA Diagnostics.

Pilottest af softwaren er gennemført og tekniske vanskeligheder løst, så analyser af skanningerne kan påbegyndes, når ovennævnte aftaler er på plads.

Undersøgelsen af sammenhæng mellem asbesteksponering og klinisk lungefibrose når ikke at blive gennemført inden for rammen af ASBYG-projektet, men der arbejdes fortsat på at realisere undersøgelsen på sigt. Derfor gennemførte vi yderligere et delprojekt; asbesteksponering og asbestose, hvor vi via de danske registre undersøgte om en øget asbesteksponering på arbejdet resulterede i en øget forekomst af asbestose blandt alle asbesteksponerede arbejdere i Danmark i perioden 1976-2015 - delprojekt 1c.

Metoder

Vi benyttede den danske arbejdsmiljøkohorte, DOC*X[34]. Vi afgrænsede studiet til personer født efter år 1900 med mindst et års ansættelse i et asbesteksponeret job 1976-2015. Asbesteksponerede jobs blev defineret som jobs med asbesteksponering ifølge den anvendte jobeksponeringsmatrice.

Da de danske registre ikke indeholder registreringer angående arbejde før 1976, lavede vi en subanalyse begrænset til personer født 1956 eller senere, hvor fuld arbejdshistorik fra 20-årsalderen er tilgængelig i registrene.

Årlig individuel asbesteksponering blev estimeret ved hjælp af SYN-JEM Job Eksponerings Matricen (JEM) for arbejdsrelateret asbesteksponering[35]. Vi anvendte estimaterne for de nordeuropæiske lande.

De tildelte årlige asbesteksponeringsniveauer blev anvendt til at opgøre:

- den samlede eksponering i fibre(f)/ml-år, hvor fx 1 f/ml luft i 10 år = 10 f/ml-år
- den højeste opnåede eksponering i f/ml
- eksponeringsvarighed, dvs. antal år arbejdet i et muligt asbesteksponeret job.

Asbestosedignoserne blev identificeret via Landspatientregisteret i perioden 1977-2015 via koder fra "International Classification of Diseases" (ICD) (ICD-8: 515.2 og ICD-10: J61).

Resultater

Undersøgelsen inddrog 1.515.136 personer, der i perioden 1976-2015 havde arbejdet i et fag med asbesteksponering ifølge DOC*X data. Vi identificerede 1.084 nye tilfælde af asbestose i perioden 1977-2015. Subanalysen indeholdt 901.957 personer med 17 nye tilfælde af asbestose.

Den samlede asbesteksponering var 0,001-1,95 f/ml-år. Den højeste eksponering faldt fra 0,31 f/ml i 1976 til 0,03 f/ml i 2015.

Vi fandt en dosis-responsammenhæng med stigende risiko for asbestose ved stigende samlet eksponering selv i lavt eksponerede jobs og ved højeste opnåede eksponering. Risiko for asbestose steg ligeledes med stigende eksponeringsvarighed. Subanalyserne viste tilsvarende resultater, men med mere usikre estimater, da analyserne kun var baseret på 17 asbestose-tilfælde. De estimerede risikoestimer er accepteret til publikation i et internationalt videnskabeligt tidsskrift med peer-review [36].

Delkonklusion

Resultaterne viser en forøget risiko for asbestose i selv lavt eksponerede jobs. Dog kan de samlede eksponeringsniveauer være undervurderede pga. den manglende arbejdshistorik før 1976 og fordi analysen er baseret på gruppedata uden adgang til individuelle data.

9 SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER

Det var relativt nemt at få etableret aftaler med større virksomheder med større sanerings- og nedbrydningsopgaver. Interessen faldt dog væsentligt under og efter COVID-19 pandemien. Interessen blev genetableret efter annoncering i samarbejde med BAMBUS. Selvom det ikke var et mål fra starten, forsøgte vi på opfordring fra nogle interessenter at involvere små virksomheder og små sanerings- og nedbrydningsopgaver. Dette viste sig dog meget vanskeligt. Målingerne er derfor som oprindeligt planlagt kun udført ved arbejde udført af større virksomheder, som typisk indgår aftaler med rådgivende ingeniørfirmaer om projekteringshjælp.

De deltagende virksomheder var meget interesserede og ville gerne have resultater undervejs i projektperioden for at bruge erfaringerne fremadrettet. Det var dog ikke planlagt, at der skulle gives resultater til virksomhederne undervejs i projektet. Asbestmålingerne blev først afsluttet mod projektets udgang idet køb af elektronmikroskop og metodeudvikling foregik i løbet af projektet og bl.a. blev forsinket af COVID-19 pandemien. Vi oplevede, at det betød aftagende interesse for at medvirke i projektet over tid, som dog blev reetableret som beskrevet ovenfor.

Det erfares fra dette, ligesom fra lignende projekter, at det kan være vanskeligt på større projekter at forudsige præcist, hvornår hvilke typer af arbejdsopgaver udføres. Det betød, at der var aftalte sanerings- og nedbrydningsopgaver, som blev udført på andre tidspunkter end hvor der var aftalt målinger. Desuden var der jævnligt tilfælde, hvor færre ansatte var beskæftiget med asbest end forventet.

De metoder vi havde planlagt til at lave asbestanalyser blev udfordret da den nye grænseværdi for asbest på $0,003 \text{ fibre/cm}^3$ blev indført 1. januar 2022. Under projektet måtte vi prioritere kun at lave asbestanalyser vha. elektronmikroskopi. Vi kunne ikke forvente at nå denne kvantifikationsgrænse med hverken røntgendiffraktometri eller fase-kontrast mikroskopi. Vi valgte derfor udelukkende at satse på elektronmikroskopisk analyse, hvor vi etablerede en forskningsprotokol der tillader måling ift. den nye asbestgrænseværdi på $0,003 \text{ fibre/cm}^3$, med væsentlig større analysearbejde end estimeret. Det foreslås, at asbestanalyse fremover baseres på hel eller delvis automatisering/kunstig intelligens vha. elektronmikroskopi.

Det luft-volumen (opsamlingstid) for asbestprøver som gør det praktisk muligt at tælle fibre ved asbestgrænseværdien på $0,003 \text{ fibre/cm}^3$ er mange gange højere end det volumen, der kræves for den gamle grænseværdi. Dette kan være en udfordring for analyse af prøver fra miljøer med andet støv, idet filteret mættes med andet støv og dækker asbestfibre helt eller delvist. Automatiseret billedanalyse koblet med kunstig

Intelligens forventes at kunne løse dele af denne udfordring. Dertil vil en erfaringsbase for brugbare opsamlingsvolumener for forskellige arbejdsprocesser være en hjælp for dem, der skal udføre målingerne.

Det var forventet, at vi ville få mulighed for at undersøge et større antal CT-skanningsbilleder fra flere danske regioner. Det viste sig umuligt indenfor tidsfristen at få de nødvendige tilladelser til at rekvirere og bruge kunstig intelligens/AI til dette.

Safety Observer App blev forbedret og tilpasset til sanerings- og nedbrydningsopgaver og viste sig anvendelig til at dokumentere brug af indkapsling, værnemidler o.a. tiltag og til at beskrive opgavernes karakter. Erfaringerne fra NFA peger på, at app'en er blevet taget i brug til disse formål af aktører på området. De høje sikkerhedsindeks afspejler, at projektet havde med nogle dygtige firmaer at gøre, som også var gode til at anvende tekniske hjælpemidler og personlige værnemidler i deres forebyggende arbejdsmiljøarbejde. Den viste dog også tegn på, at sikkerhedsniveau kan være lavere på nogle projekter. App'en forsøgte også anvendt til indsamling og dokumentation af nogle af projektets øvrige videnskabelige data, men kunne ikke helt opfylde dette formål.

Ved de undersøgte sanerings- og nedbrydningsopgaver har brugen af indkapsling og andre tiltag på pladserne og brugen af værnemidler langt overvejende været godt gennemført og fulgt reglerne. Enkelte steder har vi observeret praksis, som vi vurderede medførte unødige risici for at kontaminere omgivelser eller sig selv.

Vi har observationer, der peger på en risiko for asbestforekomst udenfor de indkapslede områder ved sanerings- og nedbrydningsopgaver, men som ikke tyder på en risiko for overskridelser af grænseværdien udenfor disse områder.

Projektet har demonstreret, at der ved de fleste typer af sanerings- og nedbrydningsopgaver forekommer asbestfibre i luften, der overskrider den gældende grænseværdi. De højeste personlige eksterne eksponeringer blev målt i indendørsmiljøer, hvor frie asbestfibre kan forekomme. De laveste eksponeringer blev målt i udendørs miljøer, men også her blev grænseværdien ofte overskredet, ligesom den flere steder blev det ved rengøringsopgaver efter saneringen. Vi finder således i de personbårne målinger, at der også ved nedtagning af asbestcementplader (eternit) udendørs kan være risiko for overskridelse af grænseværdierne.

Der skal tages forbehold for, at der kan forekomme afvigelser fra disse observationer afhængig af specifikke forhold og beskaffenheden af det asbestholdige materiale, og at projektet ikke dækker alle tænkelige forhold og materialer.

Ved de højeste målte koncentrationer af asbestfibre, vil de almindeligt anvendte åndedrætsværn ikke med sikkerhed beskytte tilstrækkeligt (dvs. de vil ikke i daglig praksis med sikkerhed frafiltrere så stor en procentdel af asbestfibrene, at koncentrationen af asbest bringes sikkert under grænseværdien). Den bedste beskyttelse fås ved brug af åndedrætsværn med ren luftforsyning og sikring af optimeret individuel tilpasning f.eks.

med "fit-test" af åndedrætsværn. Man kan se nærmere om beskyttelsesfaktorer ved disse links: <https://at.dk/regler/at-vejledninger/aandedraetsvaern-d-5-4/> og <https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/3352-APF-respirators.pdf>

Projektet har ved omfattende målinger på et slutdeponi ikke fundet tegn på, at der her er risiko for overskridelser af grænseværdien for asbest.

Projektet har fundet, at de fleste af de kendte typer af asbestfibre er almindeligt forekommende ved sanerings- og nedbrydningsopgaver. Den chrysotile asbest har været den mest anvendte i Danmark, men var mindre dominerende i målingerne, end vi havde forventet.

Projektet har ved brug af elektronmikroskopi vist, at en betydelig procentdel af asbestfibre er af en størrelse, så de ikke kan forventes målt ved gængse lysmikroskopiske metoder, som derfor vil kunne give et falsk billede af lavere asbestforekomst, end der reelt er tale om – formentlig også for fibre, der trods den mindre størrelse, fortsat er skadelige for helbredet.

Det er erfaringen fra projektet, at det er både tidskrævende og kræver ekspertise og robust udstyr at udføre retvisende arbejdshygieniske målinger af luftbårne asbestfibre. De anvendte guldfiltre kræver pumper af høj kvalitet, og det kræver erfaring at vælge korrekt målested og -tid. Det kræver opsamling i tilstrækkelig lang tid for at kunne udelukke overskridelser af grænseværdien, mens der på den anden side er betydelig risiko for at overeksponere filtre med andet støv ved opgaverne, således at asbestfibre ikke kan identificeres. I sådanne situationer kan gentagne målinger være nødvendige for at sikre brugbare målinger.

Projektets registerundersøgelser fandt dels, at en væsentligt større del af danske arbejdstagere end almindeligvis antaget har haft jobs med mulig udsættelse for asbest. Desuden fandt vi eksponerings-respons-sammenhænge mellem kumuleret asbesteksponering og asbestose i en bred erhvervspopulation domineret af lavt-eksponerede jobs.

Opfyldelse af mål

Vi har med dette projekt opfyldt målet om at kortlægge eksponeringen for asbest ved de almindeligste og nogle af de mindre almindelige saneringsopgaver af asbestholdige byggematerialer i Danmark. Udsættelsen er kortlagt udenfor åndedrætsværn i indåndingszonen og ved stationære målinger i nærheden og har vist hyppigt forekommende overskridelser af den gældende grænseværdi.

Vi opnåede ikke tilladelse til at analysere CT-skanningsbilleder for forekomsten af ikke-symptomgivende lungefibrose i asbestudsatte brancher. I stedet lykkedes det os ud

fra registerdata at undersøge forekomsten af diagnosticeret asbestose historisk og at sammenholde den med modellerede niveauer af asbest i forskellige fag. Her fandt vi en forøget risiko for asbestose i selv lavt eksponerede jobs.

Formålet om at videreudvikle Safety Observer app'en med en skabelon og teste den til brug ved asbestarbejde blev også opfyldt. App'en viste sig anvendelig og kunne dokumentere generelt høje sikkerhedsindeks, med variationer over tid, i projektet.

Endelig kom vi i mål med at undersøge værdien af forbedrede elektronmikroskopibaserede analysemetoder for asbest sammenlignet med de standardmetoder, der er i anvendelse i dag. Undersøgelserne gav uventet viden om asbestudsættelsen i projektet, men demonstrerede også, at med de gældende standarder og den gældende grænseværdi er tidsforbruget til analyser meget stort, hvorfor automatiserede metoder foreslås.

10 ANBEFALINGER OG PERSPEKTIVER

De hyppigt forekommende overskridelser af grænseværdien (i nogle tilfælde endda ganske betydeligt) har bekræftet behovet for at opretholde en høj standard for at begrænse asbestudsættelse ved saneringsopgaver, herunder indkapsling og brug af værnemidler.

På asbestdepoter og genbrugspladser samt ved rengøring efter sanering er der behov for flere målinger, hvis der skal opnås et troværdigt billede af asbestudsættelsen.

Det er væsentligt i fbm. fremtidige målinger at gøre sig klart, at det ofte er vanskeligt at opnå ret mange målinger ved hver opgave, og at man derfor skal forvente at indtage flere saneringsopgaver for at få et dækkende billede af asbestniveauerne.

Målingerne peger på, at det er tænkeligt at brugen af åndedrætsværn skal forbedres for at sikre tilstrækkelig beskyttelse. Ligeledes kan der være behov for at forbedre brugen af indkapsling, undertryksventilation og kontrol med rengøringsmetoderne.

Selvom der i gennemsnit blev observeret højt sikkerhedsindeks med brug af Safety Observer app'en gav app'en også eksempler på, at foranstaltninger kan forbedres.

Hvis analysemetoden med SEM/EDS fra projektet skal i brug kommercielt er det nødvendigt at automatisere den med kunstig intelligens/AI.

Der synes at være behov for grundigt at overveje om de eksisterende standarder og anbefalinger for opsamling, analyse og detektionsgrænser ved asbestarbejde i byggebranchen er ideelle. Følger man forskrifter om at opsamle mindst 1000 l luft af hensyn til detektionsgrænsen med den nye lave grænseværdi på 0,003 fiber/ml, vil filtrene ofte overbelastes, så analysen bliver vanskelig eller umulig. Man bør i stedet afstemme måletiden med det forventede støv- og fiberniveau i prøven, hvilket kan kræve opsamling med flere forskellige måletider, for at sikre brugbare støvniveauer på nogle af filtrene.

Registerundersøgelserne peger på et behov for bedre undersøgelser af hvilke niveauer af asbesteksponering, der er tilstrækkelige til at udvikle asbestose.

Metoderne der normalt anvendes til at vurdere og forebygge udsættelse for asbest ved saneringsopgaver i byggebranchen synes ikke at være tilstrækkelige til at sikre overholdelse af gældende grænseværdi i alle tilfælde og anbefales forbedret ud fra den eksisterende viden i Danmark og internationalt.

11 REFERENCER

1. Nyhed om grænseværdi. Grænseværdi for asbest i arbejdsmiljøet bliver skærpet markant. Published December 2, 2021. Accessed March 27, 2024. <https://bm.dk/nyheder/nyheder/2021/11/grænsevaerdi-for-asbest-i-arbejdsmiljoeet-bliver-skaerpet-markant/>
2. *Bekendtgørelse Om Grænseværdier for Stoffer Og Materialer*. Beskæftigelsesministeriet; 2021.
3. Sritharan SS, Frandsen JL, Omland Ø, Bruun JM. [Malignant pleural mesothelioma]. *Ugeskr Laeger*. 2018;180(15). https://content.ugeskriftet.dk/sites/default/files/scientific_article_files/2018-03/V06170439_1.pdf
4. DECOS. *Asbestos: Risks of Environmental and Occupational Exposure.*; 2010.
5. Dalsgaard SB, Würtz ET, Hansen J, Røe OD, Omland Ø. Environmental asbestos exposure in childhood and risk of mesothelioma later in life: a long-term follow-up register-based cohort study. *Occup Environ Med*. 2019;76(6):407-413. doi:10.1136/oemed-2018-105392
6. Wolff H, Vehmas T, Oksa P, Rantanen J, Vainio H. Asbestos, asbestosis, and cancer, the Helsinki criteria for diagnosis and attribution 2014: Recommendations. *Scand J Work Environ Health*. 2015;41(1):5-15. doi:10.5271/sjweh.3462
7. Lauridsen HL, Bønløkke JH, Davidsen JR, et al. [Asbestosis and pleural plaques]. *Ugeskr Laeger*. 2018;180(25). https://content.ugeskriftet.dk/sites/default/files/scientific_article_files/2018-06/V10170773_0.pdf
8. Hatabu H, Hunninghake GM, Lynch DA. Interstitial Lung Abnormality: Recognition and Perspectives. *Radiology*. 2019;291(1):1-3. doi:10.1148/radiol.2018181684
9. Araki T, Putman RK, Hatabu H, et al. Development and Progression of Interstitial Lung Abnormalities in the Framingham Heart Study. *Am J Respir Crit Care Med*. 2016;194(12):1514-1522. doi:10.1164/rccm.201512-2523OC
10. Paris C, Thierry S, Brochard P, et al. Pleural plaques and asbestosis: dose- and time-response relationships based on HRCT data. *European Respiratory Journal*. 2009;34(1):72-79. doi:10.1183/09031936.00094008
11. Larson TC, Antao VC, Bove FJ. Vermiculite worker mortality: estimated effects of occupational exposure to Libby amphibole. *J Occup Environ Med*. 2010;52(5):555-560. doi:10.1097/JOM.0b013e3181dc6d45
12. Limborg HJ, Kines P, Kabel A, Grøn S, TeamArbejdsliv Danmark. K. *Styr På Støvet - Udvikling Og Implementering Af En Forebyggelseskultur i Nedrivningsbranchen. Afslutningsrapport Til Arbejdsmiljøforskningsfonden, Projekt Nr.50-2015-03.*; 2018.
13. Cossio R, Albonico C, Zanella A, et al. Innovative unattended SEM-EDS analysis for asbestos fiber quantification. *Talanta*. 2018;190:158-166. doi:10.1016/j.talanta.2018.07.083
14. Koivisto AJ, Bluhme AB, Kling KI, et al. Occupational exposure during handling and loading of halloysite nanotubes – A case study of counting nanofibers. *NanoImpact*. 2018;10:153-160. doi:<https://doi.org/10.1016/j.impact.2018.04.003>

15. Kling KI, Levin M, Jensen ACØ, Jensen KA, Koponen IK. Size-Resolved Characterization of Particles and Fibers Released during Abrasion of Fiber-Reinforced Composite in a Workplace Influenced by Ambient Background Sources. *Aerosol Air Qual Res.* 2016;16(1):11-24. doi:10.4209/aaqr.2015.05.0295
16. *SBi-Anvisning 228. Asbest i Bygninger. Regler, Identifikation Og Håndtering.*; 2010.
17. *SBi-Anvisning 229. Byggematerialer Med Asbest.*; 2010.
18. EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV (EU) 2023/2668 af 22. november 2023 om ændring af direktiv 2009/148/EF om beskyttelse af arbejdstagere mod farerne ved under arbejdet at være udsat for asbest. Published online November 22, 2023. Accessed March 30, 2024. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202302668
19. Raffn E, Lyng E, Juel K, Korsgaard B. Incidence of cancer and mortality among employees in the asbestos cement industry in Denmark. *Occup Environ Med.* 1989;46(2):90-96. doi:10.1136/oem.46.2.90
20. Ilgren EB, Hoskins JA. Anthophyllite Asbestos: The Role of Fiber Width in Mesothelioma Induction Part 1: Epidemiological Studies of Finnish Anthophyllite Asbestos. *Environment and Pollution.* 2017;7(1):9. doi:10.5539/ep.v7n1p9
21. *ECHA Scientific Report for Evaluation of Limit Values for Asbestos at the Workplace.* <http://ec.europa.eu/social/main.jsp?langId=en&catId=148&newsId=2709&furtherNews=yes>
22. Boulanger G, Andujar P, Paireon JC, et al. Quantification of short and long asbestos fibers to assess asbestos exposure: a review of fiber size toxicity. *Environmental Health.* 2014;13(1):59. doi:10.1186/1476-069X-13-59
23. Collegium Ramazzini response to 'Asbestos, asbestosis, and cancer, the Helsinki criteria for diagnosis and attribution 2014: recommendations.' *Scand J Work Environ Health.* 2016;42(1):91-94. doi:10.5271/sjweh.3535
24. *HSG247. Asbestos: The Licensed Contractors' Guide.* Health and Safety Executive; 2006. Accessed April 1, 2024. <https://www.hse.gov.uk/pubns/priced/hsg247.pdf>
25. Andersen LP, Nielsen KJ, Kines P, Jønsson T, Nørdam L, Arbejdsmedicinsk klinik RH. *Sikker Identitet - Et Randomiseret Interventionsstudie På Byggepladser Baseret På Social Identifikation Og Sikkerhedsklima. Afslutningsrapport Til Arbejds miljøforskningsfonden.*; 2016. <https://amff.dk/media/11613/sikker-identitet-slutrapport.pdf>
26. Andersen LP, Nørdam L, Joensson T, Kines P, Nielsen KJ. Social identity, safety climate and self-reported accidents among construction workers. *Construction Management and Economics.* 2018;36(1):22-31. doi:10.1080/01446193.2017.1339360
27. Nielsen KJ, Törner M, Dyreborg J, et al. *Arbejdsulykker i Danmark Og Sverige. Identificering Af Virkemidler Og Strategier, Der Kan Overføres Fra Sverige Til Danmark.*; 2017. <https://amff.dk/media/11460/danmark-sverige-slutrapport.pdf>
28. Törner M, Nielsen K, Dyreborg J, et al. *SÄKRA BYGGET. Om Säkerheten i Svensk Och Dansk Byggindustri – Och Hur Den Kan Förbättras.* Göteborgs universitet, Sahlgrenska akademien, Arbets- och miljömedicin.; 2018. https://gupea.ub.gu.se/bitstream/handle/2077/73861/Original_s%c3%a4kra%20bygget_web_180222.pdf?sequence=1&isAllowed=y
29. Kines P, Jeschke K, Dyreborg J, et al. *Lederes Sikkerhedspraksis Og Betydning for Forbedret Sikkerhed Og Sikkerhedsklima På Byggepladser. Slutrapport Til Arbejds miljøforskningsfonden.*; 2023.

30. Kirkegaard ML, Kines P, Nielsen HB, Garde AH. Occupational safety across jobs and shifts in emergency departments in Denmark. *Saf Sci.* 2018;103:70-75. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.11.014>
31. Nielsen HB, Kines P, Nielsen HB, Garde AH, Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø Danmark K. *Arbejdstid, Sikkerhed Og Ulykker. Slutrapport Til Arbejdsmiljøforskningsfonden.*; 2019. https://amff.dk/media/11439/arbejdstid-sikkerhed-og-ulykker_slutrapport.pdf
32. Nielsen KJ, Kines P, Christiansen D, Carstensen O, Dansk Ramazzini Center Regionshospitalet Gødstrup Universitetsklinik Herning. A. *Sikre Landbrug.*; 2022.
33. Jensen KA. *Performance Testing, Calibration and Implementation of a next Generation Sys-Tem-of-Systems Risk Governance Framework for Nanomaterials – Final Tech-Nical Report Part B.*; 2020. Performance testing, calibration and implementation of a next generation sys-tem-of-systems Risk Governance Framework for nanomaterials
34. Flachs EM, Petersen SEB, Kolstad HA, et al. Cohort Profile: DOC*X: a nationwide Danish occupational cohort with eXposure data – an open research resource. *Int J Epidemiol.* 2019;48(5):1413-1413k. doi:10.1093/ije/dyz110
35. Peters S, Vermeulen R, Portengen L, et al. SYN-JEM: A Quantitative Job-Exposure Matrix for Five Lung Carcinogens. *Annals of Occupational Hygiene.* 2016;60(7):795-811. doi:10.1093/annhyg/mew034
36. Iversen IB, et al. The asbestos-asbestosis exposure-response relation: a cohort study of the general working population. Accepted i *Scand J Work Environ Health.*

12 FORMIDLINGSAKTIVITETER

Artikler

Ny tjekliste hjælper med Covid-19-sikkerheden. Magasinet Arbejdsmiljø, 1-2021.

App holder styr på coronasikkerheden. Magasinet Arbejdsmiljø, 2-2021, sider 42-44.

Artikler accepteret til publikation i peer-reviewede videnskabelige tidsskrifter

The asbestos-asbestosis exposure-response relation: a cohort study of the general working population. Accepteret i Scandinavian Journal of Work, Environment & Health.

Informationsmøder

2 møder i april 2024 er planlagt med invitation til fagforeninger, deltagende virksomheder, interessenter og offentligheden via deltagende institutioners hjemmesider.

Yderligere skriftlige og mundtlige formidlingsaktiviteter forventes. Disse omfatter yderligere mindst én peer-reviewet videnskabelig artikel. Der påtænkes også informationsmøder og et fakta-ark eller pixibogsudgave af væsentlige resultater til formidling til virksomheder i byggebranchen. Aktiviteterne vil blive udformet efter ønsker fra interessenter og relevante aktører.

Produkter

'Safety Observer' app skabelon – asbestarbejde

<https://nfa.dk/safetyobserver>

13 FORKORTELSER

AI	Kunstig Intelligens (Artificial Intelligence)
AMFF	Arbejds miljø forskningsfonden
BAM-bus	Byggeriets Arbejds miljø bus
DOC*X	En dansk arbejds miljø kohorte med job- og eksponeringsdata
EM	Elektronmikroskopi
ETD	Everhart-Thornley detektor
f	Fibre
FF	Far-field (måling uden for arbejdszonen)
HRCT	High-Resolution Computed Tomography
ICD	International Classification of Diseases
JEM	Job Eksponerings Matrice
NF	Near-field (måling tæt på arbejdsopgaven)
NFA	Det Nationale Forskningscenter for Arbejds miljø
P	Personbåren måling
SBi	Statens Byggeforskningsinstitut
SEM	Scanning elektronmikroskop
WHO	World Health Organization

14 BILAG

Bilag 1. Database med oversigt over samtlige målinger i projekter, grupperet efter plads/site.

Data er tilgængelige som excel fil (.xls) og kan downloades og læses via dette link: https://www.dropbox.com/scl/fi/s6xe4v78z6zutfqsceq2i/Kopi-af-Database-ASBYG_only-asbestos_Revised_simplified-for-report.xls?rlkey=f1vzu-mrm3qmgd193rxrass3qk&dl=0

Origin of data	Categories of occ. title groups	Description of measurement place	Simplified description of activity	Detailed description of activity	Worker experience (specify the worker experience in years according the drop down list)	Number of people working in the same working area (potentially exposed group of people)	Sampling position (use drop down list)	Environment	General ventilation (use drop down list)	Personal protection	Air temperature (°C)	Relative humidity (%)	Anonymous subject identifier (if several samplings were done with the same person, please attribute a number starting from 1 to 10)	Date of sampling (dd-mm-yyyy)	Start time of sampling (hh:mm)	End time of sampling (hh:mm)	Sampled time (hh:mm)	Pump Flow (L/min)	Volume sampled (L, dm ³)	Asbestos Counted	WHO Asbestos Counted	Airborne WHO Asbestos Concentration, (fibers/cm ³)	8 hr TWA	Sampling notes
NIRAS (Site 1)	Renovation or asbestos products (dismantling)	School yard/parking lot	Removal of school facade	Removal and replace asbestos containing facade on	0-5 years	8	Personal (outside mask)	Outdoor	Strong natural ventilation	The worker wore a mask with particles	5°C	61	1	03-04-2020	07:15	09:45	02:30:00	1.9	285	1	1	0.00100	0.00031	During activity
NIRAS (Site 1)	Renovation or asbestos products (dismantling)	School yard/parking lot	Removal of school facade	asbestos containing facade on	0-5 years	8	Personal (outside mask)	Outdoor	Strong natural ventilation	The worker wore a mask with particles	5°C	61	2	03-04-2020	07:15	09:45	02:30:00	1.9	285	2	1	0.00093	0.00029	During activity
NIRAS (Site 1)	Renovation or asbestos products (dismantling)	School yard/parking lot	Removal of school facade	asbestos containing facade on	N/A	8	Stationary position near field	Outdoor	Strong natural ventilation	N/A	5°C	61	X	03-04-2020	07:20	09:45	02:25:00	1.9	275.5	0	0	0.00097	0.00029	During activity
NIRAS (Site 1)	Renovation or asbestos products (dismantling)	School yard/parking lot	Removal of school facade	asbestos containing facade on	N/A	8	Stationary position near field	Outdoor	Strong natural ventilation	N/A	5°C	61	X	03-04-2020	07:22	09:45	02:23:00	1.9	271.7	0	0	0.00078	0.00023	During activity
NIRAS (Site 1)	Renovation or asbestos products (dismantling)	School yard/parking lot	Removal of school facade	asbestos containing facade on	0-5 years	8	Personal (outside mask)	Outdoor	Strong natural ventilation	N/A	5°C	61	X	03-04-2020	07:25	09:45	02:20:00	1.9	266	0	0	0.00080	0.00023	Before activity
NIRAS (Site 1)	Renovation or asbestos products (dismantling)	School yard/parking lot	Removal of school facade	asbestos containing facade on	0-5 years	8	Personal (outside mask)	Outdoor	Strong natural ventilation	The worker wore a mask with particles	5°C	61	1	03-04-2020	10:15	12:23	02:08:00	1.9	243.2	2	2	0.00194	0.00052	During activity
NIRAS (Site 1)	Renovation or asbestos products (dismantling)	School yard/parking lot	Removal of school facade	asbestos containing facade on	0-5 years	8	Personal (outside mask)	Outdoor	Strong natural ventilation	mask with particles	5°C	61	2	03-04-2020	10:15	12:23	02:08:00	1.9	243.2	5	4	0.00700	0.00187	During activity
NIRAS (Site 1)	Renovation or asbestos products (dismantling)	School yard/parking lot	Removal of school facade	asbestos containing facade on	N/A	8	Stationary position near field	Outdoor	Strong natural ventilation	N/A	5°C	61	X	03-04-2020	09:35	12:23	02:48:00	1.9	319.2	0	0	0.00067	0.00023	During activity
NIRAS (Site 1)	Renovation or asbestos products (dismantling)	School yard/parking lot	Removal of school facade	asbestos containing facade on	N/A	8	Stationary position near field	Outdoor	Strong natural ventilation	N/A	5°C	61	X	03-04-2020	09:45	12:23	02:38:00	1.9	300.2	0	0	0.00071	0.00023	Before activity
NIRAS (Site 1)	Renovation or asbestos products (dismantling)	School yard/parking lot	Removal of school facade	asbestos containing facade on	0-5 years	8	Personal (outside mask)	Outdoor	Strong natural ventilation	N/A	5°C	61	X	03-04-2020	09:45	12:23	02:38:00	1.9	300.2	0	0	0.00071	0.00023	Before activity
NIRAS (Site 2)	Renovation or asbestos products (dismantling)	Apartment complex	Removal of wall isolation	Removal of apartment complex by removing	0-5 years	2	Personal (outside mask)	Indoor	Mechanical	The worker wore a full face mask and	5°C	61	1	12-05-2020	07:03	09:00	01:57:00	1.9	222.3	0	0	0.00096	0.00023	Before activity
NIRAS (Site 2)	Renovation or asbestos products (dismantling)	Apartment complex	Removal of wall isolation	Removal of apartment complex by removing	0-5 years	2	Personal (outside mask)	Indoor	Mechanical	The worker wore a full face mask and	9°C	75	2	12-05-2020	09:30	12:00	02:30:00	1.9	285	2	1	0.00075	0.00023	Before activity
NIRAS (Site 2)	Renovation or asbestos products (dismantling)	Apartment complex	Removal of wall isolation	Removal of apartment complex by removing	N/A	2	Stationary position near field	Indoor	Mechanical	N/A	9°C	75	X	12-05-2020	09:30	12:00	02:30:00	1.9	285	3	2	0.00199	0.00062	During activity
NIRAS (Site 2)	Renovation or asbestos products (dismantling)	Apartment complex	Removal of wall isolation	Removal of apartment complex by removing	N/A	2	Stationary position near field	Indoor	Mechanical	N/A	9°C	75	X	12-05-2020	09:30	12:00	02:30:00	1.9	285	0	0	0.00100	0.00031	During activity
NIRAS (Site 2)	Renovation or asbestos products (dismantling)	Apartment complex	Removal of wall isolation	Removal of apartment complex by removing	N/A	2	Stationary position near field	Indoor	Mechanical	N/A	9°C	75	X	12-05-2020	09:30	12:00	02:30:00	1.9	285	0	0	0.00100	0.00031	During activity
NIRAS (Site 2)	Renovation or asbestos products (dismantling)	Apartment complex	Removal of wall isolation	Removal of apartment complex by removing	0-5 years	2	Personal (outside mask)	Indoor	Mechanical	The worker wore a full face mask and	9°C	75	1	12-05-2020	09:30	12:00	02:30:00	1.9	285	3	3	0.00299	0.00093	During activity
NIRAS (Site 2)	Renovation or asbestos products (dismantling)	Apartment complex	Removal of wall isolation	Removal of apartment complex by removing	N/A	2	Stationary position near field	Indoor	Mechanical	N/A	9°C	75	X	12-05-2020	12:45	14:42	01:57:00	1.9	222.3	0	0	0.00096	0.00023	During activity
NIRAS (Site 2)	Renovation or asbestos products (dismantling)	Apartment complex	Removal of wall isolation	Removal of apartment complex by removing	0-5 years	2	Personal (outside mask)	Indoor	Mechanical	The worker wore a full face mask and	9°C	75	2	12-05-2020	12:45	14:42	01:57:00	1.9	222.3	0	0	0.00096	0.00023	During activity
NIRAS (Site 2)	Renovation or asbestos products (dismantling)	Apartment complex	Removal of wall isolation	Removal of apartment complex by removing	N/A	2	Stationary position near field	Indoor	Mechanical	N/A	9°C	75	X	12-05-2020	12:45	14:42	01:57:00	1.9	222.3	2	1	0.00096	0.00023	During activity
NIRAS (Site 2)	Renovation or asbestos products (dismantling)	Apartment complex	Removal of wall isolation	Removal of apartment complex by removing	N/A	2	Stationary position near field	Indoor	Mechanical	N/A	9°C	75	X	12-05-2020	12:45	14:42	01:57:00	1.9	222.3	0	0	0.00096	0.00023	During activity
NIRAS (Site 2)	Renovation or asbestos products (dismantling)	Apartment complex	Removal of wall isolation	Removal of apartment complex by removing	0-5 years	2	Personal (outside mask)	Indoor	Mechanical	The worker wore a full face mask and	9°C	75	1	12-05-2020	12:45	14:43	01:58:00	1.9	224.2	0	0	0.00096	0.00023	During activity
NIRAS (Site 3)	Renovation or asbestos products (dismantling)	Hallway at a school	Removal of roof plates coating asbestos inside a	Removal of roof plates coating asbestos inside a	0-5 years	3	Personal (outside mask)	Indoor	Mechanical	The worker wore a mask with water	20°C	94	1	18-05-2020	07:20	09:00	01:40:00	1.9	190	29	23	0.13093	0.02147	During activity
NIRAS (Site 3)	Renovation or asbestos products (dismantling)	Hallway at a school	Removal of roof plates coating asbestos inside a	Removal of roof plates coating asbestos inside a	0-5 years	3	Personal (outside mask)	Indoor	Mechanical	The worker wore a mask with water	20°C	94	2	18-05-2020	07:22	09:00	01:38:00	1.9	186.2	14	14	0.06400	0.01307	During activity
NIRAS (Site 3)	Renovation or asbestos products (dismantling)	Hallway at a school	Removal of roof plates coating asbestos inside a	Removal of roof plates coating asbestos inside a	05-10 years	3	Personal (outside mask)	Indoor	Mechanical	The worker wore a mask with water	20°C	94	3	18-05-2020	07:28	09:00	01:32:00	1.9	174.8	17	12	0.05843	0.01120	During activity
NIRAS (Site 3)	Renovation or asbestos products (dismantling)	Hallway at a school	Removal of roof plates coating asbestos inside a	Removal of roof plates coating asbestos inside a	05-10 years	3	Personal (outside mask)	Indoor	Mechanical	The worker wore a mask with water	20°C	94	3	18-05-2020	10:38	11:01	00:23:00	1.9	43.7	18	15	0.29216	0.04000	During activity
NIRAS (Site 3)	Renovation or asbestos products (dismantling)	Hallway at a school	Removal of roof plates coating asbestos inside a	Removal of roof plates coating asbestos inside a	N/A	3	Stationary position near field	Indoor	Mechanical	N/A	20°C	94	X	18-05-2020	07:28	09:00	01:32:00	1.9	174.8	0	0	0.00081	0.00016	During activity
NIRAS (Site 3)	Renovation or asbestos products (dismantling)	Hallway at a school	Removal of roof plates coating asbestos inside a	Removal of roof plates coating asbestos inside a	N/A	3	Stationary position near field	Indoor	Mechanical	N/A	20°C	94	X	18-05-2020	07:28	09:00	01:32:00	1.9	174.8	0	0	0.00097	0.00019	During activity
NIRAS (Site 3)	Renovation or asbestos products (dismantling)	Hallway at a school	Removal of roof plates coating asbestos inside a	Removal of roof plates coating asbestos inside a	0-5 years	3	Personal (outside mask)	Indoor	Mechanical	The worker wore a mask with water	20°C	94	1	18-05-2020	09:47	11:01	01:14:00	1.9	140.6	12	11	0.06659	0.01027	During activity
NIRAS (Site 3)	Renovation or asbestos products (dismantling)	Hallway at a school	Removal of roof plates coating asbestos inside a	Removal of roof plates coating asbestos inside a	0-5 years	3	Personal (outside mask)	Indoor	Mechanical	The worker wore a mask with water	20°C	94	2	18-05-2020	09:40	11:01	01:21:00	1.9	153.9	15	13	0.07190	0.01213	During activity
NIRAS (Site 3)	Renovation or asbestos products (dismantling)	Hallway at a school	Removal of roof plates coating asbestos inside a	Removal of roof plates coating asbestos inside a	N/A	3	Stationary position near field	Indoor	Mechanical	N/A	20°C	94	X	18-05-2020	09:47	11:01	01:14:00	1.9	140.6	0	0	0.00286	0.00013	During activity
NIRAS (Site 3)	Renovation or asbestos products (dismantling)	Hallway at a school	Removal of roof plates coating asbestos inside a	Removal of roof plates coating asbestos inside a	N/A	3	Stationary position near field	Indoor	Mechanical	N/A	20°C	94	X	18-05-2020	09:47	11:01	01:14:00	1.9	140.6	0	0	0.00286	0.00013	During activity
NIRAS (Site 4)	Renovation or asbestos products (dismantling)	Terraced houses	Removal of roof containing asbestos	Removal of roof made of asbestos containing plates	0-5 years	5	Personal (outside mask)	Outdoor	Strong natural ventilation	The worker wore a half mask (NRD)	8-16°C	not measured	X	19-05-2020	07:30	09:03	01:33:00	1.9	176.7	2	2	0.00193	0.00037	During activity
NIRAS (Site 4)	Renovation or asbestos products (dismantling)	Terraced houses	Removal of roof containing asbestos	Removal of roof made of asbestos containing plates	N/A	5	Stationary position near field	Outdoor	Strong natural ventilation	N/A	8-16°C	not measured	X	19-05-2020	07:38	09:10	01:32:00	1.9	174.8	0	0	0.00097	0.00019	Before activity
NIRAS (Site 4)	Renovation or asbestos products (dismantling)	Terraced houses	Removal of roof containing asbestos	Removal of roof made of asbestos containing plates	0-5 years	5	Personal (outside mask)	Outdoor	Strong natural ventilation	N/A	8-16°C	not measured	X	19-05-2020	07:45	09:10	01:25:00	1.9	161.5	0	0	0.00094	0.00017	Before activity
NIRAS (Site 4)	Renovation or asbestos products (dismantling)	Terraced houses	Removal of roof containing asbestos	Removal of roof made of asbestos containing plates	0-5 years	5	Personal (outside mask)	Outdoor	Strong natural ventilation	The worker wore a half mask (NRD)	8-16°C	not measured	2	19-05-2020	08:53	11:48	02:55:00	1.9	332.5	4	4	0.00341	0.00134	During activity
NIRAS (Site 4)	Renovation or asbestos products (dismantling)	Terraced houses	Removal of roof containing asbestos	Removal of roof made of asbestos containing plates	0-5 years	5	Personal (outside mask)	Outdoor	Strong natural ventilation	The worker wore a half mask (NRD)	8-16°C	not measured	3	19-05-2020	07:58	11:48	03:50:00	1.9	437	0	0	0.00066	0.00029	During activity
NIRAS (Site 4)	Renovation or asbestos products (dismantling)	Terraced houses	Removal of roof containing asbestos	Removal of roof made of asbestos containing plates	0-5 years	5	Personal (outside mask)	Outdoor	Strong natural ventilation	The worker wore a half mask (NRD)	8-16°C	not measured	4	19-05-2020	08:59	11:48	02:49:00	1.9	321.1	0	0	0.00061	0.00023	During activity
NIRAS (Site 4)	Renovation or asbestos products (dismantling)	Terraced houses	Removal of roof containing asbestos	Removal of roof made of asbestos containing plates	N/A	5	Stationary position near field	Outdoor	Strong natural ventilation	N/A	8-16°C	not measured	X	19-05-2020	09:10	14:07	04:57:00	1.9	564.3	0	0	0.00066	0.00023	During activity
NIRAS (Site 4)	Renovation or asbestos products (dismantling)	Terraced houses	Removal of roof containing asbestos	Removal of roof made of asbestos containing plates	0-5 years	5	Personal (outside mask)	Outdoor	Strong natural ventilation	N/A	8-16°C	not measured	X	19-05-2020	09:45	14:04	04:19:00	1.9	492.1	0	0	0.00038	0.00023	During activity
NIRAS (Site 4)	Renovation or asbestos products (dismantling)	Terraced houses	Removal of roof containing asbestos	Removal of roof made of asbestos containing plates	0-5 years	5	Personal (outside mask)	Outdoor	Strong natural ventilation	The worker wore a half mask (NRD)	8-16°C	not measured	1	19-05-2020	09:45	11:41	01:56:00	1.9	220.4	0	0	0.00057	0.00023	During activity
NIRAS (Site 4)	Renovation or asbestos products (dismantling)	Terraced houses	Removal of roof containing asbestos	Removal of roof made of asbestos containing plates	0-5 years	5	Personal (outside mask)	Outdoor	Strong natural ventilation	The worker wore a half mask (NRD)	8-16°C	not measured	2	19-05-2020	12:45	14:02	01:17:00	1.9	146.3	1	1	0.00097	0.00016	During activity
NIRAS (Site 4)	Renovation or asbestos products (dismantling)	Terraced houses	Removal of roof containing asbestos	Removal of roof made of asbestos containing plates	0-5 years	5	Personal (outside mask)	Outdoor	Strong natural ventilation	The worker wore a half mask (NRD)	8-16°C	not measured	4	19-05-2020	12:45	14:02	01:17:00	1.9	146.3	4	3	0.00582	0.00093	During activity
NIRAS (Site 4)	Renovation or asbestos products (dismantling)	Terraced houses	Removal of roof containing asbestos	Removal of roof made of asbestos containing plates	0-5 years	5	Personal (outside mask)	Outdoor	Strong natural ventilation	The worker wore a half mask (NRD)	8-16°C	not measured	3	19-05-2020	12:46	14:06	01:20:00	1.9	152	6	6	0.00480	0.00080	During activity
NIRAS (Site 4)	Renovation or asbestos products (dismantling)	Terraced houses	Removal of roof containing asbestos	Removal of roof made of asbestos containing plates	0-5 years	5	Personal (outside mask)	Outdoor	Strong natural ventilation	The worker wore a half mask (NRD)	8-16°C	not measured	1	19-05-2020	12:48	14:02	01:14:00	1.9	140.6	6	6	0.01397	0.00215	During activity

NRAS (Site 13)	Active handling of asbestos products (dismantling)	Dumping site for asbestos	Asbestos Dumping	Submission and sorting of asbestos	N/A	6	Stationary position far field	Outdoor	Strong natural ventilation	N/A	8-11°C	N/A	X	11-01-2023	08:20	15:00	06:40:00	1.9	760	0	0	0.00056	0.00047	During activity
NRAS (Site 13)	Active handling of asbestos products (dismantling)	Dumping site for asbestos	Asbestos Dumping	Submission and sorting of asbestos	N/A	6	Stationary position far field	Outdoor	Strong natural ventilation	N/A	8-11°C	N/A	X	11-01-2023	08:00	14:40	06:40:00	1.9	760	0	0	0.00056	0.00047	During activity
NRAS (Site 14)	Active handling of asbestos products (dismantling)	Dairy Factory	Removal of roof plates	Removal of ceiling plates, asbestos and pipe	05-10 years	3	Personnel (outside new field)	Indoor	Mechanical	The worker wore a full face mask with	20°C	65	1	23-11-2023	09:40	12:00	02:20:00	1.9	266	8	8	0.00800	0.00233	During activity
NRAS (Site 14)	Active handling of asbestos products (dismantling)	Dairy Factory	Removal of roof plates	Removal of ceiling plates, asbestos and pipe	0-5 years	2	Stationary position near field	Indoor	Mechanical	The worker wore a full face mask with	20°C	65	2	23-11-2023	09:35	12:00	02:25:00	1.9	275.5	7	6	0.01854	0.00560	During activity
NRAS (Site 14)	Active handling of asbestos products (dismantling)	Dairy Factory	Removal of roof plates	Removal of ceiling plates, asbestos and pipe	N/A	3	Stationary position far field	Indoor	Mechanical	N/A	20°C	65	X	23-11-2023	09:40	12:15	02:35:00	1.9	294.5	8	7	0.01445	0.00467	During activity
NRAS (Site 14)	Active handling of asbestos products (dismantling)	Dairy Factory	Removal of roof plates	Removal of ceiling plates, asbestos and pipe	N/A	3	Stationary position far field	Indoor	Mechanical	N/A	20°C	65	X	23-11-2023	09:40	12:15	02:35:00	1.9	294.5	14	11	0.03179	0.01027	During activity
NRAS (Site 14)	Active handling of asbestos products (dismantling)	Dairy Factory	Removal of roof plates	Removal of ceiling plates, asbestos and pipe	05-10 years	3	Personnel (outside new field)	Indoor	Mechanical	The worker wore a full face mask with	20°C	65	1	23-11-2023	09:50	15:00	05:10:00	1.9	589	0	0	0.00090	0.00058	During activity
NRAS (Site 14)	Active handling of asbestos products (dismantling)	Dairy Factory	Removal of roof plates	Removal of ceiling plates, asbestos and pipe	0-5 years	3	Personnel (outside new field)	Indoor	Mechanical	The worker wore a full face mask with	20°C	65	2	23-11-2023	-	-	-	1.9	266	28	26	0.08319	0.02427	During activity
NRAS (Site 14)	Active handling of asbestos products (dismantling)	Dairy Factory	Removal of roof plates	Removal of ceiling plates, asbestos and pipe	0-5 years	3	Stationary position near field	Indoor	Mechanical	N/A	20°C	65	X	23-11-2023	12:15	15:00	02:45:00	1.9	313.5	11	9	0.02443	0.00840	During activity
NRAS (Site 14)	Active handling of asbestos products (dismantling)	Dairy Factory	Removal of roof plates	Removal of ceiling plates, asbestos and pipe	N/A	3	Stationary position far field	Indoor	Mechanical	N/A	20°C	65	X	23-11-2023	12:40	14:50	02:20:00	1.9	266	0	0	0.00089	0.00026	During activity
NRAS (Site 14)	Active handling of asbestos products (dismantling)	Dairy Factory	Removal of roof plates	Removal of ceiling plates, asbestos and pipe	N/A	3	Stationary position far field	Indoor	Mechanical	N/A	20°C	65	X	23-11-2023	11:50	14:50	03:00:00	1.9	342	0	0	0.00096	0.00036	During activity
NRAS (Site 14)	Active handling of asbestos products (dismantling)	Dairy Factory	Removal of roof plates	Removal of ceiling plates, asbestos and pipe	N/A	3	Stationary unknown new field	Indoor	Mechanical	N/A	20°C	65	X	23-11-2023	12:55	15:00	02:05:00	1.9	237.5	0	0			During activity
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Background	Background measurements	N/A	N/A	Stationary position far field	Indoor	N/A	N/A	N/A	N/A	X	19-04-21	10:50	Never turned on	-	2	0	0	0	0.00000	0.00000	Before activity
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Background	Background measurements	N/A	N/A	Stationary position near field	Indoor	N/A	N/A	N/A	N/A	X	19-04-21	10:45	-	-	2	2321.3	0	0	0.00020	0.00050	Before activity
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Background	Background measurements	N/A	N/A	Stationary position far field	Indoor	N/A	N/A	N/A	N/A	X	20-04-21	10:17:19	-	-	2	2482	0	0	0.00019	0.00050	Before activity
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Background	Background measurements	N/A	N/A	Stationary position near field	Indoor	N/A	N/A	N/A	N/A	X	20-04-21	10:02:54	10:08:58	00:06:04	2	2892.1	0	0	0.00017	0.00050	Before activity
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Background	Background measurements	N/A	N/A	Stationary position near field	Indoor	N/A	N/A	N/A	N/A	X	21-04-21	10:45:30	-	-	2	2526.7	0	0	0.00019	0.00050	Before activity
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Background	Background measurements	N/A	N/A	Stationary position far field	Indoor	N/A	N/A	N/A	N/A	X	21-04-21	10:41	-	-	2	1941	0	0	0.00026	0.00052	Before activity
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Background	Background measurements	N/A	N/A	Stationary position near field	Indoor	N/A	N/A	N/A	N/A	X	22-04-21	08:28	-	-	2	2550	0	0	0.00019	0.00051	Before activity
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Background	Background measurements	N/A	N/A	Stationary position far field	Indoor	N/A	N/A	N/A	N/A	X	22-04-21	08:45	-	-	2	2943.5	0	0	0.00017	0.00051	Before activity
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Background	Background measurements	N/A	N/A	Stationary position far field	Indoor	N/A	N/A	N/A	N/A	X	23-04-21	09:32	10:03	00:31:00	2	62					Before activity
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Decontamination	Decontamination stage (removal and disposal of wood)	N/A	N/A	Stationary position near field	Indoor	N/A	N/A	N/A	N/A	X	01-06-21	11:10	-	-	2	2621.2	0	0	0.00018	0.00050	During activity
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Decontamination	Decontamination stage (removal and disposal of wood)	N/A	N/A	Stationary position far field	Indoor	N/A	N/A	N/A	N/A	X	01-06-21	11:12	09:19	23:07:00	2	2654	2	2	0.00013	0.00037	During activity
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Decontamination	Decontamination stage (removal and disposal of wood)	N/A	N/A	Stationary position far field	Indoor	N/A	N/A	N/A	N/A	X	01-06-21	11:23	10:00	23:07:00	2	374	0	0	0.00019	0.00053	During activity
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Decontamination	Decontamination stage (removal and disposal of wood)	N/A	N/A	Stationary cleaning area in housing	Indoor	N/A	N/A	N/A	N/A	X	01-06-21	11:36	08:43	21:08:15	2	2532.5	0	0	0.00019	0.00050	During activity
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Decontamination	Decontamination stage (removal and disposal of wood)	N/A	N/A	Stationary cleaning area in housing	Indoor	N/A	N/A	N/A	N/A	X	01-06-21	11:42	08:43	21:00:15	2	2520.5	0	0	0.00020	0.00052	During activity
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Decontamination	Decontamination stage (removal and disposal of wood)	N/A	N/A	Stationary position near field	Indoor	N/A	N/A	N/A	N/A	X	02-06-21	09:44	Never turned on	-	2	0					During activity
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Decontamination	Decontamination stage (removal and disposal of wood)	N/A	N/A	Stationary position near field	Indoor	N/A	N/A	N/A	N/A	X	03-06-21	09:30	-	-	2	2673.8					During activity
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Decontamination	Decontamination stage (removal and disposal of wood)	N/A	N/A	Stationary position far field	Indoor	N/A	N/A	N/A	N/A	X	03-06-21	09:52	-	-	2	2681.9	0	0	0.00018	0.00050	During activity
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Decontamination	Decontamination stage (removal and disposal of wood)	N/A	N/A	Stationary position near field	Indoor	N/A	N/A	N/A	N/A	X	02-06-21	09:37	-	-	2	-					For XRD testing
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Decontamination	Decontamination stage (removal and disposal of wood)	N/A	N/A	Stationary position far field	Indoor	N/A	N/A	N/A	N/A	X	03-06-21	10:34	-	-	2	2595.1	0	0	0.00018	0.00050	During activity
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Decontamination	Decontamination stage (removal and disposal of wood)	N/A	N/A	Stationary position near field	Indoor	N/A	N/A	N/A	N/A	X	07-06-21	08:20	07:40	23:20:00	2	2800	0	0	0.00017	0.00050	During activity
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Decontamination	Decontamination stage (removal and disposal of wood)	N/A	N/A	Stationary position near field	Indoor	N/A	N/A	N/A	N/A	X	07-06-21	08:19	-	-	2	2623.9	0	0	0.00018	0.00050	During activity
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Decontamination	Decontamination stage (removal and disposal of wood)	N/A	N/A	Stationary position near field	Indoor	N/A	N/A	N/A	N/A	X	08-06-21	07:48	-	-	2	989.2	0	0	0.00049	0.00051	During activity
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Decontamination	Decontamination stage (removal and disposal of wood)	N/A	N/A	Stationary position far field	Indoor	N/A	N/A	N/A	N/A	X	08-06-21	07:55	-	-	2	943.8					During activity
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Decontamination	Decontamination stage (removal and disposal of wood)	N/A	N/A	Personnel (outside mask)	Indoor	N/A	The worker wore helmet, gloves	N/A	N/A	X	08-06-21	08:30	-	-	2	922.5	0	0	0.00052	0.00050	During activity
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Stripping	Stripping stage (removal of doors, panels, tiles)	N/A	4	Personnel (outside mask)	Indoor	N/A	The worker wore helmet, gloves	N/A	N/A	1	07-09-21	07:20	15:36	08:16:00	2	992	0	0	0.00048	0.00050	During activity
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Stripping	Stripping stage (removal of doors, panels, tiles)	N/A	2	Personnel (outside mask)	Indoor	N/A	The worker wore helmet, gloves	N/A	N/A	2	07-09-21	07:22	15:35	08:13:00	2	986	0	0	0.00048	0.00050	During activity
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Stripping	Stripping stage (removal of doors, panels, tiles)	N/A	4	Personnel (outside mask)	Indoor	N/A	The worker wore helmet, gloves	N/A	N/A	3	07-09-21	07:25	15:37	08:12:00	2	984	0	0	0.00049	0.00050	During activity
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Stripping	Stripping stage (removal of doors, panels, tiles)	N/A	4	Personnel (outside mask)	Indoor	N/A	The worker wore helmet, gloves	N/A	N/A	4	07-09-21	07:35	15:27	07:52:00	2	944	0	0	0.00051	0.00050	During activity
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Stripping	Stripping stage (removal of doors, panels, tiles)	N/A	2	Stationary position far field	Outdoor	N/A	N/A	N/A	N/A	X	08-09-21	09:05	15:26	06:21:00	2	762	0	0	0.00064	0.00051	Outside cafe area
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Stripping	Stripping stage (removal of doors, panels, tiles)	N/A	2	Personnel (outside mask)	Indoor	N/A	The worker wore helmet, gloves	N/A	N/A	2	08-09-21	07:07	15:42	08:35:00	2	1030	0	0	0.00046	0.00050	Person 2 and 3 from the day before
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Stripping	Stripping stage (removal of doors, panels, tiles)	N/A	2	Personnel (outside mask)	Indoor	N/A	The worker wore helmet, gloves	N/A	N/A	3	08-09-21	07:11	15:29	08:18:00	2	996	0	0	0.00036	0.00037	Person 2 and 3 from the day before
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Stripping	Stripping stage (removal of doors, panels, tiles)	N/A	2	Personnel (outside mask)	Indoor	N/A	The worker wore helmet, gloves	N/A	N/A	1	20-09-21	07:31	15:34	08:03:00	2	966					Tearing down door
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Stripping	Stripping stage (removal of doors, panels, tiles)	N/A	2	Personnel (outside mask)	Indoor	N/A	The worker wore helmet, gloves	N/A	N/A	2	20-09-21	07:40	15:43	08:03:00	2	966	0	0	0.00049	0.00050	Tearing down door
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Stripping	Stripping stage (removal of doors, panels, tiles)	N/A	2	Stationary position near field	Indoor	N/A	N/A	N/A	N/A	X	20-09-21	08:22	15:46	07:14:00	2	868	0	0	0.00041	0.00037	Tearing down door
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Stripping	Stripping stage (removal of doors, panels, tiles)	N/A	2	Stationary position far field	Indoor	N/A	N/A	N/A	N/A	X	20-09-21	08:22	15:42	06:30:00	2	780	0	0	0.00061	0.00050	Tearing down door
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Stripping	Stripping stage (removal of doors, panels, tiles)	N/A	2	Stationary cleaning area in housing	Indoor	N/A	N/A	N/A	N/A	X	20-09-21	09:12	15:25	06:02:00	2	724,000,000	0	0	0.00056	0.00050	Outside cafe area
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Concrete work	Concrete work, Mixing concrete	N/A	2	Stationary cleaning area in housing	Indoor	N/A	N/A	N/A	N/A	X	20-09-21	09:23:00	15:20:00	08:01:00	2	962,000,000	0	0	0.00052	0.00052	During activity
Beendy Strand	Removal of asbestos products (dismantling)	Apartment complex (floor)	Concrete work	Concrete work, Mixing concrete	N/A	3	Personnel (outside mask)	Indoor	N/A	The worker wore helmet, gloves	N/A	N/A	1	21-09-21	07:19:00	16:16:00	08:46:00	2	1,052,000,000	0	0</			

Bilag 2. Appskabelonen for asbestarbejde i Safety Observer app'en

<https://nfa.dk/safetyobserver>

1. Indretning af arbejdsområder (Infotekst)

En registrering for hvert objekt eller område (maks. 50 m²)

Skiltning og afmærkning af fx arbejdszone, faremærkning, værnemidler, flugtveje, førstehjælp m.m.

Afdækning, afskærmning, indpakning, forsegling, m.m. fx tætsluttende skærmvægge, huller, ventilation, afløb m.m.

Udvendigt: Afdækning af ikke befæstede arealer i området med plastfolie eller fiberdug
Adgangssluser med 3 kamre

Obs: Skærpede krav ved indendørs- kontra udendørs asbestarbejde, samt reparation og vedligehold. Der dispenseres fra nogle krav ved mindre støvende og kortvarigt arbejde.

Generel information:

<https://www.danskindustri.dk/brancher/di-byggeri/publikationer/arbejdsmiljo/asbest-vejledning/>

(Målepunkter)

1.1 Skiltning og afmærkning

1.2 Afdækning, afskærmning, indpakning, forsegling m.m.

1.3 Adgangssluser - 3 kamre

1.4 Førstehjælpsudstyr

2. Tekniske hjælpemidler inkl. maskiner og værktøj

En registrering for hvert teknisk hjælpemiddel - herunder maskiner og værktøj

Aftalte tekniske hjælpemidler inkl. støvreducerende udstyr er til stede jf. arbejdsplanen

Tekniske hjælpemidler bruges korrekt ift. støvreduktion

Luftrensning og udsugning: Filterskift overholdt; undertryk i arbejdsområder med konstant luftskifte (10 x pr. time); punktudsug på mekanisk værktøj (støvsuger med H13 støvfilter)

Vanding – befugt de asbestholdige emner

Aflukning af ventilationssystemer, for at hindre spredning af asbesten/forureningen fra arbejdsområdet

2.1 Tekniske hjælpemidler er til stede

2.2 Tekniske hjælpemidler er vedligeholdte og funktionsduelige

2.3 Tekniske hjælpemidler bruges korrekt

3. Personlige værnemidler

En registrering af om:

Aftalte personlige værnemidler er til stede jf. arbejdsplanen, fx åndedrætsværn, handsker, dragter, briller m.m.

Personlige værnemidler anvendes korrekt

Obs. værnemidler afhænger af en konkret vurdering af arbejdets karakter og varighed, udstyr og arbejdsmetoder

Eksempler

Støvtætte handsker som kan modstå asbestholdigt støv

Åndedrætsværn med friskluftforsyning, turboenhed med P3 partikelfilter, evt. P2 filter

Heldækkende overtræksdragt / støvdragt type 5/6

3.1 Relevante værnemidler er til stede

3.2 Værnemidler er vedligeholdt og funktionsduelige

3.3 Værnemidler anvendes korrekt

4. Orden og ryddelighed

Én registrering for hvert objekt eller område (maks. 50 m²), fx arbejdsområder, adgangsveje, transportveje, trapper, stilladser, lifte, platforme, containere m.m.

Holdes rent for støv, fx støvsuget eller vådrengjort

Faremærkning af affald – tydeligt mærket "ASBEST"

Let adgang til affaldshåndtering

4.1 Oprydning

4.2 Farligt affald - mærkning og håndtering

4.3 Let adgang til affaldshåndtering

5. Velfærdsforanstaltninger

Én registrering for hvert objekt eller område, fx. skurby, skurvogn, miljøvogn, omklædningsfaciliteter, toilet, badfaciliteter, opholds-/spiserum m.m.

Ordentlige og rene skurforhold

Spise- og hvileplads i ren zone

Mulighed for sikker og ren opbevaring af personlige værnemidler

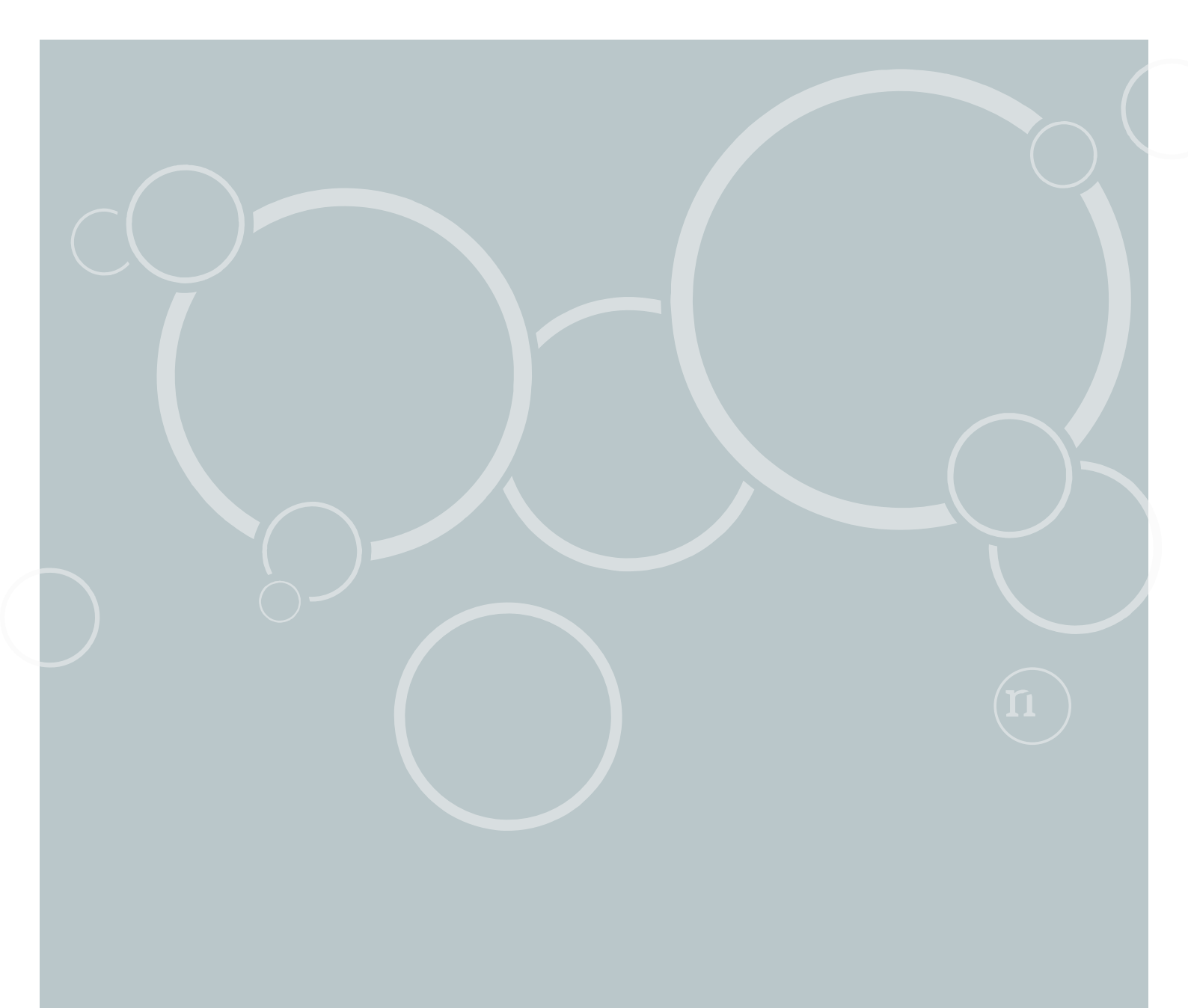
Separate/opdelte omklædningsfaciliteter med garderobeskab for eget tøj og arbejdstøj fx i forbindelse med arbejde med støvende processer, epoxy, PU-skum, asbest, forurenede jord m.m.

Bad og håndvask udstyret med varmt og koldt vand

5.1 Skurplads, miljøvogn (hvis påkrævet)

5.2 Omklædningsrum, badfaciliteter

5.3 Opholds-/spiserum



Asbest i byggeindustrien

-
ASBYG-projektet

Arbejds- og Miljømedicinsk Afdeling
Aalborg Universitetshospital
Havrevangen 1
9000 Aalborg

3. april 2024



AALBORG UNIVERSITETSHOSPITAL
- i gode hænder