

Bispebjerg Hospital

Arbejds- og Miljømedicinsk Afdeling

Aarhus Universitetshospital

Arbejds- og Miljømedicinsk Afdeling

REGION

DOC*X DUST

Støvende arbejde og risiko for iskæmisk hjertesygdom

Slutrapport til Arbejds miljøforskningsfonden

Region H: Regitze Sølling Wils, Esben Flachs og Jens Peter Bonde

Region Midtjylland: Zara Ann Stokholm og Henrik Kolstad

Indhold

1 Forord

2 Resumé på dansk

3 Summary in English

4 Projektets formål

5 Fremgangsmåde

6 Hovedresultater

7 Diskussion

8 Konklusioner og perspektiver

9 Formidling

9.1 Fortegnelse over publikationer

9.2 Mundtlig og skriftlig formidling

10 Referencer

Bilag 1:

- 1) Videnskabelig artikel: Link til artiklen indsat pga copyright. Artiklen er Open Access
 - *“Occupational exposure to diesel engine exhaust and first-time acute myocardial infarction—a nationwide register-based cohort study 1976-2018”, European Journal of Preventive Cardiology, 2025/1/18*
- 2) Videnskabelig artikel: Link til artiklen indsat pga copyright. Artiklen er Open Access
 - *“Occupational exposure to respirable crystalline quartz and the risk of incident acute myocardial infarction”, International Journal of Environmental Health Research, 1-13 (2025)*

Bilag 2:

- 1) Populærvidenskabelig formidling
 - *Populærvidenskabelig artikel om arbejdsmæssig udsættelse for diesel og risikoen for hjertekarsygdom til Årsberetning, Arbejds- og Miljømedicinsk Afdeling på Bispebjerg Hospital., Marts 2025*
 - *Linkedin opslag om arbejdsmæssig udsættelse for diesel og risikoen for hjertekarsygdom, Februar 2025*

Forord

Dette forskningsprojekt er finansieret af Arbejdsmiljøforskningsfonden (projektnummer: #08-2020-09) og er et samarbejde mellem primært Arbejds- og Miljømedicinsk Afdeling på Bispebjerg Hospital og Arbejds- og Miljømedicinsk Afdeling på Århus Universitetshospital.

Forskningsprojektet består af to delprojekter, hvoraf delprojektet om støveksposering og akut myokardieinfarkt er udført af Regitze Sølling Wils under vejledning af Jens Peter Bonde og Esben Meulengracht Flachs, og disse er beskrevet i følgende to videnskabelige publikationer:

- 2) *“Occupational exposure to diesel engine exhaust and first-time acute myocardial infarction—a nationwide register-based cohort study 1976-2018”, European Journal of Preventive Cardiology, 2025/1/18*
- 3) *“Occupational exposure to respirable crystalline quartz and the risk of incident acute myocardial infarction”, International Journal of Environmental Health Research, 1-13 (2025)*

Andet delprojekt er udført af Zara Ann Stokholm under vejledning af Henrik Kolstad og er beskrevet i følgende manuskript:

- 1) *Long-term exposure to occupational dust and particles exposure and coronary artery calcification, draft*

Resume på dansk:

Hjertesygdom er den anden hyppigste dødsårsag i Danmark, kun overgået af kræft (Sundhedsdatastyrelsen, 2024). De seneste år er man blevet opmærksom på, at det ikke kun er risikofaktorer som kost, motion og rygning, der betyder noget for udviklingen af hjertekarsygdomme, men også faktorer i både miljøet og på arbejdet. Der er udbredt enighed om, at luftforurening øger risikoen for at udvikle særligt iskæmisk hjertesygdom hos fortrinsvis den ældre del af befolkningen (Alexeeff et al., 2021). Undersøgelser peger på, at et støvende arbejdsmiljø på tilsvarende måde øger risikoen for iskæmisk hjertesygdom i den yngre del af befolkningen (Torén et al., 2007; Wiebert et al., 2022). Dog mangler der større studier til at belyse sammenhængen mellem støvende arbejde og risikoen for hjertekarsygdom.

Formålet med nærværende epidemiologiske undersøgelse er derfor at undersøge om danske arbejdstagere, der er udsat for støvende arbejde, har en højere risiko for åreforkalkning (delprojekt 2) og at udvikle en blodprop i hjertet (delprojekt 1).

Delprojekt1: Støvende arbejde og risiko for akut myokardieinfarkt

I delprojekt 1 har vi taget udgangspunkt i to af de mest hyppige støveksposeringer på arbejdspladsen i Danmark, hvilket er dieseludstødning og kvartsstøv. I et registerbaseret kohortestudie omfattende 903.415 danske lønmodtagere i alderen 35-50 år, inkluderet i 1995, blev eksponering for dieseludstødning/kvartsstøv vurderet ved kobling af en kvantitativ jobeksponeringsmatrice (JEM) for henholdsvis dieseludstødning og kvartsstøv. Denne kobling er mulig da DOC*X databasen indeholder individuel jobhistorik i hele studiets observationsperiode (1976-2017). Data om, hvorvidt et individ udviklede en blodprop i hjertet blev indhentet fra Landspatientregistret (1996-2018) under diagnosen akut myokardieinfarkt (AMI). For i videst muligt omfang at tage hensyn til andre risikofaktorer for hjerte-kar-sygdom, justerede vi de fundne risikoestimater for køn, alder, luftforurening på hjemmeadressen, arbejdsløshed, men også andre mulige faktorer i arbejdsmiljøet, der kunne påvirke risikoen for AMI, herunder fysisk hårdt arbejde, et stressende arbejdsmiljø samt udsættelse for støj.

Resultaterne viste en signifikant øget incidens rate ratio (IRR) for blodprop i hjertet ved stigende udsættelse for kumulativ dieseludstødning på arbejdet. De højest eksponerede havde en IRR på 1,08 (95% CI: 1,04-1,12) sammenlignet med ueksponerede.

For kvartsstøv fandt vi ikke en øget risiko for blodprop i hjertet ved udsættelse for kvartsstøv, men vores undersøgelser peger på, at dem, der var udsat for højere niveauer af kvartsstøv, havde et

bedre helbred end dem, der var udsat for mindre kvartsstøv. Derved menes ikke, at kvartseksponering beskytter mod hjertekarsygdomme, men snarere, at andre risikofaktorer for hjertekarsygdomme var overrepræsenterede i de lavest eksponerede grupper.

Denne bias, også kendt som "*the healthy worker effect*", er velkendt i studier, hvor man undersøger sammenhængen mellem erhvervsmæssige risikofaktorer og helbred, da høj kumulativ eksponering indebærer, at man er rask nok til at være en del af arbejdsmarkedet over en længere årrække.

Alt i alt, peger vores resultater på, at udsættelse for dieseldustødnings øger risikoen for at udvikle en blodprop i hjertet, hvorimod vi ikke finder en sammenhæng mellem udsættelse for kvartsstøv og risikoen for AMI. Resultaterne peger på, at risikoen for at udvikle hjertekarsygdom bør overvejes i risikovurderingen ved fastsættelse af grænseværdier for erhvervsmæssig eksponering for dieseldustødnings.

Delprojekt 2: Støvende arbejde og calcification score

Formålet med dette delprojekt var at undersøge, om længerevarende udsættelse for udvalgte former for erhvervsrelateret støv, herunder kvartsstøv, træstøv, endotoksin og dieseldustødnings, er forbundet med forkalkning i hjertets kranspulsårer.

Studiet omfattede 11.713 personer fra den danske erhvervsaktive befolkning, som i perioden 2008-2018 gennemgik en koronar CT-scanning. Erhvervseksponering blev estimeret ud fra detaljeret jobhistorik i DOC*X-kohorten koblet med kvantitative jobeksponeringsmatricer.

Forkalkning blev vurderet ud fra Agatston-scoren, og analyserne blev stratificeret på køn og justeret for en række kendte risikofaktorer for hjertekarsygdom.

Vi fandt ingen entydige tegn på, at de undersøgte støvtyper er associeret med graden af forkalkning. Estimaterne lå omkring 1 for begge køn og på tværs af eksponeringsniveauer.

Der er tale om et tværsnitstudie, hvilket begrænser mulighederne for at drage konklusioner om årsagssammenhænge. Til gengæld giver undersøgelsen et vigtigt udgangspunkt for senere opfølgingsstudier med fokus på udviklingen af forkalkning over tid og mulige sammenhænge med arbejdsmiljøpåvirkninger.

Summary in English

Heart disease is the second most common cause of death in Denmark, surpassed only by cancer (Sundhedsdatastyrelsen, 2024). In recent years, attention has been drawn to the fact that not only well-known risk factors such as diet, exercise, and smoking play a role in the development of cardiovascular diseases, but also environmental and occupational factors. There is broad consensus that air pollution increases the risk of developing ischemic heart disease, particularly among the elderly (Alexeeff et al., 2021). Studies suggest that a dusty work environment similarly increases the risk of ischemic heart disease in younger populations (Torén et al., 2007; Wiebert et al., 2022). However, larger studies are needed to clarify the link between dusty work and cardiovascular disease risk.

The purpose of this epidemiological study is therefore to investigate whether Danish workers exposed to dusty working conditions have a higher risk of atherosclerosis (project 2) and acute myocardial infarction (project 1).

Project 1: Dusty Work and the Risk of Acute Myocardial Infarction

In project 1, we focused on two of the most common occupational dust exposures in Denmark: diesel exhaust and quartz dust. In a register-based cohort study of 903,415 Danish employees aged 35-50 years, exposure to diesel exhaust and quartz dust was assessed by linking quantitative job-exposure matrices (JEM) for diesel engine exhaust and respirable crystalline quartz, respectively. This linkage was made possible through the DOC*X database, which contains annual job codes on individual basis for the entire study observation period (1976-2017). Data on whether an individual developed a heart attack was obtained from the National Patient Registry (1996-2018) under the diagnosis of acute myocardial infarction (AMI). To account for other cardiovascular risk factors, we adjusted the estimated risks for sex, age, air pollution at the home address, unemployment, and other occupational exposures that could influence AMI risk, including physically demanding work, a stressful work environment, and exposure to noise.

The results showed a significantly increased incidence rate ratio (IRR) for acute myocardial infarction with increasing cumulative exposure to diesel exhaust at work. The highest-exposed individuals had an IRR of 1.08 (95% CI: 1.04-1.12) compared to the unexposed group.

For quartz dust, we did not find an increased risk of acute myocardial. However, our analyses suggest that those exposed to higher levels of quartz dust appeared to have an overall better

health status than those exposed to lower levels. This does not imply that quartz exposure protects against cardiovascular disease but rather that other cardiovascular risk factors were overrepresented in the lowest-exposed groups. This bias, also known as “the healthy worker effect”, is common in studies assessing occupational risk factors as high cumulative exposure implies being healthy enough to be a part of the labor market for several years.

Overall, our results indicate that exposure to diesel exhaust increases the risk of developing acute myocardial infarction, while we did not observe an increased risk of acute myocardial infarction among those exposed to respirable crystalline quartz. The findings suggest that the risk of cardiovascular disease should be considered in occupational risk assessments when setting exposure limits for diesel exhaust.

Project 2:

The aim of this subproject was to explore whether long-term occupational exposure to selected types of dust, including respirable crystalline silica, wood dust, endotoxin, and diesel exhaust, is associated with coronary artery calcification (CAC).

The study included 11,713 working individuals in Denmark who underwent coronary CT angiography between 2008 and 2018. Occupational exposure was estimated based on detailed job histories from the DOC*X cohort linked with quantitative job exposure matrices. Calcification was assessed using the Agatston score, and analyses were stratified by sex and adjusted for key cardiovascular risk factors.

The results showed no clear association between exposure to the dust types examined and the degree of coronary artery calcification. Risk estimates hovered around 1 for both men and women across exposure levels.

As a cross-sectional study, it does not allow conclusions about causality. However, it provides an important baseline for future longitudinal research into how occupational exposures may influence the progression of coronary calcification over time.

Introduktion

Tusindvis af danske arbejdstagere er hver dag udsat for forskellige typer støv på deres arbejdsplads. Der er stærk evidens for, at særligt partikulær luftforurening øger risikoen for hjerte-kar-sygdomme, men om udsættelse for støv og partikler på arbejdspladsen ligeledes øger risikoen for hjertesygdom er mindre belyst. En vigtig kilde til luftforurening i bymiljøet er udstødning fra dieselmotorer, der også er en hyppig eksponering i arbejdsmiljøet - især i større industrier som transport- og byggesektoren (Plato et al., 2020). Studier af erhverv med arbejdsmæssig udsættelse for dieseludstødning såsom buschauffører, taxachauffører, lastbilchauffører og maskinoperatører har vist en øget risiko for hjerte-kar-sygdomme eller dødelighed fra iskæmisk hjertesygdom (Finkelstein et al., 2004; Gustavsson et al., 1996; Hart et al., 2013; Rosengren et al., 1991). En anden kilde til støv på arbejdspladsen er kvartsstøv, som oftest forekommer i bygge- og anlægsindustrien. Det er velkendt, at udsættelse for kvartsstøv i arbejdsmiljøet kan øge risikoen for lungecancer og støvlunger med arvævsdannelse i alveolerne i lungerne. Der er begrænset viden om risikoen for hjertekarsygdom som følge af udsættelse for kvartsstøv. Et systematisk review med tilhørende metaanalyse konkluderede, at kvartsuudsatte arbejdstagere havde større risiko for at dø af hjertesygdomme generelt, særligt pulmonal hjertesygdom forårsaget af den effekt, kvartsstøv har på lungerne og lungekredsløbet. Reviewet kunne ikke drage nogle entydige konklusioner om sammenhængen mellem kvarts og iskæmisk hjertesygdom (Liu et al., 2020).

Eksperimentelle studier af biologiske mekanismer er med til at underbygge sammenhængen mellem partikulær luftforurening og hjertekarsygdomme, herunder iskæmisk hjertesygdom. De samme mekanismer må antages at gøre sig gældende for en tilsvarende arbejdsmæssig udsættelse for partikler. Fine og ultrafine partikler fra fx dieseludstødning er i stand til at nå de alveolære dele af lungerne og fremkalde betændelseslignende reaktion (Hadrup et al., 2020). Denne inflammation aktiverer flere komponenter i immunsystemet og kan derved udvikle sig til systemisk inflammation, således, at kroppens respons på partikler i lungerne ikke længere er lokal, men påvirker hele kroppen. Dette inkluderer påvirkning af blodets tendens til at koagulere, øget åreforkalkning, men også oxidativt stress, der ligeledes kan fremme udviklingen af arteriosklerose (Arias-Pérez et al., 2020). På den måde kan den systemiske inflammation på sigt bidrage til udviklingen af manifest hjerte-kar-sygdom.

Alt i alt, er der både sandsynlig biologisk mekanisme og epidemiologiske studier, der peger på en mulig sammenhæng mellem visse typer af støv/partikler og hjertekarsygdomme, men der mangler større kohortestudier til at undersøge sammenhængen inden for arbejdsbetinget støveksposering. Med opbygningen af DOC*X databasen (Danish Occupational Cohort with eXposure data), inddragelse af job-eksponeringsmatricer og database med detaljerede oplysninger og omfang af åreforkalkning af hjertets kranspulsårer, har det været muligt at bidrage med robuste analyser af denne sammenhæng.

Formål

Hovedformålet med dette forskningsprojekt er at undersøge sammenhængen mellem støvende arbejde og iskæmisk hjertesygdom. På grund af den høje eksponeringsintensitet, varighed og frekvens af erhvervsmæssig eksponering for støv/partikler, er det vigtigt at undersøge, om erhvervsmæssig eksponering for to af de hyppigste luftbårne eksponeringer (kvartsstøv og dieseludstødning) udgør en selvstændig risikofaktor for udvikling af hjertekarsygdom.

Ved hjælp af DOC*X databasen og kvantitative job-eksponeringsmatricer har vi haft følgende formål med projekt 1 (Arbejds- og Miljømedicinsk Afdeling, Bispebjerg Hospital):

- 1) At undersøge risikoen for akut myokardieinfarkt (blodprop i hjertet, en god klinisk indikator for iskæmisk hjertesygdom) ved kort- henholdsvis langtidsudsættelse for bestemte aktuelt relevante hovedgrupper af partikeleksponering, nemlig kvartsholdigt respirabelt støv samt udstødning fra diesel motorer (Elemental Carbon, EC)
- 2) At undersøge om risikoen påvirkes af andre mulige arbejdsrelaterede risikofaktorer, nemlig tungt fysisk krævende arbejde, luftforurening på hjemmeadressen, arbejdsbetingelser støj og stressende arbejdsmiljø (job strain)

Projekt 2, udført af Arbejds- og Miljømedicinsk Afdeling, Århus Universitetshospital:

- 1) At undersøge, om erhvervsmæssig udsættelse for kvartsstøv, træstøv, endotoksin og dieseludstødning er associeret med objektive åreforkalkninger i hjertets kranspulsårer (Coronary Artery Calcification, CAC) blandt den danske erhvervsaktive befolkning i perioden 2008-2018.

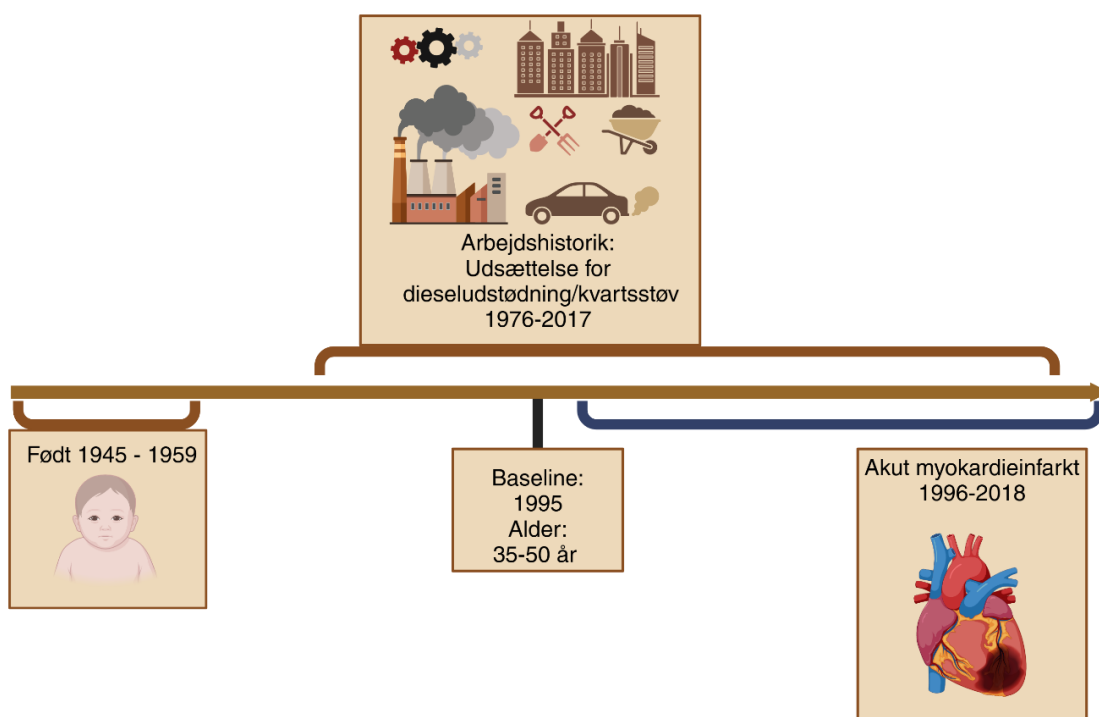
Fremgangsmåde

Projekt 1: DOC*X Dust - Støvende arbejde og risikoen for akut myokardieinfarkt:

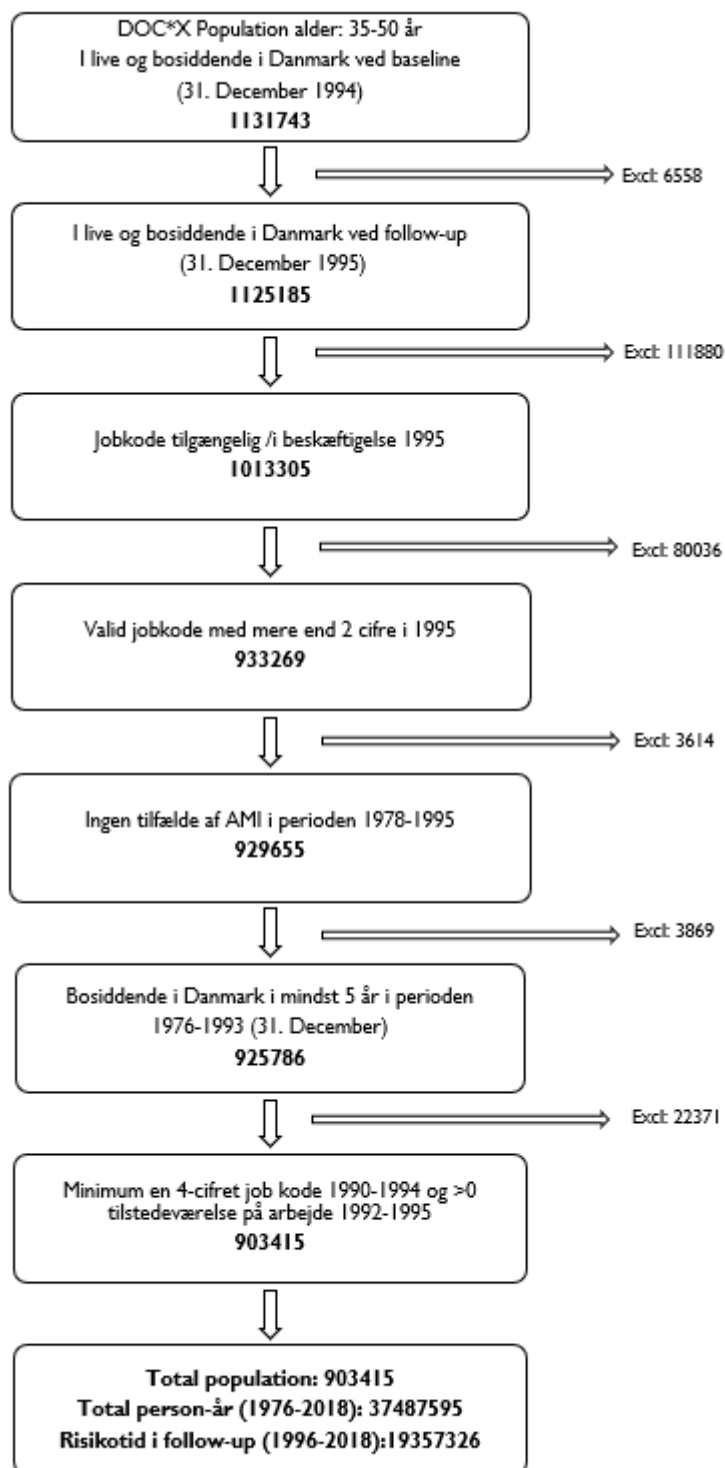
Overordnet studiedesign:

DOC*X Dust-studiet er en registerbaseret kohortestudie, der anvender årlige data fra den danske arbejdsstyrke i perioden 1976 til 2018 (se figur 1). Kohorten er en underpopulation af den nationale DOC*X-database, som vist i flowchart i figur 2, hvor eksklusionskriterier ligeledes er beskrevet. DOC*X Dust kohorten består af 903.415 danske indbyggere, der følges i perioden 1. januar 1996 indtil slut på opfølgingsperiode 31. december 2018 eller før, såfremt personen får akut myokardieinfarkt, afgår ved døden eller emigrerer. Arbejdshistorik følges med årlig jobkode i perioden 1976-2017 (se figur 1). Personer, der havde haft akut myokardieinfarkt i perioden 1978-1995, blev ekskluderet fra studiepopulationen.

Figur 2: Oversigt over tidslinjen i studiedesignet. Inkluderede personer er født i 1945-1959 og er altså 35-50 år i 1995, der er baseline. Vi har informationer om jobhistorik i perioden 1976-2017 og viden om akut myokardieinfarkt i follow-up perioden 1996-2018, (BioRender. Wils, R. (2025))



Figur 2: Dannelse af DOC*X Dust populationen ud fra DOC*X kohorten



Eksponering:

Dieseludstødning

Erhvervsmæssig eksponering for dieseludstødning blev estimeret ved hjælp af en kvantitativ JEM (Job Exposure Matrix), der anvender EC (elementært kulstof) som en indikator for dieseludstødning, da EC korrelerer godt med niveauet af partikler i dieseludstødning (Plato et al., 2020). JEM'en blev oprindeligt udviklet til arbejdsforhold i Stockholm i Sverige, men blev senere revideret for at afspejle svenske nationale eksponeringsniveauer. Den er baseret på modellering af historiske målinger, nuværende målinger og ekspertkonsensus. I dette studie blev JEM'en omkodet til den europæiske ISCO-88 (Com), som ligner den danske DISCO-88, og dækker 52 jobkoder i hele studieperioden (1976-2017) med kalenderårsspecifikke estimater. Ved hjælp af JEM'en blev hvert personår med en jobkode svarende til en af de 52 jobkoder i JEM'en tildelt et estimat for udsættelse for dieseludstødning. I DOC*X Dust-kohorten var de mest udbredte jobkoder (1976-2017) "Transport- og fragthåndtering" (9330) og "Lastbilchauffører" (8324).

Respirabelt krystalint kvarts

Erhvervsmæssig udsættelse for kvarts blev estimeret ved hjælp en SYN-JEM, der er en kvantitativ job-eksponeringsmatrice (Peters et al., 2016) med kalenderårsspecifikke eksponeringsestimater for 44 jobkoder. Selve JEM'en er baseret på 15.204 historiske målinger. Som ved ovenstående studie blev hvert person-år tildelt et estimat for kvartsudsættelse baseret på værdier i JEM'en.

Udfald

Udfaldet blev defineret som første-gangs hospitalsindlæggelse for akut myokardieinfarkt (AMI) svarende til ICD-10 koderne: I21.0-I21.9, som hoveddiagnose, eller død af AMI (ICD-10 koder: I21.0-I21.9) i opfølgingsperioden (1996-2018)). Diagnoserne blev hentet fra det danske Landspatientregister og det danske Dødsårsagsregister.

Øvrige faktorer i analysen:

Baggrundsinformation: Årlig information om civilstand og ægteskabelig status, indkomst (kvartiler) og højeste uddannelsesnivea (grundskole, gymnasium, kort videregående, mellemlang videregående, lang videregående) blev hentet fra Danmarks Statistik.

Eksponering for luftforurening på bopælen: For at vurdere eksponeringen for luftforurening i bopælsområdet blev bolighistorikken koblet med information fra DEHM/UBM/AirGIS-modelleringsystemet (<https://www.au.dk/AirGIS>) i perioden 1979 til 2017 på månedsbasis (25). Luftforureningsestimaterne omfatter EC og PM_{2,5} som en årlig værdi af den gennemsnitlige månedlige eksponering for hvert år 1979-2017.

Sundhed: Body Mass Index (BMI) og sandsynligheden for at være ryger blev estimeret baseret på danske "lifestyle JEM's" der tager hensyn til jobkode, køn, alder og kalenderår (1976-2017) (Bondo Petersen et al., 2018). Hospitalsdiagnoser vedrørende kronisk sygdom forbundet med hjerte-kar-sygdom blev hentet fra det danske Landspatientregister fra 1977 til 2018. Medicindata fra 1995 (inden start på opfølgingsperioden) blev hentet fra lægemiddeldatabasen.

Andre erhvervmæssige eksponeringer

Fysisk hårdt arbejde: Eksponering for fysisk anstrengelse på arbejdet blev vurderet ved hjælp af Lower Body JEM, der estimerer den daglige samlede mængde af løftede kilogram (kg) og stående/gående tid på arbejdet (Rubak et al., 2014).

Job strain: Arbejdsrelateret stress blev kvantificeret som en sandsynlighed for at have et job med høje krav og lav kontrol. Estimerer blev tildelt i henhold til DISCO-88 jobkode, køn og alder ved hjælp af en JEM baseret på data fra en dansk befolkningsundersøgelse (Madsen et al., 2018).

Erhvervmæssig støjeksponering blev tildelt af en JEM, der leverer støjniveauer i henhold til jobkode, køn, alder og kalenderår (Stokholm et al., 2020).

Statistiske metoder og eksponeringsmål

Eksponering for dieseludstødning/kvartstøv blev estimeret gennem tre mål: (1) kumulativ eksponering, beregnet som summen af eksponering over tid, (2) nylig eksponering, defineret som eksponering året forinden, og (3) maksimal eksponering, hvilket angav den højeste opnåede eksponeringsværdi i et givent år inden for observationsperioden.

Incidens rate-ratioer (IRR) og 95% konfidensintervaller (CI) for sammenhængen mellem akut myokardieinfarkt (AMI) og erhvervmæssig eksponering for dieseludstødning/kvartstøv blev beregnet ved hjælp af Poisson-regression. Antallet af person-år i risiko blev registreret fra starten af opfølgingsperioden (1. januar 1996) og fortsatte indtil forekomsten af et første gangs AMI, død

som følge af første gangs AMI eller afslutningen af opfølgningsperioden (31. december 2018). Død af andre årsager, emigration eller bortfald fra opfølgning førte også til censurering af opfølgningsdata.

Projekt 2:

Vi inkluderede 11.713 personer fra den erhvervsaktive befolkning i Danmark, som i perioden 2008-2018 fik foretaget en koronar CT-scanning som led i en kardiologisk udredning. Deltagerne var mellem 35 og 50 år ved baseline og havde mindst ét års dokumenteret beskæftigelse i DOC*X-kohorten. Personer med tidligere blodprop i hjertet blev ekskluderet.

Forkalkning i hjertets kranspulsårer blev målt ved Agatston-scoren, og eksponeringsvurderingen baseret på årlig jobhistorik fra 1976 til 2018 koblet med kvantitative jobeksponeringsmatricer (JEMs) for kvartsstøv, træstøv, endotoksin og dieselludstødning. Eksponeringsdata blev justeret for fravær fra arbejdsmarkedet baseret på DREAM-registeret.

Forkalkningsscore i hjertets kranspulsårer blev analyseret dikotomt (ingen vs. lav til svær / svær forkalkning). Sammenhængen mellem kumulativ eksponering og forkalkning blev analyseret ved logistisk regression, opdelt i tertiler. Analyserne blev stratificeret på køn og justeret for velkendte risikofaktorer (symptomer på hjertelidelse, arvelighed, rygning, BMI, behandling for forhøjet blodtryk, kolesterol eller diabetes) samt sociodemografiske faktorer (alder, civilstand, indkomst, kalenderår og arbejdsmarkedstilknytning). Analyserne blev udført i Stata 18.

Hovedresultater

I løbet af opfølgingsperioden blev der registreret 35.511 tilfælde af akut myokardieinfarkt (AMI) blandt knap 20 millioner personår. Hovedresultaterne er vist i Tabel 1 og 2

Arbejdsomæssig udsættelse for dieselduststødning og risikoen for akut myokardieinfarkt

Med stigende niveauer af kumulativ udsættelse for dieselduststødning blev der observeret signifikant højere incidens rate ratioer (IRR) for AMI i alle kvartiler, når der blev justeret for køn, alder og kalenderår (Tabel 3). Den højeste IRR blev observeret i Q4-gruppen (personer eksponeret ved eller over 75% percentilen) med en IRR på 1,37 (95% CI: 1,33-1,42) (Tabel 1). Risikoestimerne blev dog betydeligt reduceret efter justering for socioøkonomiske faktorer, helbred, luftforurening og livsstilsfaktorer, mens yderligere justering for andre erhvervsomæssige eksponeringer kun ændrede risikoestimerne en smule (IRR for Q3 = 1,04 (95% CI: 1,00-1,08), for Q4 = 1,08 (95% CI: 1,04-1,12)).

Analysen af nylig eksponering blev udført blandt personer, der var erhvervsaktive i opfølgingsperioden, og viste en reduceret risiko for AMI i Q4 (IRR = 0,87, 95% CI: 0,81-0,93) sammenlignet med de ikke-eksponerede (Tabel 3). Når analysen blev udført kun blandt de eksponerede, var IRR signifikant højere i den højst eksponerede kvartil (Q4) sammenlignet med den lavest eksponerede kvartil (Q1) (IRR = 1,15, 95% CI: 1,05-1,27) med en signifikant trendanalyse, der bekræftede en positiv sammenhæng.

Erhvervsomæssig eksponering for dieselduststødning var markant højere for mænd end for kvinder (Tabel 4), men kønsopdelte analyser blev foretaget med eksponeringskvartilerne fra den samlede befolkning for at sikre sammenlignelighed. De kønsopdelte analyser viste, at kvinder havde højere IRR for kumulativ eksponering (IRR for kvinder \geq 75. percentil = 1,26 (95% CI: 1,07-1,48) vs. IRR = 1,10 (95% CI: 1,05-1,14) for mænd). Den absolutte risiko for AMI blandt eksponerede mænd var dog betydeligt højere (3,1/1000 person-år), sammenlignet med den absolutte risiko blandt kvinder (0,98/1000 person-år).

Tabel 1: Incidens Rate Ratio (IRR) for Akut Myokardieinfarkt (AMI) i forhold til udsættelse for dieseludstødning på arbejdspladsen

Eksponeringsniveau Elementært Carbon ($\mu\text{g}/\text{m}^3(\text{y})$)	Gen- nem- snit	Person-år	Cases	Incident AMI			
				Model 1 ^a IRR (95% CI)	Model 2 ^b IRR (95% CI)	Model 3 ^c IRR (95% CI)	Model 4 ^d IRR (95% CI)
Kumulativ Diesel-eksponering ($\mu\text{g}/\text{m}^3(\text{y})$)							
Ueksponerede (0)		13,101,165	19,122	1	1	1	
Q1 (>0 - <3.2)	1.4	1,565,250	2,932	1.13 (1.09, 1.18)	1.01 (0.97, 1.05)	1.00 (0.96, 1.04)	1
Q2 (3.2 - <21.8)	10.4	1,564,258	4,017	1.15 (1.11, 1.19)	1.03 (0.99, 1.07)	1.00 (0.97, 1.04)	1.02 (0.97, 1.07)
Q3 (21.8 - <128)	61.3	1,563,754	4,303	1.23 (1.19, 1.27)	1.06 (1.03, 1.10)	1.04 (1.00, 1.08)	1.05 (1.00, 1.10)
Q4 (128-1535.3)	323.5	1,562,899	5,137	1.37 (1.33, 1.42)	1.11 (1.07, 1.15)	1.08 (1.04, 1.12)	1.09 (1.03, 1.15)
Trend (10 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{-y}$)						1.002 (1.001, 1.002) $P = 0.001$	1.001 (1.000, 1.002) $P = 0.03$
Maximum Diesel-eksponering ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)							
Ueksponerede (0)		13,101,165	19,122	1	1	1	
Q1 (>0 - <0.9)	0.4	1,447,936	2,766	1.15 (1.10, 1.19)	1.03 (0.98, 1.07)	1.01 (0.97, 1.06)	1
Q2 (0.9 - <5)	2.3	1,619,703	4,117	1.13 (1.09, 1.17)	1.02 (0.99, 1.06)	1.00 (0.96, 1.03)	0.99 (0.94, 1.05)
Q3 (5 - <18.5)	10.4	1,598,586	4,337	1.18 (1.14, 1.22)	1.02 (0.98, 1.06)	1.01 (0.97, 1.05)	1.00 (0.95, 1.05)
Q4 (18.5-163.8)	45.1	1,589,935	5,169	1.44 (1.39, 1.48)	1.15 (1.11, 1.19)	1.11 (1.07, 1.16)	1.10 (1.05, 1.17)
Trend (10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)						1.001 (1.001, 1.002)	1.001 (1.000, 1.002)
						$P < 0.001$	$P = 0.003$
Nylig Diesel-eksponering ^e ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)							
Ueksponerede året før ^f (0)		13,714,741	20,644	1	1	1	
Q1 (>0 - <0.5)	0.2	509,278	1,164	0.83 (0.78, 0.88)	0.81 (0.76, 0.86)	0.82 (0.77, 0.87)	1
Q2 (0.5 - <2.5)	1.1	511,914	978	0.75 (0.70, 0.80)	0.73 (0.69, 0.79)	0.73 (0.68, 0.78)	0.94 (0.86, 1.03)
Q3 (2.5 - <5.5)	4.0	506,447	1,329	0.84 (0.79, 0.89)	0.81 (0.76, 0.86)	0.82 (0.77, 0.87)	1.04 (0.95, 1.13)
Q4 (5.5-32.9)	8.7	516,796	1,243	0.92 (0.86, 0.98)	0.87 (0.82, 0.93)	0.87 (0.81, 0.93)	1.15 (1.05, 1.27)
Trend (10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)						0.848 (0.790, 0.910) $P < 0.001$	1.161 (1.057, 1.277)
							$P = 0.002$

Note: y, år; IRR, incidence rate ratio; AMI, akute myokardie infarkt; CI: Konfidens intervaller ^aJusteret for alder, alder*alder, køn, kalenderår ^bYderligere justeret for socioøkonomiske faktorer, arbejdsløshed, BMI, rygning, medicin (1995), hospitalsindlæggelser (op til 1996) og kumulativ luftforurening på hjemmeadressen. ^cYderligere justeret for andre eksponeringer på arbejdet (kumulativt løftearbejde, kumulativt stående/gående arbejde, kumulativt støj på arbejdet, kumulativ job strain (psykisk arbejdsmiljø)). ^dKun ueksponerede ^eEksponering året forinden; justeret for kumulativ eksponering (kvartiler), lagged med 2 år ^fBeskæftige

Arbejds­mæssig udsættelse for kvartsstøv og risikoen for akut myokardieinfarkt

I den fuldt justerede model var IRR for AMI lavest i den højest eksponerede gruppe (≥ 75 . percentil: IRR = 0,87, 95% CI: 0,83-0,92) for kumulativ kvartseksponering. Analysen af den lavest eksponerede gruppe i undersøgelsen af kumulativ eksponering indikerede, at risikoestimerne var påvirket af en "*healthy worker bias*", hvilket blev underbygget af analyser vedrørende risiko for arbejdsløshed, men især analyser af mortalitet, der pegede på en højere risiko for død af alle årsager blandt de lavest eksponerede.

Tabel 2: Incidens Rate Ratio (IRR) for Akut Myokardieinfarkt (AMI) i forhold til udsættelse for kvartsstøv på arbejdspladsen

Eksponeringsniveau	Person-år	Cases	Incident AMI		
			Model 1 ^a	Model 2 ^b	Model 3 ^c
			IRR (95% CI)	IRR (95% CI)	IRR (95% CI)
Respirabelt Krystallint					
Kvarts (RCQ)					
(µg/m ³)					
Kumulativ RCQ					
Ueksponerede(0)	17,012,778	29,071	1	1	1
Q1 (0-<31.7)	582,865	1,695	1.19 (1.13,1.25)	1.01 (0.97, 1.07)	0.98 (0.93, 1.03)
Q2 (31.7-<106.2)	588,998	1,611	1.12 (1.06,1.17)	0.99 (0.94, 1.04)	0.94 (0.90, 0.99)
Q3 (106.2-<262.0)	586,313	1,566	1.05 (1.00, 1.11)	0.93 (0.88, 0.98)	0.88 (0.83, 0.93)
Q4 (≤1430.6)	586,371	1,568	0.95 (0.90, 1.00)	0.90 (0.86, 0.95)	0.87 (0.83, 0.92)
Trend (10µg/m ³ y)					0.999 (0.997, 0.999)
Maximum RCQ					
Ueksponerede(0)	17,012,778	29,071	1	1	1
Q1 (0-<9.3)	584,678	1,770	1.14 (1.09, 1.20)	0.99 (0.94, 1.04)	0.95 (0.91, 1.00)
Q2 (9.3-<20.0)	582,493	1,681	1.22 (1.16, 1.28)	1.02 (0.97, 1.07)	0.97 (0.92, 1.02)
Q3 (20.0-<36.1)	583,581	1,360	0.92 (0.87, 0.97)	0.84 (0.79, 0.89)	0.79 (0.74, 0.83)
Q4 (≤111.65)	593,797	1,629	1.02 (0.97, 1.07)	0.98 (0.93, 1.03)	0.96 (0.91, 1.02)
Trend (10µg/m ³)					0.982 (0.973, 0.992)
Nylig eksponering for					
RCQ ^d					
Ueksponerede (0)	14,983,043	23,737	1	1	1
Q1 (0-<1.2)	190,618	531	0.94 (0.86, 1.03)	0.86 (0.78, 0.94)	0.86 (0.79, 0.95)
Q2 (1.2-<3.1)	197,105	465	0.87 (0.79, 0.96)	0.83 (0.75, 0.91)	0.83 (0.75, 0.91)
Q3 (3.1-<5.2)	189,642	320	0.72 (0.64, 0.81)	0.73 (0.65, 0.82)	0.72 (0.64, 0.81)
Q4 (≤37.5)	198,768	305	0.77 (0.68, 0.87)	0.78 (0.69, 0.88)	0.78 (0.69, 0.88)
Trend (10µg/m ³)					0.779 (0.713, 0.852)

Note: IRR: incidence rate ratio; AMI: akut myokardie infarkt; RCQ: Respirable krystallin kvarts.^aJusteret for alder, alder*alder, køn, kalenderår ^bYderligere justeret for socioøkonomiske faktorer, arbejdsløshed, BMI, rygning, medicin (1995), hospitalsindlæggelser (op til 1996) og kumulativ luftforurening på hjemmeadressen ^cYderligere justeret for andre eksponeringer på arbejdet (kumulativt løftearbejde, kumulativt stående/gående arbejde, kumulativ støj på arbejdet, kumulativ job strain (psykisk arbejdsmiljø) og arbejdsmæssig eksponering for dieseludstødning) ^dBeskæftiget

Diskussion

Resultaterne af disse studier peger på en signifikant sammenhæng mellem udsættelse for dieseludstødning og en øget risiko for første-gangs AMI, men en tilsvarende sammenhæng kan ikke dokumenteres ved udsættelse for kvartsstøv. Dog finder vi i studiet om kvartsstøv og AMI, at der er risiko for "*healthy worker bias*", hvilket bevirker, at risikoestimerne skal tolkes med forbehold for dette.

Dieseludstødning og risikoen for AMI:

De observerede eksponering-respons-relationer mellem stigende eksponering for dieseludstødning og højere risiko for AMI er i tråd med tidligere forskning inden for luftforurening og kardiovaskulær sygdom (Alexeeff et al., 2021). Derudover er fundene sammenlignelige med resultater fra flere andre studier af arbejdsmiljøet. Et svensk kohortestudie rapporterede en øget risiko for død som følge af myokardieinfarkt blandt mandlige bygningsarbejdere eksponeret for dieseludstødning (relativ risiko (RR) = 1,18 (95% CI: 1,13-1,24)), hvor der var justeret for rygning, BMI, alder og hypertension (Torén et al., 2007). Dette er sammenligneligt med de IRR-værdier, der blev fundet i nærværende studie, før der blev justeret for øvrige arbejdsmæssige eksponeringer (IRR for Q4 = 1,11 (95% CI: 1,07-1,15)). Vores resultater understøttes også af en lang række erhvervsspecifikke studier af taxa- og buschauffører samt ansatte i transportindustrien, som viser øget risiko for myokardieinfarkt/død ved iskæmisk hjertesygdom i disse erhverv (Finkelstein et al., 2004; Gustavsson et al., 1996; Hart et al., 2013; Rosengren et al., 1991)..

Dog er der enkelte studier, der ikke finder klare sammenhænge mellem eksponering for motor- og dieseludstødning og iskæmisk hjertesygdom. Et svensk case-control-studie fandt ingen signifikant forskel i odds ratio (OR) for eksponerede personer i den fuldt justerede model for ikke-dødeligt myokardieinfarkt. Selvom det nævnte case-control-studie ikke fandt en sammenhæng mellem motorudstødning og myokardieinfarkt i den samlede population, viste den kønsopdelte analyse en signifikant øget OR på 2,24 (95% CI: 1,03-4,88) for kvinder, der havde været eksponeret. I vores studie viste de kønsopdelte analyser en højere relativ risiko for AMI blandt højt eksponerede kvinder sammenlignet med mænd, på trods af lavere eksponeringsniveauer blandt kvinder (p-værdi for interaktion mellem køn = 0,0614). Den højere relative risiko for kvinder skyldes sandsynligvis den langt lavere forekomst af AMI hos kvinder sammenlignet med mænd, men en øget sårbarhed over

for skadelige effekter blandt kvinder kan ikke udelukkes. Forskelle i kønsspecifikke reaktioner på dieseludstødning kræver yderligere undersøgelser, hvilket forudsætter en population med et større antal eksponerede kvinder end den tilgængelige DOC*X Dust-kohorte.

Kvartsstøv og risikoen for AMI

Resultaterne fra studiet omhandlende risikoen for AMI ved udsættelse for kvartsstøv viser ikke nogen signifikant øget risiko for AMI blandt personer, der er udsat for kvartsstøv på arbejdet. Dog skal resultaterne tolkes med det forbehold, at vi så tydelige tegn på "healthy worker bias" i populationen.

En metanalyse fra 2020 (Liu et al., 2020), der undersøgte sammenhængen mellem hjertesygdom og arbejdsmæssig udsættelse for silica (type af kvarts), fandt en sammenhæng mellem generel hjertesygdom og udsættelse for silica, men når de analyserede iskæmisk hjertesygdom separat, var der ikke en signifikant sammenhæng mellem iskæmisk hjertesygdom og silica. Dog tog det systematiske review det forbehold, at studierne var meget forskellige og af blandet kvalitet. Et nyligt svensk kohorte-studie med over 1 million inkluderede fandt en øget hazard ratio for højt eksponerede mænd (Wiebert et al., 2022). Dog er der en væsentlig forskel mellem det danske og svenske arbejdsmarked i forhold til eksponeringsniveauer, da minedrift er en væsentlig kilde til udsættelse for kvarts på det svenske arbejdsmarked.

Væsentligste styrker og begrænsninger ved begge studier

En væsentlig styrke ved disse to studier er dets landsdækkende omfang, hvor danske arbejdstagere har bidraget med næsten 20 millioner person-år i opfølgingsperioden. De omfattende danske registre gjorde det muligt at indsamle individuel arbejdshistorik fra 1976 til 2017. Desuden dækkede opfølgingsperioden 22 år, hvor der var pålidelige oplysninger om hospitalsindlæggelser. En yderligere styrke er den kvantitative karakter af den anvendte JEM'er, som muliggjorde estimering af kumulativ eksponering igennem et arbejdsliv.

En række begrænsninger bør dog også adresseres. For det første kan eksponeringsfejl opstå, da JEM'er ikke tager højde for variationer i eksponering inden for samme jobtitel, hvorved eksponeringskontrasten mellem individer reduceres, hvilket mindsker præcisionen af estimererne. Endvidere blev livsstilsfaktorer såsom kost, fysisk aktivitet og rygning ikke direkte målt i dette studie, men BMI og sandsynlighed for at være ryger blev estimeret ud fra livstils-JEM'er. I studiet, hvor vi undersøgte sammenhængen mellem udsættelse for kvartsstøv og AMI fandt vi, at "healthy worker bias" gjorde det vanskeligt at drage entydige konklusioner om risikoestimererne.

Projekt 2

I dette studie fandt vi ingen sammenhæng mellem langvarig erhvervsmæssig eksponering for kvartsstøv, træstøv, endotoksin eller dieseludstødning og forkalkning i hjertets kranspulsårer, målt ved Agatston-scoren. Risikoestimerne var stabile og omkring 1 for både mænd og kvinder i eksponeringsrespons analyserne, uafhængig af eksponeringstype og -niveau.

Resultaterne peger derfor ikke på, at disse former for erhvervseksponering medfører åreforkalkningssygdom via kalkaflejringer i kranspulsårerne. Dog kan andre mekanismer som fx inflammation spille en rolle, og kan være relevante at undersøge i fremtidige studier.

Undersøgelsen er baseret på en stor og velkarakteriseret kohorte med registerdata og objektive målinger af både eksponering og udfald. Samtidig skal det understreges, at studiets tværsnitsdesign begrænser muligheden for at fastslå årsagssammenhænge, og at inklusionen af patienter med symptomer kan medføre henvisningsbias.

Manuskriptet er under udarbejdelse og forventes snart indsendt til publikation. Af denne grund offentliggøres der ikke tabeller eller detaljerede analyseresultater på nuværende tidspunkt.

Konklusion og perspektiver

Projektet har undersøgt, om udsættelse for udvalgte former for erhvervsrelateret støv øger risikoen for hjertekarsygdom, vurderet ud fra både kliniske hændelser og objektive markører for åreforkalkning.

I delprojekt 1 bekræftes en signifikant øget risiko for akut myokardieinfarkt (AMI) blandt personer med høj eksponering for dieseludstødning på arbejdet. Fundene understøtter den nyligt indførte skærpelse af grænseværdien for dieselpartikler i arbejdsmiljøet til $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. For kvartsstøv blev der ikke fundet en øget risiko for AMI, men resultaterne indikerer, at "*healthy worker bias*" kan have påvirket analysen.

I delprojekt 2 har vi undersøgt, om eksponering for kvartsstøv, træstøv, endotoksin og dieseludstødning er associeret med forkalkning i hjertets kranspulsårer – en central indikator for åreforkalkningssygdom. Her fandt vi ingen tegn på sammenhæng mellem eksponering og graden af forkalkning, uanset eksponeringstype, -niveau eller køn. Hvor stor vægt disse negative fund kan tillægges, afventer nærmere vurdering af pålideligheden af design og metode til vurdering af arbejds eksponering og forkalkning i kranspulsårene

Samlet set peger resultaterne på, at dieseludstødning kan øge risikoen for klinisk hjertesygdom som AMI, men at dette ikke nødvendigvis sker gennem mekanismer, der involverer kalkaflejringer i kranspulsårene. Det rejser muligheden for, at andre patofysiologiske mekanismer som fx inflammation spiller en rolle, og bør undersøges nærmere i fremtidige studier.

Projektet er den første større undersøgelse, som bekræfter at den af AMFF bekostede DOC-X kohorte kost-effektivt kan bidrage til afklaring af arbejdsrelateret helbredsrisiko, og metoder udviklet i projektet forventes at få stor betydning ved lignende fremtidige studier

Formidling

Fortegnelse over publikationer fra projektet (se bilag 1):

- 1) *“Occupational exposure to diesel engine exhaust and first-time acute myocardial infarction—a nationwide register-based cohort study 1976-2018”*, *European Journal of Preventive Cardiology*, 2025/1/18
- 2) *“Occupational exposure to respirable crystalline quartz and the risk of incident acute myocardial infarction”*, *International Journal Of Environmental Health Research*, 1-13, 2025,

Mundtlig og skriftlig formidling

Mundtlig:

1. **Regitze Sølling Wils**. Ischemic heart disease and occupational exposure to dust. Poster-præsentation Arbejds miljøforskningsfondens årskonference, 2022
2. **Regitze Sølling Wils** “Ischemic Heart Disease and Occupational Exposure to Dust”. Mundtlig præsentation ved EPICOH konferencen, Mumbai, Indien, 15.-17. marts 2023
3. **Zara Ann Stokholm** “Occupational noise exposure and cardiac CT scores”. Mundtlig præsentation ved EPICOH konferencen, Mumbai, Indien, 15.-17. marts 2023
4. **Regitze Sølling Wils**. “Occupational exposure to diesel exhaust and the risk of acute myocardial infarction” Abstractpræsentation ved Lassen dagen, 7. december 2023.
5. **Zara Ann Stokholm** “Occupational dust exposure and coronary artery calcification”. Foredrag, Forskerplenum, Arbejds- og Miljømedicin, Aarhus Universitetshospital, 12. marts 2024
6. **Regitze Sølling Wils**: “Occupational exposure to diesel exhaust and the risk of acute myocardial infarction”, Mundtlig præsentation ved International Conference of occupational health (ICOH), Marrakech 29.april-3.maj 2024.
7. **Zara Ann Stokholm**: “Occupational diesel exhaust exposure and cardiac CT scores”, Mundtlig præsentation ved International Conference of occupational health (ICOH), Marrakech 29.april-3.maj 2024.
8. **Regitze Sølling Wils**: “ DOC*X Dust: Udsættelse for partikler på arbejdet og risikoen for hjerte-kar-sygdom”, Foredrag, Forskerplenum, 4. april 2024
9. **Zara Ann Stokholm**: “Occupational respirable crystalline silica exposure and coronary artery calcification”, Poster Nordic Epi, København 12-14 juni 2024.

10. **Regitze Sølling Wils:** "Occupational exposure to respirable quartz and the risk of incident acute myocardial infarction", Mundtlig abstract-præsentation ved Lassendagen, Bispebjerg Hospital, december 2024

Skriftlig formidling:

1. **Regitze Sølling Wils** Populærvidenskabelig artikel om arbejdsmæssig udsættelse for diesel og risikoen for hjertekarsygdom til Årsberetning, Arbejds- og Miljømedicinsk Afdeling på Bispebjerg Hospital., Marts 2025 (se bilag 2)
- 2.
3. **Regitze Sølling Wils:** LinkedIn opslag om arbejdsmæssig udsættelse for diesel og risikoen for hjertekarsygdom, Februar 2025
(se bilag 2)

Referencer

- Alexeeff, S. E., Liao, N. S., Liu, X., Van Den Eeden, S. K., & Sidney, S. (2021). Long-term PM2.5 exposure and risks of ischemic heart disease and stroke events: Review and meta-analysis. *Journal of the American Heart Association*, *10*(1), 1–22. <https://doi.org/10.1161/JAHA.120.016890>
- Arias-Pérez, R. D., Taborda, N. A., Gómez, D. M., Narvaez, J. F., Porras, J., & Hernandez, J. C. (2020). Inflammatory effects of particulate matter air pollution. *Environmental Science and Pollution Research*, *27*(34), 42390–42404. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10574-w>
- Bondo Petersen, S., Flachs, E. M., Prescott, E. I. B., Tjønneland, A., Osler, M., Andersen, I., Juel, K., Budz-Jørgensen, E., Kolstad, H. A., Schlünssen, V., & Bonde, J. P. (2018). Job-exposure matrices addressing lifestyle to be applied in register-based occupational health studies. *Occupational and Environmental Medicine*, *75*(12), 890–897. <https://doi.org/10.1136/oemed-2018-104991>
- Finkelstein, M. M., Verma, D. K., Sahai, D., & Stefov, E. (2004). Ischemic heart disease mortality among heavy equipment operators. [Article]. *American Journal of Industrial Medicine*, *46*(1), 16–22. <https://doi.org/10.1002/ajim.20036>
- Gustavsson, P., Alfredsson, L., Brunnberg, H., Hammar, N., Jakobsson, R., Reuterwall, C., & Ostlin, P. (1996). Myocardial infarction among male bus, taxi, and lorry drivers in middle Sweden. [Article]. *Occupational and Environmental Medicine*, *53*(4), 235–240. <https://doi.org/10.1136/oem.53.4.235>
- Hadrup, N., Zhernovkov, V., Jacobsen, N. R., Voss, C., Strunz, M., Ansari, M., Schiller, H. B., Halappanavar, S., Poulsen, S. S., Kholodenko, B., Stoeger, T., Saber, A. T., & Vogel, U. (2020). Acute Phase Response as a Biological Mechanism-of-Action of (Nano)particle-Induced Cardiovascular Disease. *Small*, *16*(21). <https://doi.org/10.1002/smll.201907476>
- Hart, J. E., Garshick, E., Smith, T. J., Davis, M. E., & Laden, F. (2013). Ischaemic heart disease mortality and years of work in trucking industry workers. [Article]. *Occupational and Environmental Medicine*, *70*(8), 523–528. <https://doi.org/10.1136/oemed-2011-100017>
- Liu, K., Mu, M., Fang, K., Qian, Y., Xue, S., Hu, W., & Ye, M. (2020). Occupational exposure to silica and risk of heart disease: A systematic review with meta-analysis. *BMJ Open*, *10*(1), 1–9. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-029653>
- Madsen, I. E. H., Gupta, N., Budtz-Jørgensen, E., Bonde, J. P., Framke, E., Flachs, E. M., Petersen, S. B., Svane-Petersen, A. C., Holtermann, A., & Rugulies, R. (2018). Physical work demands and psychosocial working conditions as predictors of musculoskeletal pain: A cohort study comparing self-reported and job exposure matrix measurements. *Occupational and Environmental Medicine*, *75*(10), 752–758. <https://doi.org/10.1136/oemed-2018-105151>
- Peters, S., Vermeulen, R., Portengen, L., Olsson, A., Kendzia, B., Vincent, R., Savary, B., LavouCrossed Sign, J. D. S., Cavallo, D., Cattaneo, A., Mirabelli, D., Plato, N., Fevotte, J., Pesch, B., Brüning, T., Straif, K., & Kromhout, H. (2016). SYN-JEM: A Quantitative Job-Exposure Matrix for Five Lung Carcinogens. *Annals of Occupational Hygiene*, *60*(7), 795–811. <https://doi.org/10.1093/annhyg/mew034>
- Plato, N., Lewné, M., & Gustavsson, P. (2020). A historical job-exposure matrix for occupational exposure to diesel exhaust using elemental carbon as an indicator of exposure. *Archives of Environmental and Occupational Health*, *75*(6), 321–332. <https://doi.org/10.1080/19338244.2019.1644277>
- Rosengren, A., Anderson, K., & Wilhelmsen, L. (1991). Risk of coronary heart disease in middle-aged male bus and tram drivers compared to men in other occupations: A prospective study. *International Journal of Epidemiology*, *20*(1), 82–87. <https://doi.org/10.1093/ije/20.1.82>
- Rubak, T., Svendsen, S. W., Andersen, J. H., Haahr, J. P. L., Kryger, A., Jensen, L. D., & Frost, P. (2014). An expert-based job exposure matrix for large scale epidemiologic studies of primary hip and knee osteoarthritis: The Lower Body JEM. *BMC Musculoskeletal Disorders*, *15*(1). <https://doi.org/10.1186/1471-2474-15-204>

- Stokholm, Z. A., Erlandsen, M., Schlünssen, V., Basinas, I., Bonde, J. P., Peters, S., Brandt, J., Vestergaard, J. M., & Kolstad, H. A. (2020). A Quantitative General Population Job Exposure Matrix for Occupational Noise Exposure. *Annals of Work Exposures and Health*, *64*(6), 604–613. <https://doi.org/10.1093/annweh/wxaa034>
- Sundhedsdatastyrelsen. (2024). *Dødsårsagsregisteret* (Issue December).
- Torén, K., Bergdahl, I. A., Nilsson, T., & Järholm, B. (2007). Occupational exposure to particulate air pollution and mortality due to ischaemic heart disease and cerebrovascular disease. *Occupational and Environmental Medicine*, *64*(8), 515–519. <https://doi.org/10.1136/oem.2006.029488>
- Wiebert, P., Andersson, T., Feychting, M., Sjögren, B., Plato, N., & Gustavsson, P. (2022). Occupational exposure to respirable crystalline silica and acute myocardial infarction among men and women in Sweden. *Occupational and Environmental Medicine*, *80*(1), 21–26. <https://doi.org/10.1136/oemed-2022-108505>

Illustrationer:

BioRender. (Wils, R. (2025) <https://BioRender.com/m7w3ts0>)

Bilag 1:

Occupational exposure to diesel engine exhaust and first-time acute myocardial infarction: a nationwide register-based cohort study 1976–2018

Regitze Sølling Wils, Esben Meulengracht Flachs, Zara Ann Stokholm, Per Gustavsson, Nils Plato, Henrik A Kolstad, Camilla Sandal Sejbæk, Charlotte Brauer, Vivi Schlünssen, Karin Sørig Hougaard, Ida E H Madsen, Reiner Rugulies, Matthias Ketzler, Johnni Hansen, Casper Niels Furbo Bang, Hans Kromhout, Ingrid Sivesind Mehlum, Jens Peter Bonde, *European Journal of Preventive Cardiology*, 2025;, zwaf022,
<https://doi.org/10.1093/eurjpc/zwaf022>

Occupational exposure to respirable crystalline quartz and the risk of incident acute myocardial infarction

Regitze Sølling Wils, Esben Meulengracht Flachs, Zara Ann Stokholm, Hans Kromhout, Susan Peters, Johan Ohlander, Henrik A. Kolstad, Camilla Sandal Sejbæk, Vivi Schlünssen, Karin Sørig Hougaard, Ida Elisabeth Huitfeldt Madsen, Reiner Rugulies, Matthias Ketzler, Johnni Hansen, Casper Niels Furbo Bang, Per Gustavsson, Nikoline Leo Fleischer, Ingrid Sivesind Mehlum, Jens Peter Bonde. *International Journal of Environmental Health Research*, 1–13.
<https://doi.org/10.1080/09603123.2025.2482064>

Bilag 2:

Populærvideenskabelig artikel om arbejdsmæssig udsættelse for diesel og risikoen for hjertekarsygdom til
Årsberetning, Arbejds- og Miljømedicinsk Afdeling på Bispebjerg Hospital, Marts 2025

Highlights

Risikerer man akut myokardieinfarkt ved udsættelse for dieseludstødning på arbejdet?

*Af Regitze Sølling Wils, læge og post doc
og Esben Meulengracht Flachs, biostatistiker*

Arbejds- og Miljømedicinsk Afdeling på Bispebjerg Hospital er ansvarlige for en landsdækkende arbejdsmiljøkohorte, DOC*X, der rummer informationer om samtlige erhvervsaktive

danskeres arbejdsliv gennem de sidste 50 år. Denne kohorte har dannet grundlag for en lang række af studier af arbejdsmiljø og helbred, der er udgået fra afdelingen.

Seneste studie omhandler risikoen for akut myokardieinfarkt (blodprop i hjertet) som følge af udsættelse for dieseludstødning på arbejdspladsen. Det har længe været kendt, at partikler og gasser fra luftforurening øger risikoen for hjerte-kar-sygdom, hvilket vi også har dokumenteret i et DOC*X forskningsprojekt, der undersøger sammenhængen mellem luftforurening på hjemmeholdet og risikoen for akut myokardieinfarkt (AMI).

Mekanismen bag denne effekt menes at være inhalation af partikler og gasser, der fremkalder en betændelseslignende tilstand ikke blot i lungerne, men også i resten af kroppen. Det medfører en øget risiko for åreforkalkning, forstyrrelser i blodets koagulationssystem og slutteligt en øget risiko for



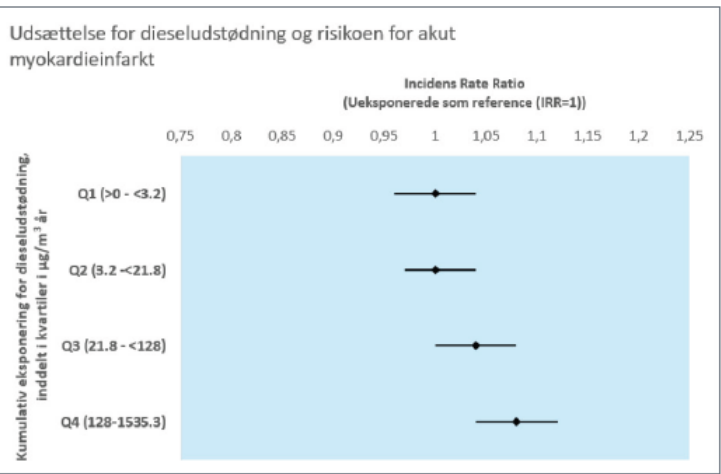
akut myokardieinfarkt. Vi satte os for at undersøge, om denne sammenhæng også gør sig gældende ved arbejdsmæssig udsættelse for støv og dieseludstødning. Ved hjælp af en svensk jobeksponeringsmatrice, leveret af vores samarbejdspartnere på Karolinska Institutet i Stockholm, har vi tildelt udvalgte jobkategorier et niveau for arbejdsmæssig udsættelse for dieseludstødning. Samtidigt har vi indhentet informationer om hospitalsindlæggelse for akut myokardieinfarkt i perioden 1996-2018. På den måde, har vi været i stand til at undersøge sammenhængen mellem udsættelse for dieseludstødning og risikoen for AMI hos knap 1 million danskere registreret i DOC*X. Vi finder, at udsættelse for dieseludstødning på arbejdet – både over lang tid og kort tid – øger risikoen for at få akut myokardieinfarkt, selv når der i analysen tages højde for kronisk sygdom, alder, køn og øvrige arbejdseksponeringer. Andre typer af støv (træstøv, endotøxiner, og svejserøg) og kombinationer af støveksponering er vi ved at undersøge nu.

På baggrund af den øgede risiko ved dieseludstødning er vi meget tilfredse med nyheden om, at den danske grænseværdi

for udsættelse for dieseludstødning i arbejdsmiljøet er blevet skærpet fra 10 µg/m³ til 5 µg/m³ pr. 1. januar 2025. Således har Danmark nu en arbejdsmæssig grænseværdi for dieseludstødning, der ligger 10 gange under EU-grænseværdien på 50µg/m³, hvilket er EU's laveste.

Reference:

Wils RS, Flachs EM, Stokholm ZA, Gustavsson P, Plato N, Kolstad HA, et al. Occupational exposure to diesel engine exhaust and first-time acute myocardial infarction – a nationwide register-based cohort study 1976- 2018. *Eur J Prev Cardiol* [Internet]. 2025 Jan 18;zwaf022. Available from: <https://doi.org/10.1093/eurjpc/zwaf022>
 DOC*X er finansieret af AMFF med en bevilling på 3.072.000 DKK



LinkedIn opslag om arbejdsmæssig udsættelse for diesel og risikoen for hjertekarsygdom, Februar 2025



Arbejds- og Miljømedicinsk Afdeling
Bispebjerg Hospital
 Hospitaler og sundhedspleje
 København NV

437 følgere

Arbejds- og Miljømedicinsk Afdeling Bispebjerg Hospi... 437 følgere
 3u • 🌐

📖 Arbejds miljø og helbred: Ny forskning om udsættelse for dieseludstødning på arbejdspladsen og hjerte-kar-sygdom ❤️

Vidste du, at [Arbejds- og Miljømedicinsk Afdeling Bispebjerg Hospital](#) huser en af verdens største kohorter inden for arbejdsmiljø og helbred 📖 ? I DOC*X-kohorten har vi fulgt danskernes arbejdsliv gennem de sidste 50 år, og derigennem kan vi få vigtig viden om sammenhængen mellem arbejdsmiljø og helbred.

I vores seneste studie har vi undersøgt risikoen for at få en blodprop i hjertet som følge af udsættelse for dieseludstødning på arbejdspladsen 🚗 🌫️. En lang række undersøgelser peger på, at udsættelse for luftforurening generelt øger risikoen for hjerte-kar-sygdom, men i vores nye studie finder vi også en sammenhæng mellem dieseludstødning på arbejdet og en øget risiko for hjerteinfarkt. Mekanismen bag sammenhængen menes at være, at de meget fine og små partikler i dieseludstødningen når dybt ned i lungerne og evt. kredsløbet og medfører en betændelseslignende tilstand, som øger risikoen for åreforkalkning og blodpropper i hjertet 🫁 ⚠️.

Vi er på den baggrund meget tilfredse med, at den danske grænseværdi for dieseludstødning i arbejdsmiljøet her i år er blevet skærpet fra 10 µg/m³ til 5 µg/m³. Det er et vigtigt skridt i den rigtige retning for at beskytte danskernes helbred ✅ 🍌.

Tak til Arbejds miljø forsknings fonden for at støtte dette forskningsprojekt! 🙌

📖 Læs mere i artiklen – link findes i kommentarfeltet 📌

[#Arbejds miljø](#) [#Luftforurening](#) [#HjerteKarSygdom](#) [#Forskning](#) [#Sundhed](#)

