

MAJ 2020

Erhvervsøkonomiske konsekvenser af grænseværdier for dieseludstødning og mulige andre måder at reducere arbejdstageres udsættelse for dieseludstødning

18. MAJ 2020

UDARBEJDET AF:

CARSTEN LASSEN, MICHAEL MUNK SØRENSEN, SARA HØJRIIS, MARLIES WARMING,
BETTINA LYNGSØ OG FRANS CHRISTENSEN, COWI A/S

MARCUS LEVIN OG KARSTEN FUGLSANG, FORCE TECHNOLOGY



MAJ 2020

Erhvervsøkonomiske konsekvenser af grænseværdier for dieseludstødning og mulige andre måder at reducere arbejdstageres udsættelse for dieseludstødning

ENDELIG RAPPORT

Ansvarsfraskrivelse: Vurderingerne i denne rapport er baseret på den viden, som var tilgængelig for COWI A/S ("COWI") på det tidspunkt rapporten blev skrevet. Vurderingerne af, hvorvidt en grænseværdi vil kunne efterleves, bygger på COWIs fortolkning af de gældende regler om dokumentationsmålinger for efterlevelse af grænseværdier i henhold til den gældende standard (DS/EN 689:2018+AC:2019). COWI har intet ansvar for, hvorvidt eller på hvilket niveau fremtidige grænseværdier for dieseludstødning fastsættes, og de konsekvenser der måtte følge heraf. COWI påtager sig intet ansvar for tredje parts brug af nærværende rapport.

PROJEKTNR.

A129468

DOKUMENTNR.

02

VERSION

01

UDGIVELSES DATO

18. maj 2020

BESKRIVELSE

Endelig rapport

UDARBEJDET

Se forside

KONTROLLERET

FMCH

GODKENDT

CRL

Forord

EU har med direktiv (EU) 2019/130 vedtaget en grænseværdi for ”udstødningsgasser fra dieselmotorer” i arbejdsmiljøet, på 50 µg EC/m³ (målt som elementært kulstof, og som en tidsvægtet gennemsnitskoncentration over 8 timer (8-timer TWA)). Denne grænseværdi skal være implementeret i dansk lovgivning senest januar 2021. Grænseværdien finder anvendelse fra den 21. februar 2023. For underjordisk minedrift og tunnelbygning finder grænseværdien dog først anvendelse fra den 21. februar 2026. ”Udstødningsgasser fra dieselmotorer” vil i denne rapport betegnes ”dieseludstødning”.

Der eksisterer ikke i dag en dansk grænseværdi for dieseludstødning i arbejdsmiljøet. Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø har uafhængigt af EU-beslutningen estimeret koncentrationer for elementært kulstof svarende til 3 forskellige risikoniveauer (1:1000, 1:10.000 og 1:100.000) for overskydende lungekræft. Alle disse niveauer er lavere end grænseværdien fastsat i EU.

Fastsættelse af en særlig dansk grænseværdi indebærer mulige erhvervsøkonomiske konsekvenser for virksomheder i Danmark. Arbejdstilsynet har igangsat denne undersøgelse, da det vurderedes, at der forud for udarbejdelse af beslutningsgrundlaget for fastsættelsen af en grænseværdi for dieseludstødning, er behov for et forarbejde til at understøtte dels vurderingen af de erhvervsøkonomiske konsekvenser af at implementere EU’s grænseværdi, dels af at fastsætte en eventuelt lavere national grænseværdi.

Projektet har været fulgt af en styregruppe bestående af følgende repræsentanter for Arbejdstilsynet og COWI:

- › Flemming Ingerslev, Sonja Hagen Mikkelsen, Lis Morthorst Munk og Lillian Petersen, Arbejdstilsynet
- › Carsten Lassen, Sara Højriis og Michael Munk Sørensen, COWI

Der har desuden været tilknyttet en følgegruppe til projektet, som ud over styregruppens medlemmer bestod af følgende personer:

- › Anne Thoustrup Saber, NFA - Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø
- › Marcus Levin, FORCE Technology
- › Thomas Ellerman, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet
- › Ditte Kristensen, Miljøstyrelsen
- › Aslak Alexander Schou Nalepa, Erhvervsstyrelsen
- › Bent Horn Andersen, Dansk Industri
- › Jens Skovgaard Lauritsen, Dansk Arbejdsgiverforening
- › Dorte Overby Pedersen, Dansk Metal
- › Ulrik Spannow, 3F
- › Søren Eggert Beck, Dansk Byggeri
- › Jesper Abery Jacobsen, Københavns Lufthavne A/S

Følgegruppen har holdt to møder, hvor projektets tilgang og resultater er blevet drøftet. Projektgruppen har givet såvel mundtlige som skriftlige kommentarer til udkast til færdig rapport.

Projektet er gennemført af COWI A/S i samarbejde med Force Technology i perioden oktober 2019 til maj 2020.

INDHOLD

Forord	5	
Forkortelser og enheder	10	
Sammenfatning	11	
Summary	23	
1	Indledning	34
1.1	Undersøgelsens formål og baggrund	34
1.1.1	Formål	34
1.1.2	Etablering af grænseværdi på EU plan	34
1.1.3	Krav i arbejdsmiljøreglerne	35
1.1.4	Grænseværdier foreslået af de Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø, NFA	38
1.2	Metoder til måling af dieseludstødning	39
1.3	Sammensætning og størrelse af partikler fra dieseludstødning	42
1.4	Spredning af dieseludstødning efter udledning	43
1.5	Metode til vurdering af, om en grænseværdi vil kunne efterleves	45
1.5.1	Gældende standarder	45
1.5.2	Rapportens metode til vurdering af om en grænseværdi er overholdt	46
2	Typer af danske arbejdspladser	47
3	Vurdering af risikoen for udsættelse for dieseludstødning	49
3.1	Målinger på danske arbejdspladser	49
3.1.1	DSB og togrelateret eksponering	49
3.1.2	Københavns Lufthavn	53
3.1.3	Grænsekontrol	56
3.1.4	Anlægsarbejde	57
3.1.5	Busværksted	58
3.2	Udenlandske undersøgelser af eksponeringsniveauet	58
3.2.1	Ældre eksponeringsdata	58
3.2.2	Nyere eksponeringsdata	61
4	Baggrundsbidrag fra udeluft	71
4.1	Elementært kulstof i udeluften i Danmark	72
4.2	Udeluftens bidrag til indemiljøet	75

5	Beskrivelse af udvalgte typer af arbejdspladser	77
5.1	Arbejdstagere involveret i reparation af tog	77
5.2	Arbejdstagere involveret i nyanlæg og reparationsarbejder i tog- og metrotunneller	79
5.3	Bagageportører i lufthavne	82
5.4	Færgespersonale, der leder biler og lastbiler på plads	86
5.5	Taxa-, bus-, og lastbilchauffører, m.fl., der opholder sig i midtbyzoner	88
5.6	Lagerarbejdere	90
5.7	Mekanikere	93
5.8	Arbejdstagere, som arbejder udendørs, hvor der er intensiv brug af dieseldrevne maskiner	96
5.9	Udvalgte typer af arbejdspladser repræsentativitet	99
6	Erhvervsøkonomiske konsekvenser af indførelse af grænseværdier	101
6.1	Identifikation af de relevante effekter/konsekvenser	101
6.2	Omkostninger til at nedbringe emissionerne fra de otte udvalgte typer af arbejdspladser	103
6.2.1	Enhedsomkostninger af tiltag, der går på tværs af flere sektorer	104
6.2.2	Konsekvenser, der går på tværs af alle sektorer	107
6.2.3	Reparation af tog	109
6.2.4	Nyanlæg af og reparationsarbejder i tunneller	110
6.2.5	Bagagehåndtering i lufthavne	112
6.2.6	Færgedrift	113
6.2.7	Taxa, buskørsel og anden transport i midtbyzoner	114
6.2.8	Lagerdrift	116
6.2.9	Værksteder til vedligehold af køretøjer	117
6.2.10	Udendørs bygge- og anlægsaktiviteter	118
6.2.11	Andre aktiviteter	124
6.3	Sammenfatning af de erhvervsøkonomiske omkostninger	124
6.3.1	Sammenfatning for de 8 udvalgte typer af arbejdspladser	124
6.3.2	Samlet vurdering for alle typer af arbejdspladser	131
6.3.3	Følsomhedsanalyse	134
7	Andre måder at begrænse udsættelsen for dieseludstødning i arbejdsmiljøet	135
8	Referencer	139
Bilag 1	Andre regler vedrørende dieseludstødning	145
B.1	Regler vedr. luftforurening	145
B.1.1	Luftkvalitetsbekendtgørelsen	145
B.1.2	NEC-bekendtgørelsen	145
B.1.3	Sammenfatning	146
B.2	Europæiske krav til udledning fra dieselmotorer	146

B.2.1	Ikke-vejpgående mobile maskiner	147
B.2.2	Tunge køretøjer og busmotorer	148
B.2.3	Biler og lette trucks	149
B.2.4	Betydning for udviklingen i eksponeringskoncentrationer	151
B.3	Miljøzoner	151
Bilag 2 Kontaktede virksomheder og organisationer		153
Bilag 3 Bruttoliste over arbejdsfunktioner		154

Forkortelser og enheder

AM	Aritmetisk middelværdi
BC	Black carbon (sort kulstof)
CEN	Den Europæiske Standardiseringsorganisation (Fra: Comité Européen de Normalisation)
CMD	Direktiv 2004/37/EF om beskyttelse af arbejdstagerne mod risici for under arbejdet at være udsat for kræftfremkaldende stoffer og mutagener
CO	Carbonmonoxid
CO ₂	Carbondioxid
CPO	Crude Palm Oil
DCE	Nationalt Center for Miljø og Energi
DEEE	Diesel Engine Exhaust Emission (i engelsk sammenfatning)
DG	Detektionsgrænse
DI	Direkte indsprøjtning (Eng: direct injection)
EC	Elementært kulstof (Eng: elemental carbon)
FID	Flammeionisationsdetektor
GM	Geometrisk middelværdi
GTL	Gas to Liquids (brændstof)
HCAB	H.C. Andersens Boulevard i København
HVO	Hydrotreated Vegetable Oil
IARC	Det Internationale Agentur for Kræftforskning under WHO (Eng: International Agency for Research on Cancer)
IDI	Indirekte indsprøjtning (Eng: indirect injection)
ME, MR	Typer af dieseldrevne lokomotiver
NDIR	Non-dispersiv infrarød spektroskopi
NFA	Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health (i USA)
NO	Nitrogenoxid
NO ₂	Nitrogendioxid
NO _x	Nitrogenoxider
OC	Organisk kulstof (Eng: organic carbon)
P	Netto motorkraft (Eng: power)
PAH	Polyaromatiske carbonhydrider (Eng: polycyclic aromatic hydrocarbon)
PM ₁₀	Partikulært stof med en diameter <10 µm
PM _{2,5}	Partikulært stof med en diameter <2,5 µm
PM ₅	Partikulært stof med en diameter <5 µm
PM ₄	Partikulært stof med en diameter <4 µm
SCOEL	EUs videnskabelige komite for etablering af grænseværdier i arbejdsmiljøet (Eng: Scientific Committee on Occupational Exposure Limits). Opløst i 2018.
s.d.	Standardafvigelse
SEG	Gruppe med ens eksponeringsforhold (Eng: Similar Exposure Group)
TWA	Tidsvægtet gennemsnit (Eng: Time-weighted average)
UFP	Ultrafine partikler, partikler med en diameter <100 nm (100 nm = 0,1 µm)

Sammenfatning

Baggrund for undersøgelsen

EU har med direktiv (EU) 2019/130 vedtaget en grænseværdi for dieseludstødning i arbejdsmiljøet på 50 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$ målt som elementært kulstof (EC) og tidsvægtet gennemsnit over 8 timer. Denne grænseværdi skal være implementeret i dansk lovgivning senest januar 2021 og finder anvendelse fra den 21. februar 2023. For underjordisk minedrift og tunnelbygning finder grænseværdien dog først anvendelse fra den 21. februar 2026.

Uafhængigt af EU-beslutningen om indførelse af en grænseværdi for dieseludstødning har det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø, NFA, på grundlag af eksisterende videnskabelig viden og med anvendelse af sædvanlige procedurer estimeret, at helbredsbaseerede grænseværdier i arbejdsmiljøet på hhv. 0,45; 0,045 og 0,0045 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$ (målt som elementært kulstof) ville føre til en overskydende risiko for lungekræft på henholdsvis 1:1000, 1:10.000 og 1:100.000. Det har været uden for rammerne af nærværende projekt, at undersøge de erhvervsøkonomiske konsekvenser af at indføre én grænseværdi på et af disse niveauer.

Det overordnede formål med denne undersøgelse er:

- › at belyse, hvorledes og i hvilket omfang arbejdstagere i Danmark udsættes for dieseludstødning i arbejdsmiljøet,
- › at udarbejde en erhvervsøkonomisk konsekvensvurdering og give en kvantitativ vurdering af de erhvervs-mæssige omkostninger ved fastsættelse af grænseværdier for dieseludstødning i arbejdsmiljøet på henh. 50 og 5 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$,
- › at give en kvalitativ vurdering af de erhvervs-mæssige konsekvenser af at etablere en væsentligt lavere grænseværdi. Denne værdi er på et sent tidspunkt i projekttimplementeringen blevet konkretiseret at være 1 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$, og
- › at angive muligheder for at forbedre arbejdsmiljøsituationen ift. dieseludstødning i Danmark på anden måde end ved at indføre skærpede grænseværdier.

Det har været uden for rammerne af denne undersøgelse at vurdere de samfundsmæssige gevinster af at etablere en grænseværdi, bl.a. mindskede sundhedsudgifter. Det har ligeledes været uden for rammerne at beskrive og kvantificere fordele, som arbejdstagere vil have af mindsket udsættelse for dieseludstødning ved etablering af en grænseværdi (f.eks. i form af mindsket sygefravær).

Undersøgelsen har for en række udvalgte typer af arbejdspladser, hvor der i særlig grad kan ske udsættelse for dieseludstødning, gennemført en teknisk vurdering, som har dannet grundlag for den efterfølgende erhvervsøkonomiske vurdering. Den tekniske vurdering sammenfatter eksisterende viden om eksponeringsniveauer og nuværende og planlagte foranstaltninger til at nedbringe eksponeringen. I vurderingen indgår også baggrundsbidrag fra udeluften og udviklingen i udledninger fra køretøjer og maskiner, som konsekvens af andre regler, som vil påvirke udviklingen i eksponeringskoncentrationen uanset, om der etableres en grænseværdi.

Baggrundsinformation af betydning for vurderingen

Baggrundsbidrag

Koncentrationen af elementært kulstof i udeluften er på befærdede gader og veje på et niveau, der vil kunne bidrage væsentligt til den samlede udsættelse for arbejdstagere, der arbejder i byområder. Årsmiddelkoncentrationen på en af landets mest befærdede gader, H.C. Andersens Boulevard, var i 2018 ca. 1,1 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$, mens koncentrationen i dagtimerne i gennemsnit kan være ca. dobbelt så høj. Koncentrationen var i 2018 på 53% af niveauet målt i 2010 og koncentrationen antages at falde med næsten samme rate de kommende år, hvorved bidraget fra udeluften vil mindskes. Dette fald er der taget højde for ved vurdering af den samlede eksponering af arbejdstagere. Årsmiddelkoncentrationer, som repræsenterer by-baggrund i København og forstæder, lå i 2018 på ca. 0,4 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$. Heraf vil en væsentlig del af det elementære kulstof stamme fra andre kilder end dieselmotorer, især brændeovne. Bidraget fra andre kilder resulterer i årsvariationer, hvor gennemsnitkoncentrationerne om vinteren i Risø var på 0,5 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$, mens de laveste døgnmiddelkoncentrationer om sommeren var på 0,1–0,2 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$.

Langt den største del af partiklerne i dieseludstødning (målt på vægt) er i størrelsesområdet 0,1 - 1 μm . Partikler i denne størrelse vil kunne holde sig svævende i luften i lang tid. I områder med læ - som f.eks. i en gade med høje bygninger - tager det længere tid, før forureningen bliver fortyndet og transporteret væk, hvilket kan resultere i betydeligt øgede koncentrationer af forureningen set i forhold til en åben gade. Dette vil kunne resultere i relativ høj udsættelse for dieseludstødning i eksempelvis lukkede gaderum, i udgravninger eller imellem terminalfingre i en lufthavn.

Udviklingen i koncentrationen af dieseludstødning som konsekvens af anden lovgivning

De europæiske udledningsstandarder, også kendt som "Euronormer" sætter grænser for forureningsstoffer udledt fra nye dieselmotorer bl.a. nitrogenoxider og partikler. Normerne er gældende for motorer i nyproducerede køretøjer og maskiner, og der er således ikke krav om, at ældre udstyr skal leve op til de nyeste krav. Kravene i standarderne vedrører ikke specifikt elementært kulstof eller ultrafine partikler, men erfaringen viser, at udviklingen i udledningsstandarderne også har resulteret i faldende udledninger af elementært kulstof. Udskiftningen af ældre udstyr vil gradvist få udledningerne til at falde, og det indgår i den erhvervsøkonomiske vurdering at vurdere, i hvilken grad koncentrationerne under alle omstændigheder vil falde som konsekvens af udskiftning af ældre køretøjer og maskiner, og hvad dette betyder for vurderingerne af nødvendigheden af yderligere tiltag.

Målinger af eksponering for dieseludstødning i arbejdsmiljøet

Der er fundet danske undersøgelser af eksponering for dieseludstødning i arbejdsmiljøet på følgende typer af arbejdspladser: forskellige arbejdsfunktioner inden for togsektoren, udendørs arbejdspladser i lufthavne, grænsekontrol, anlægsarbejde og reparation af busser. De fleste af de foreliggende målinger er enten udført som ultrafine partikler (UFP) eller black carbon (BC). Der er i undersøgelsen foretaget en skønsmæssig omregning fra UFP eller BC til elementært kulstof (EC). Omregning fra BC til EC er behæftet med lille usikkerhed (typisk inden for 10%). Omregningen fra UFP er foretaget for kildetyper, hvor der findes enkelte samhörende målinger af både EC/BC og UFP, men hvor der foreligger flere målinger af UFP. På trods af, at der kun anvendes kildespecifikke omregningsfaktorer, er omregningen behæftet med stor usikkerhed, men foretaget i mangel af aktuelle målinger af EC.

I mangel af danske undersøgelser af eksponering til dieseludstødning for mange typer af arbejdspladser, er der foretaget en gennemgang af udenlandske undersøgelser, som er sammenfattet med fokus på undersøgelser fra de seneste 10 år. Ved brug af data tages der højde for de ændringer, der må forventes som konsekvens af indførelse af de forskellige Euronormer. I vurderingerne er der anvendt udenlandske data for følgende typer af arbejdspladser: bygge- og anlæg, tunnelarbejder, autoværksteder, taxachauffører og andre chauffører, der arbejder i byzoner med høj baggrundskoncentration og færger.

Metode til vurdering af om en grænseværdi efterleves

Den metode, som anvendes i denne undersøgelse til at vurdere om en grænseværdi efterleves, tager udgangspunkt i principperne i standarden¹ "*Arbejdspladseksponering – Måling af eksponering ved inhalation af kemiske stoffer – Strategi for test af overensstemmelse med grænseværdier for arbejdsseksponering*." Der findes generelt ikke datasæt, der tillader en systematisk anvendelse af standardens teststrategi, men principperne er i denne undersøgelse oversat til en metode for skøn over, hvorvidt en grænseværdi kan efterleves. Princippet er, at det ikke er de målte middelværdier, der skal være under grænseværdien, men 95% fraktilen af målingerne. Det er ved analysen antaget, at gældende praksis er udtryk for efterlevelse af de gældende regler uanset, at der kan være uenighed om, hvorvidt reglerne efterleves korrekt. Alle udgifter til efterlevelse af en ny grænseværdi vil således henregnes til indførelse af grænseværdien.

Beskrivelse af otte udvalgte typer af arbejdspladser**Udvælgelse af typer af arbejdspladser, som er vurderet nærmere**

Der blev indledningsvist foretaget en screening af alle arbejdspladser, hvor der vurderes at ville være risiko for eksponering for dieseludstødning i arbejdsmiljøet. Det samlede antal arbejdstagere med potentiel eksponering i arbejdsmiljøet anslås til 86.000 - 239.000. Eksponering sker inden for en lang række sektorer herunder togsektoren, skibsfart, landtransport, lufthavne, bygge- og anlægssektoren, handel, industrien, landbrug, og flere andre. Der blev i samarbejde med projektets følgegruppe udvalgt 8 typer af arbejdspladser, som blev beskrevet og vurderet i detaljer. Udvælgelsen skete på basis af antal arbejdstagere, som potentielt er udsatte, forventet risiko for høj eksponering og repræsentativitet. Det anslås, at der på disse typer af arbejdspladser samlet er 38.000-77.000 arbejdstagere, som potentielt eksponeres for dieseludstødning.

Vurdering af eksponeringsniveau og foranstaltninger for 8 udvalgte typer af arbejdspladser

For alle typer af arbejdspladser er det vurderet, at der ikke vil være vanskeligheder med at efterleve en grænseværdi på 50 µg EC/m³, og denne omtales derfor ikke i følgende gennemgang. Vurderingen er baseret på den viden, der er om mulige eksponeringsniveauer og en fremskrivning til 2023, hvor som minimum en grænseværdi på 50 µg EC/m³ vil træde i kraft som følge af EU-direktivet. Det kan ikke afvises, at der under helt særlige forhold, f.eks. asfaltering inde i haller, vil kunne forekomme højere værdier, men der vil i så fald allerede anvendes åndedrætsværn eller udsættelse vil være mindre end 8 timer. En grænseværdi for dieseludstødning vurderes ikke at være udslagsgivende for de foranstaltninger, der tages, og vil derfor ikke have nogle erhvervsøkonomiske konsekvenser.

Arbejdstagere involveret i reparation af tog. Inden for togområdet kan der bl.a. ske udsættelse af lokoførere, togførere, arbejdstagere på værksteder og arbejdstagere involveret i tunnelarbejder (inkluderet under tunneller). Der har i lang tid været fokus på dette område, og der er taget en række tiltag. I relation til lokoførere og togførere har relativ høj udsættelse primært været relateret til brug af ældre diesellokomotiver, som er i færd med at blive udfaset, og denne udsættelse er derfor ikke nærmere undersøgt. I relation til DSBs værksteder er der taget en række tiltag, som har resulteret i en betydelig reduktion. Det vurderes, at der med de tiltag, der er taget, ikke vil være vanskeligheder med at efterleve en grænseværdi på 5 µg/m³. Der er indkøbt rangerlokomotiver som kører på el, og det er planen i den nærmeste fremtid, at disse skal anvendes til at køre togene ind og ud af værkstederne og eksponeringskoncentrationerne vil med dette tiltag yderligere mindskes og en grænseværdi på 5 µg EC/m³ og noget lavere vil kunne efterleves. Om det er muligt, med dette tiltag, at kunne efterleve en grænseværdi på 1 µg/m³, er mere usikkert. Der findes ikke målinger af eksponeringsniveauer på værkstederne hos Arriva, som er den anden større

¹ DS/EN 689:2018+AC:2019.

operatør med værksteder i Danmark. Det vurderes, at der meget vel ville skulle indføres nye tiltag for at efterleve en grænseværdi $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$, herunder at togsæt ikke kører ind og ud af værkstederne for egen motor. En grænseværdi på $1 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ vil formentlig betyde, at der for alle operatører også skulle foretages nye tiltag i relation til andre personalegrupper inden for togsektoren.

Arbejdstagere involveret i anlæg af og reparationsarbejder i tunneller. Der kan ske eksponering ved vedligeholdelsesarbejder på eksisterende tunnelanlæg, samt ved etablering af nye tunneller. Der er i udlandet målt relativt høje koncentrationer ved tunnelarbejder. Der er fundet en enkelt måling fra vedligeholdelse af tunnel i Danmark, som er lidt under $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$. Det vurderes, at der meget sandsynligt skal tages yderligere skridt til at nedbringe koncentrationen i de tilfælde, hvor der bruges meget dieseldrevet udstyr ved nyanlæg og vedligeholdelse af tunneller. Det vurderes, at der i alt kan være mellem 430 og 900 eksponerede arbejdstagere, hvoraf en stor del kun er eksponeret i kortere perioder (men i hele skifte), mens de udfører vedligeholdelsesarbejde. Der vil være udsættelse for dieseludstødning fra troljer (jernbaneløretøj til brug ved vedligeholdelsesarbejder) og andet udstyr, der bruges til arbejdet. En reduktion kan ske ved eftermontering af katalysatorer og filtre på ældre udstyr eller organisatoriske tiltag som at reducere varigheden af udsættelse. Der er i de senere år eftermonteret katalysatorer og filtre på mange troljer, men det er uklart, hvor mange troljer og andet udstyr, der stadig vil skulle eftermonteres filtre på, hvis der vælges denne løsning for at kunne efterleve en grænseværdi på $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hvis en grænseværdi på $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ skal efterleves, vil dette formentlig indebære en udfasning af så godt som alt dieseldrevet udstyr anvendt til tunnelarbejde.

Bagageportører i lufthavne. Der har i en årrække været fokus på udsættelse af bagageportører og andet personale med udendørs arbejde i lufthavne for ultrafine partikler (UFP) og andre forureningsstoffer. Der er foretaget en række undersøgelser, som primært har omfattet målinger af UFP men også enkelte stationære målinger af elementært kulstof. De højeste koncentrationer af UFP er målt for bagageportører, som derfor er udvalgt. Kilderne til elementært kulstof er en kombination af dieseludstødning fra køretøjer på lufthavnsområdet, udstødning fra fly (der ikke anvender diesel) og baggrundskoncentrationen, hvor elementært kulstof stammer fra de omgivende byområder. Det er på det foreliggende grundlag ikke muligt at skelne, hvor meget af den samlede koncentration, der stammer fra de forskellige kilder. Der er gennem de senere 10 år sket en stor udskiftning af dieseldrevne køretøjer til eldrevne, og denne udvikling vil fortsætte de kommende år. På basis af de foreliggende data vurderes det, at der i lufthavnene formentlig ikke vil være vanskeligheder med at efterleve en grænseværdi på $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$, men konklusionen bygger på et usikkert grundlag, da der for de enkelte erhvervsgrupper er foretaget en omregning fra målinger af UFP til EC. Der er i følsomhedsanalysen nedenfor vurderet, hvad konsekvenserne kan være, hvis antagelsen viser sig ikke at holde. Hvis der etableres en grænseværdi på $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vil bidrag fra flyene højst sandsynlig være over grænseværdien, og konsekvenserne vil være meget afhængig af, om der kan skelnes mellem bidrag fra dieselmotorer og andre kilder. Det vurderes, at der med en grænseværdi på $1 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ vil være behov for at indføre foranstaltninger herunder at fremskynde udskiftningen af dieseldrevet udstyr eller, at medarbejderne anvender åndedrætsværn i alle situationer, hvor der kan forekomme høje eksponeringsniveauer. Det har ikke været muligt at beregne omkostninger af at fremskynde udskiftningen af dieseldrevet udstyr, men det vurderes, at erhvervsmæssige konsekvenser for lufthavnene kan være betydelige, og skal ses i lyset af, at lufthavnene er i konkurrence med udenlandske lufthavne.

Færgespersonale, der leder biler og lastbiler på plads. Der er ikke fundet danske data, der belyser udsættelsen af færgespersonale for dieseludstødning, når biler kører ud og ind, og når lastbilers køleanlæg kører under overfart. Udenlandske målinger indikerer, at der i visse tilfælde kunne være vanskeligheder med at efterleve en grænseværdi på $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ på lukkede vogndæk. Der vurderes at være 500-1000 arbejdstagere, der arbejder på lukkede vogndæk. Yderligere foranstaltninger er forbedret generel ventilation, jobrotation og evt. brug af åndedrætsværn i spidsituationer. Det vurderes, at en grænseværdi på 1

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ vil betyde, at alle arbejdstagere, der arbejder på lukkede vogndæk - og måske også på åbne vogndæk - vil skulle bære åndedrætsværn, når de opholder sig på vogndækket. En sådan grænseværdi vil også kunne indebære yderligere foranstaltninger i relation til andre personalegrupper, eksempelvis personale, der varetager parkering af trailere.

Taxa-, bus-, og lastbilchauffører, m.fl., der arbejder i midtbyzoner. Baseret på resultaterne fra helt nye undersøgelser af chaufførers udsættelse for dieseludstødning i London, sammenholdt med oplysninger om baggrundskoncentrationer i henholdsvis London og København vurderes det, at der for andre arbejdstagergrupper end taxachauffører (der kører i midtbyområder) ikke vil være vanskeligheder med at efterleve en grænseværdi på $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$. Der er en del enkle tiltag, der kan medvirke til at begrænse udsættelse som f.eks. at undgå at køre med vinduet åbent og slukke motoren inden man går ud. For taxachauffører er der regnet med, at der for nogle taxaer vil kunne være behov for at kombinere sådanne tiltag med installation af kabinefiltre, der effektivt filtrerer for ultrafine partikler og derved også vil nedbringe udsættelsen for elementært kulstof. For cykelbude, og andre der arbejder udendørs på eller ved stærkt trafikerede gader, vil en grænseværdi på $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ vurderes det, at de ikke skal bære åndedrætsværn. Hvis en grænseværdi på $1 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ etableres vil det betyde, at middelkoncentrationen i udeluften i midtbyzoner i dagtimerne vil være væsentligt over grænseværdien og i byområder uden for bycentrene vil koncentrationen i dagtimerne ofte kunne være højere end grænseværdien. En grænseværdi $1 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ vurderes at indebære installation af effektive kabinefiltre i alle køretøjer, der anvendes til erhvervsmæssig brug, kombineret med andre tiltag til at reducere udsættelsen. Desuden vil en grænseværdi på dette niveau formentlig indebære, at arbejdstagere, der arbejder udendørs i midtbyzoner, skal bære åndedrætsværn i det mindste en del af arbejdsdagen.

Lagerarbejdere. Målinger i drive-in haller på byggemarkeder har vist, at koncentrationen af en række målte stoffer ikke er højere inde i hallerne end udendørs. Der er ikke målt for elementært kulstof, men det vurderes her, at der ikke vil være vanskeligheder med at efterleve en grænseværdi på $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$. I andre lagerhaller kan det forekomme, at der kører lastbiler ind, men den tilgængelige viden indikerer, at det er meget sjældent, og eventuelle konsekvenser af at etablere en grænseværdi er ikke vurderet. En grænseværdi på $1 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ vil formentlig indebære, at det ikke vil være muligt at anvende dieselskøretøjer i drive-in haller, og enhver kørsel med dieselskøretøjer i lagerhaller vil skulle ophøre. Alternativt vil medarbejdere i drive-in haller formentlig skulle bære åndedrætsværn en del af arbejdstiden.

Mekanikere. Der er fundet en enkelt undersøgelse af ultrafine artikler på et dansk busværksted, men ellers er der kun fundet hollandske målinger. De foreliggende målinger tyder på, at der måske kan være vanskeligheder med at efterleve en grænseværdi på $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ på autoværksteder. Den hollandske frivillige branchenorm er således $7 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ og baseret på målinger over en årrække. Autoværksteder er typisk udstyret med en rumventilation med luftskifte på 3-4 gange i timen og med slanger til udsugning, når køretøjer står i tomgang inde i værkstedet. Køretøjer kører typisk ind og ud uden udsugning til udstødning og det vurderes, at det i nogle tilfælde vil være nødvendigt at etablere udstyr til udsugning ved ind- og udkørsel fra værkstederne. Dette findes allerede etableret i mange synshaller, hvor der er relativt mange ind- og udkørsler. Det samlede antal udsatte vurderes til ca. 16.000 heraf 1.000-1.200, der arbejder på maskinstationer, der reparerer egne maskiner. Maskinstationer, der reparerer egne maskiner har typisk ikke etableret rumventilation og benytter ikke slanger til montering på udstødning ved tomgang i værkstedet. Der er ikke fundet hverken danske eller udenlandske målinger fra maskinstationer, men det vurderes på det foreliggende grundlag, at der for at efterleve en grænseværdi på $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ mindst vil skulle etableres udstyr, der svarer til lastbilværksteder, dvs. generel rumventilation og udsugning til montering på udstødningsrør. Hvis der etableres en grænseværdi på $1 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$, vurderes det, at udsugning til montering på udstødningsrør ved ind- og udkørsel vil skulle være standard på alle autoværksteder (herunder også værksteder til lastbiler, busser, entreprenør- og landbrugsmaskiner).

Arbejdstagere, som arbejder udendørs, hvor der er intensiv brug af dieseldrevne maskiner. En enkelt dansk måling fra et udgravningsarbejde er stillet til rådighed for denne undersøgelse og desuden er der fundet målinger fra bygge- og anlægsarbejder i Holland og Tyskland. Alle viser, at der inden for denne sektor under visse omstændigheder vil kunne være vanskeligheder med at efterleve en grænseværdi på $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$. Udsættelsen forventes at være særlig høj, når der arbejdes i udgravninger, i lukkede byrum eller når der bruges meget dieseldrevet materiel på samme sted. Ved arbejde i byområder eller ved trafikerede veje vil der kunne være et væsentlig bidrag fra den omgivende trafik. Særligt høje værdier kan forventes ved indendørs arbejder, som er sjældne, men f.eks. kan forekomme ved asfaltarbejde i store haller. De tilgængelige data tillader ikke en klar skelnen mellem arbejdssituationer med relativt høj udsættelse og andre situationer. Der vil kunne være en række organisatoriske og tekniske tiltag, som kan nedbringe koncentrationen i situationer med særligt høj udsættelse. Blandt de tekniske foranstaltninger er eftermontering af katalysatorer og filtre på de ældste maskiner, udskiftning til eldrevet udstyr og montering af udsugning, når der arbejdes i udgravninger eller lukkede byrum. Der anslås her, at der samlet er 15.000 - 40.000 arbejdstagere, der enten dagligt eller fra tid til anden (men op til en hel arbejdsdag) vil kunne være udsatte for dieseludstødning over baggrundsniveauet (dvs. koncentrationen i udeluften uden bidrag fra de processer, som er knyttet til det pågældende arbejde) på den pågældende lokalitet. Det er ikke muligt på det nuværende grundlag at vurdere, hvor mange der reelt vil være eksponeret for koncentrationer over grænseværdien. En grænseværdi på $1 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$, der i midtbyzoner er over koncentrationen i udeluften, vil formentlig indebære en kombination af eftermontering af katalysatorer og filtre på alle ældre maskiner, udfasning af dieseldrevet udstyr ved arbejde i udgravninger og andre steder med risiko for relativt høj eksponering, brug af lukkede kabiner med overtryk, og/eller at mange arbejdstagere skal anvende åndedrætsværn ved en stor del af de udendørs arbejder.

Andre typer af arbejdspladser. Der er en række andre typer af arbejdspladser, hvor arbejdstagere kan blive udsatte for dieseludstødning. Her skal nævnes store landbrug (reparation af maskiner og kørsel med maskiner i haller/lader), grænsevagter, billetpersonale ved de store broer, portvagter, personale i affaldssektoren, langturschauffører, brandmænd, hjemmehjælpere og arbejdstagere i mandskabsvogne inden for militæret. Selvom det ikke kan afvises, at etablering af en grænseværdi på $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ i visse tilfælde kan have konsekvenser inden for disse områder, vurderes konsekvenserne at være relativt små sammenlignet med de 8 typer af arbejdspladser, der er vurderet i detaljer her. Hvis der etableres en grænseværdi på $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, vil der formentlig skulle etableres en række tiltag for disse grupper af arbejdstagere af samme type som er nævnt overfor for de 8 udvalgte typer af arbejdspladser såsom etablering af effektive kabinefiltre (langturschauffører), installation af udsugning og ventilation (landbrug), eller etablering af lukkede kabiner med overtryk (portvagter, billetpersonale, mm).

Samlede erhvervsøkonomiske konsekvenser

De erhvervsøkonomiske konsekvenser omfatter primært de efterlevelseseomkostninger, som hver af de vurderede arbejdspladstyper har til at gennemføre tekniske og organisatoriske tiltag. Dertil kommer mulige administrative omkostninger til dokumentation og målinger.²

Den væsentligste administrative omkostning vurderes at bestå i at gennemføre målinger af det aktuelle niveau af eksponering, hvor dette måtte skønnes påkrævet. Der er i Danmark meget begrænset erfaring og praksis med at bruge faktiske målinger til vurdering af, om en grænseværdi er overholdt, og det er derfor

² De erhvervsøkonomiske konsekvenser omfatter i princippet også ændringer i skatter, afgifter og tilskud, men indførelse af en grænseværdi for dieseludstødning vil ikke i sig selv give anledning til ændringer i skatter, afgifter, subsidier og tilskud.

meget usikkert, i hvilket omfang virksomhederne vil lade målinger indgå i deres kontrol med arbejdsmiljøet. Der er derfor kun regnet med, at der vil skulle foretages målinger hos større virksomheder, hvor der er usikkerhed om, hvorvidt der skal foretages yderlige tiltag. Det er muligt, at omkostningerne til målinger er væsentligt underestimeret, hvis der på grund af usikkerhederne om de faktiske eksponeringsniveauer vil være mange flere virksomheder, der vil få foretaget målinger.

Opgaven er afgrænset til at belyse de erhvervsøkonomiske konsekvenser. Disse konsekvenser består dels af omkostninger til efterlevelse, dels af mulige gevinster af lavere sygefravær. Da opgaven ikke har omfattet en egentlig vurdering af de samfundsmæssige gevinster ved indførelse af en grænseværdi, har det ikke været muligt at kvantificere de gevinster virksomhederne vil få som følge af lavere sygefravær.

Det vurderes, at langt de største erhvervsøkonomiske konsekvenser er knyttet til efterlevelseseomkostningerne.

Efterlevelseseomkostningerne er vurderet for alle de undersøgte typer af arbejdspladser. Resultaterne af vurderingen er følgende:

- › For en grænseværdi på 50 µg EC/m³ vurderes der ikke at være behov for yderligere foranstaltninger og eventuelle efterlevelseseomkostninger vil være ubetydelige.
- › For en grænseværdi på 5 µg EC/m³ skønnes det, at der for tre af de udvalgte typer af arbejdspladser formentlig ikke vil være behov for yderligere foranstaltninger. Det drejer sig om reparation af tog, lagerarbejde og bagageportører i lufthavne. Det er alle områder, hvor der i en årrække har været fokus på at nedbringe eksponeringen for dieseludstødning, men det skal understreges, at vurderingen for alle faggrupper er baseret på usikre omregninger fra UFP til EC. For de øvrige typer af arbejdspladser vurderes det at være sandsynligt, at der vil være kunne være omkostninger.
 - › For arbejdstagere involveret i tunnelarbejder, færgepersonale og taxachauffører og andre chauffører, der kører i tætbefolkede byområder vurderes omkostningerne på de nuværende grundlag at være af begrænset størrelse.
 - › For maskinstationer, der reparerer egne maskiner, andre værksteder og for bygge- og anlægsarbejde vurderes det, at der kunne blive tale om mere betydelige erhvervsøkonomiske omkostninger.
 - › For de ikke-udvalgte områder (udover de otte beskrevet ovenfor) vurderes de erhvervsøkonomiske konsekvenser at være begrænsede, da eksponeringskoncentrationerne for disse områder typisk vil være lavere end for de udvalgte.
- › Hvis grænseværdien sættes til 1 µg EC/m³ vil det kunne give anledning til betydelige omkostninger. Omkostningerne er ikke kvantificeret, men skønnes at ville overstige den højeste værdi i intervallerne angivet for efterlevelse af en grænseværdi på 5 µg EC/m³ i nedenstående tabel og meget vel ville kunne være langt højere. Der kan både være tale om, at flere arbejdstagere inden for de undersøgte og andre områder vil være eksponeret for koncentrationer over grænseværdien, og at der kræves flere og dyrere tiltag for at reducere eksponeringen.

Nedenstående tabel sammenfatter vurderingen og de skønnede efterlevelseseomkostninger for en grænseværdi på 5 µg EC/m³. Omkostningerne er angivet som intervaller. For de fleste typer af arbejdspladser er det lave omkostningskøn på nul. Det afspejler usikkerheden og den mulighed, at efterlevelse af en grænseværdi på 5 µg EC/m³ muligvis kan ske uden større omkostninger.

Tabel 0.1 Sammenfatning af konsekvenser. De otte udvalgte arbejdssteder er markeret med fed og enkelte opdelt i underfunktioner. Omkostninger er eksklusiv engangsomkostninger til målinger til test af overensstemmelse med grænseværdier.

Sektor/område	Type af arbejdsfunktion	Antal potentielt udsatte arbejdstagere	Behov for yderligere tiltag ved grænseværdi på 5 µg EC/m ³	Estimat over de direkte efterlevelseseomkostninger mio. kr./år
Togsektoren	Arbejdstagere involveret i reparation af tog	900 - 1.200	Det vurderes, at der ikke er behov for yderligere tiltag for DSB. For Arriva er det usikkert om der vil kunne være yderligere omkostninger til udsugning/ventilation eller el-drevet udstyr til at køre tog ud og ind.	0 - 0,7
	Andre funktioner	1.300 - 5.600	Der vurderes ingen behov da de mest forurenende lokomotiver udfases.	0≈
Skibsfart	Færgepersonale, der leder biler og lastbiler på plads	500 - 1.000	Måske et behov for yderligere tiltag. Der er regnet på mulige omkostninger til åndedrætsværn.	0 - 2,5
	Andre funktioner	200 - 800	Behov vil være begrænset sammenlignet med udvalgte arbejdspladser.	0≈
Landtransport og tilhørende eksponeringssituationer	Taxa-, bus-, og lastbilchauffører, renovationsarbejdere, ansatte ved vej & park/facility services, mm, der opholder sig i midtbyzoner	7.000 - 10.000	Der kan muligvis blive tale om yderligere tiltag for primært taxachauffører. Der er regnet på mere effektive kabinefiltre på egne køretøjer.	≈ 0 - 2,6
	Langturschauffører og portvagter	2,000 - 20,000	Eksponeringsniveauer lavere end ovenstående – Der vurderes ingen behov.	≈ 0
	Mekanikere (Ekskl. maskinstationer)	12.000 - 20.000	Det vurderes, at det muligvis vil være nødvendigt med yderligere tiltag. Her er regnet på omkostning til forbedret udsugning på 10-20% af alle værksteder.	≈ 0 - 6,3
Lagre, drive-in haller, mm.	Lagerarbejdere, hvor lastbiler kører ind i lagerrum eller der benyttes trucks	300 - 1.400	Der forventes ikke noget behov for yderlige tiltag.	≈ 0

Sektor/område	Type af arbejdsfunktion	Antal potentielt udsatte arbejdstagere	Behov for yderligere tiltag ved grænseværdi på 5 µg EC/m ³	Estimat over de direkte efterlevelsesomkostninger mio. kr./år
Landbrug	Maskinstationer, der reparerer egne maskiner	1.000 -1.200	Det vurderes, at det vil være nødvendigt med yderligere tiltag. Her er regnet på omkostning til ventilation og udsugning til 250 til 300 maskinstationer.	≈ 2,2 - 5,4
	Ansatte i landbruget	20.000 - 50.000	Kan ikke afvises, at der i enkelte funktioner (f.eks. reparation af maskiner) kan være behov for tiltag.	≈ 0
Lufthavne	Bagage-portører	500 - 1.000	Det vurderes, at der formentlig ikke er behov for yderligere tiltag.	≈ 0
	Andre funktioner	1.500 - 3.000	Eksponeringsniveauer lavere end ovenstående. Formentlig ingen behov for tiltag.	≈ 0
Bygge- og anlægs sektoren	Arbejdstagere som arbejder udendørs, hvor der er intensiv brug af dieseldrevne maskiner	15.000 - 40.000	Det vurderes, at der muligvis vil være et behov for yderligere tiltag. Der er regnet på forskellige tiltag: organisatoriske, renere brændstof og eftermontering af partikelfiltre på ældre maskiner.	≈ 0,4 - 36
	Arbejdstagere involveret i reparationsarbejder o. lign. i tunneller	430 - 900	Der kan muligvis være et behov. Der er bl.a. regnet på brug eftermontering af partikelfilter på troljer.	≈ 0 - 2,6
	Arbejdstagere i byggeri og ved anlæg, hvor der anvendes dieselgeneratorer, minigravere, mm. indendørs	2.000-20.000	Vurderet at dette ikke er tilladt i.h.t. gældende regler og stort set ikke forekommer.	≈ 0
Andre	Grænsevagter, brandmænd, billetpersonale på broer, hjemhjelpe, mm.	20.000 - 50.000	Formentlig ikke behov for yderligere tiltag, men ikke undersøgt i detaljer.	ikke undersøgt
I alt for udvalgte		38.000-77.000		2,6 - 56,4
I alt, alle		84.400 - 221.000		≈ 3 - 60

For de otte typer af arbejdspladser ligger de samlede skønnede efterlevelsescostninger i et interval fra lidt under 3 til næsten 60 mio. kr. pr. år. Disse årlige omkostninger er beregnet som summen af løbende efterlevelsescostninger på 0,4 -28,8 mio. kr. samt annualiserede engangscostninger til omstilling på 2,2 - 27 mio. kr. Omstillingskostningerne dvs. engangscostningen til de identificerede investeringer er estimeret, at kunne være i størrelsesorden på 25 - 299 mio. kr. Om de bliver i den høje ende afhænger af, om mere omkostningseffektive organisatoriske eller tekniske tiltag vil være tilstrækkelige.

Det vurderes, at de otte udvalgte typer af arbejdspladser repræsenterer langt den største del af de samlede omkostninger. De største grupper af arbejdstagere, som ikke er omfattet af de otte udvalgte typer, er lang-turschauffører, ansatte inden for landbruget og hjemmehjælpere mm. som kører en del af deres arbejdsdag. For disse typer af arbejdspladser vurderes eksponeringen at være lavere end for de udvalgte arbejdsgrupper, og der regnes ikke med at være væsentlige efterlevelsescostninger ved en grænseværdi på 5 $\mu\text{g EC/m}^3$.

Sektorer, som vil blive særlig berørt af en grænseværdi på 5 $\mu\text{g EC/m}^3$

Maskinstationer er det eneste område hvor branchen selv entydigt har udtrykt, at der forventes erhvervsøkonomiske konsekvenser, en forventning som understøttes af nærværende rapport. Der er i følgegruppen til projektet stillet spørgsmål til, at udgifter til tiltag henregnes til etablering af en grænseværdi, da der er usikkerhed om, hvorvidt disse tiltag under alle omstændigheder skulle være taget. I relation til autoværksteder (inkl. lastbiler, maskiner, mm.) er der fra aktører ikke udtrykt forventning om erhvervsøkonomiske konsekvenser, men på det foreliggende datagrundlag vurderes der at være en mulighed for, at der vil være behov for nye foranstaltninger, som potentielt kan blive bekostelige grundet det store antal virksomheder og bekostelige specielt for det enkelte lille værksted. Inden for bygge- og anlægssektoren har flere aktører udtrykt forventning om, at der vil kunne være erhvervsøkonomiske omkostninger. For nogle typer af arbejdssteder med særlig høj risiko for eksponering vil der formodentligt skulle tages nye foranstaltninger og de samlede efterlevelsescostningerne kan potentielt blive store. Disse tre typer af arbejdspladser tegner sig for ca. 90% af de skønnede efterlevelsescostninger, men da der er store usikkerheder på alle estimater, vil der også være det på denne procentangivelse.

Konkurrencesituationen er blevet vurderet for hver af de berørte brancher. Der forventes ikke væsentlige effekter, da efterlevelsescostninger i de fleste tilfælde er begrænsede. For værksteder og maskinstationer kan de dog udgøre en større del af virksomhedernes omsætning og overskud. Selv om der er begrænset konkurrence fra udenlandske virksomheder er det vanskeligt at vurdere, hvor stor en del af de ekstra omkostninger, som virksomheder kan overvælte i prisen på deres ydelser. Der kan således blive tale om, at de vil opleve en reduceret indtjening i den periode, hvor de gennemfører de nødvendige tiltag.

Usikkerhed på den samlede vurdering af de erhvervsøkonomiske konsekvenser

Der er stor usikkerhed på den samlede vurdering. Manglen på målinger af koncentrationer på danske arbejdspladser betyder, at det er usikkert, hvor mange steder inden for de analyserede sektorer, der vil være behov for mere omfattende tekniske og organisatoriske tiltag. Baseret på måleresultater fra udlandet vurderes eksponeringsniveauerne for mange af typerne af arbejdspladser at ligge på et niveau, hvor det er meget vanskeligt at vurdere om en grænseværdi på 5 $\mu\text{g EC/m}^3$ vil kunne efterleves for alle virksomheder og arbejdsfunktioner.

De sektorer, som bliver særligt berørt, vil dog næppe helt kunne undgå at skulle indføre yderligere tiltag.

Usikkerheden i vurderingen er afspejlet i de opgjorte efterlevelsescostninger. For de fleste af de berørte sektorer er der estimeret et interval fra nul og op til et skønnet maksimum for efterlevelsescostningerne. For enkelte arbejdspladstyper er det antaget, at der sandsynligvis ikke vil være efterlevelsescostninger. Det gælder for eksempel for lufthavnene. Hvis dette skøn viser sig at være forkert, vil der

kunne blive tale om efterlevelsedomkostninger. Det har på det foreliggende vidensgrundlag ikke været muligt at skønne over, hvor store efterlevelsedomkostninger ville kunne blive.

Betydning af fastsættelse af grænseværdi på 1 µg EC/m³

Der er for en grænseværdi på 1 µg EC/m³ kun foretaget en kvalitativ vurdering af de mulige konsekvenser. Hvis der fastsættes en grænseværdi på 1 µg EC/m³, øges sandsynligheden for, at de berørte sektorer vil skulle gennemføre tiltag. Det vurderes, at for alle de 8 udvalgte typer af arbejdspladser vil de erhvervsøkonomiske omkostninger blive mindst i den størrelsesorden, som er angivet som de maksimale værdier i intervallerne ovenfor for en grænseværdi på 5 µg EC/m³. For bygge- og anlægssektoren vil det kunne betyde, at det ikke kun er på arbejdssteder med særlig høje koncentrationer, at der vil skulle etableres foranstaltninger, men at det vil være ved alle typer af arbejde, hvor der anvendes dieseldrevne maskiner eller, hvor der arbejdes tæt ved trafikerede veje. På samme måde vil det være sandsynligt, at stort set alle autoværksteder skal have installeret udsugning til at sætte på udstødningen ved ind og udkørsel. På alle færger med lukket vogndæk vil der meget sandsynligt skulle etableres bedre ventilationsanlæg, eller medarbejderne ville skulle anvende åndedrætsværn, når de er på vogndækket. I lufthavne vil alt dieseldrevet udstyr sandsynligvis skulle udfases, og hvis der ikke skelnes mellem bidrag fra fly og dieseldrevet udstyr, vil der skulle tages forskellige tiltag for at mindske risikoen for, at arbejdstagere udsættes for EC fra flymotorer. Det er ikke muligt at skønne over omkostningerne ved disse tiltag. I det omfang lufthavne er i international konkurrence vil øgende omkostninger kunne betyde et fald i indtjeningen.

For arbejdspladser ud over de otte udvalgte typer vil der meget sandsynligt opstå behov for tekniske og organisatoriske tiltag. Hvis der etableres en grænseværdi på 1 µg/m³, vil der som nævnt ovenfor formentlig skulle etableres en række tiltag for disse grupper af arbejdstagere af samme type som er nævnt ovenfor for de 8 udvalgte typer af arbejdspladser såsom etablering af effektive kabinefiltre (langturschauffører), installation af udsugning og ventilation (landbrug), eller etablering af lukkede kabiner med overtryk (portvakter, billetpersonale, mm). Hvis der etableres en grænseværdi, som er under koncentrationen i udeluften i midtbyzoner, vil dette kunne indebære, at det på mange arbejdspladser skal sikres, at koncentrationen af dieseludstødning på arbejdspladsen er lavere end koncentrationen i udeluften. Der er i undersøgelsen regnet på omkostninger til at bringe koncentrationerne inde i køretøjer under udekonzentrationen, men der er ikke regnet med mulige omkostninger til at nedbringe koncentrationen i butikker, kontorer mm. i byområder.

Supplerende eller alternative tiltag til at begrænse udsættelsen for dieseludstødning i arbejdsmiljøet

For at perspektivere en grænseværdi for dieseludstødning, er der i projektet også blevet identificeret andre tiltag, som potentielt kan reducere udsættelsen for dieseludstødning i arbejdsmiljøet. Der er ikke foretaget en analyse af omkostninger og effektivitet af disse tiltag.

Andre måder at begrænse udsættelse for dieseludstødning i arbejdsmiljøet, som er omtalt i undersøgelsen, er:

- › Frivilligt branchesamarbejde i relation til dieseludstødning for bygge- og anlægsområdet
- › Udvidelse af krav til miljøzoner i de større byer
- › Øget viden om udsættelse for dieseludstødning i arbejdsmiljøet og muligheder for at reducere denne udsættelse

- › Frivillig brancheaftale om brug af GTL³ eller lignende alternative drivmidler eller skift til ældre materiel (forbehold for, at det ikke er dokumenteret, at de alternative drivmidler reducerer udledning af EC på samme niveau som udledning af partikler)
- › Udarbejdelse af branchespecifikke vejledninger

Frivilligt branchesamarbejde i relation til dieseludstødning inden for bygge- og anlægsområdet samt øget viden om udsættelse for dieseludstødning i arbejdsmiljøet og muligheder for at reducere denne udsættelse vurderes at ville kunne hjælpe til bedre at kunne prioritere, hvilke tiltag der i relation til de enkelte arbejdssituationer vil være mest omkostningseffektive.

³ GTL: Gas to liquids. Alternativt drivmiddel som resulterer i mindre udledning af partikler.

Summary

Background for the investigation

With Directive (EU) 2019/130, the EU has adopted an occupational exposure limit value (OEL) for diesel engine exhaust emission (DEEE) in the working environment of 50 µg EC/m³; measured as elemental carbon (EC), a time-weighted average over 8 hours. This OEL must be transposed into Danish legislation by January 2021 and will apply as of 21 February 2023. However, for underground mining and tunnel construction, the OEL shall not apply until 21 February 2026.

Independent of the EU decision to impose an OEL for DEEE, the National Research Center for the Working Environment, NFA, has on the basis of existing scientific knowledge and employing usual procedures estimated that health-based OELs in the working environment of 0.45, 0.045 and 0.0045 µg EC/m³ (measured as elemental carbon) would lead to an excess risk of lung cancer of 1:1000, 1:10,000 and 1:100,000, respectively. It has been beyond the scope of this project to assess the impact to businesses of introducing an OEL at one of these levels.

The overall purpose of this study is to:

- › Assess how and to what extent workers in Denmark are exposed to DEEE in the working environment,
- › prepare a business impact assessment and provide a quantitative assessment of the costs to business of setting OELs for diesel exhaust in the working environment at 50 and 5 µg EC/m³, respectively,
- › provide a qualitative assessment of the business consequences of establishing a substantially lower OEL. This value has been established at a late stage in the project implementation and specified to be 1 µg EC/m³, and
- › indicate opportunities to improve the working environment situation in relation to DEEE in Denmark by means other than introducing stricter OELs than the EU OEL.

It has been beyond the scope of this study to assess and quantify the benefits to society of establishing an occupational OEL, including reduced health care costs. Furthermore, it has been beyond the scope of this project to describe the benefits to workers of having reduced exposure to DEEE (e.g. less absenteeism due to sickness).

The study has involved carrying out a technical assessment for a number of selected types of workplaces with high potential for exposure to DEEE, forming the basis for the subsequent business impact assessment. The technical assessment summarizes existing knowledge on exposure levels and current and planned risk management measures for reduction of exposure. The assessment also includes background contributions from the outdoor air and the trend in emissions from vehicles and machinery, as a consequence of other legislation that affects the development in exposure concentration, regardless of whether an OEL is established.

Background information of importance to the assessment

Background concentrations

The concentration of elemental carbon in outdoor air on high streets and roads is at such a level that it may contribute significantly to the total exposure of workers working in urban areas. In 2018, the annual mean concentration on one of the country's most frequented streets, H.C. Andersens Boulevard, was approx. 1.1 µg EC/m³, whereas the mean concentration in daytime hours may be approx. twice as high on

average. In 2018, the concentration was at 53% of the level measured in 2010; the concentration is assumed to decrease by almost the same rate in the coming years, thereby reducing the contribution from outdoor air. This decrease was taken into account in assessing the total exposure of workers. Annual mean concentrations in 2018, which represented urban backgrounds in Copenhagen and suburbs, was measured at approx. $0.4 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$. Of this, a significant part of the elemental carbon originated from other sources, in particular wood-burning stoves. Contributions from other sources generally result in annual variations where the average concentrations in Risø during winter was $0,5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$, whereas the lowest daily mean concentrations during summer were $0.1\text{--}0.2 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$.

By far the largest proportion of particles in diesel exhaust (by weight) is in the size range of $0.1\text{--}1 \mu\text{m}$. Particles of this size are able to stay suspended in the air for a long time. In areas with shelter - such as in a street with tall buildings - it takes longer for pollutants to be diluted and transported away, which potentially results in significantly increased concentrations compared to an open street. Relatively high exposure to DEEE would then be common in, for example, closed street spaces, excavations or between terminal fingers in an airport.

Developments in the concentration of diesel exhaust as a result of other legislation

The European emission standards, also known as "Euro norms", set limits for pollutants emitted from new diesel engines, including nitrogen oxides and particles. The standards apply to engines in newly-manufactured vehicles and machines; therefore, there is no requirement that older equipment meet the latest standards. The requirements in the standards do not specifically relate to elemental carbon or ultrafine particles, but experience shows that the development of emission standards has also resulted in decreasing emissions of elemental carbon. The replacement of older equipment will gradually reduce DEEE emissions. Part of the business economic assessment involves examining the extent to which concentrations will decrease as a result of the replacement of older vehicles and machines, as well as the necessity for subsequent measures.

Measurements of exposure to DEEE in the working environment

Danish studies of exposure to diesel exhaust in the working environment have been identified for the following: various workplaces in the railway sector, outdoor workplaces in airports, border control, construction work, and repair of buses. Most of the available results are either measured as ultrafine particles (UFP) or black carbon (BC). A conversion from UFP or BC to elemental carbon (EC) was carried out. Conversion from BC to EC is subject to little uncertainty (typically within 10%). The conversion from UFP has been done for source types where there are some related measurements of both EC/BC and UFP, but where more measurements of UFP are available. Although only source-specific conversion factors are used, the conversion is subject to considerable uncertainty, but has been done in the absence of current measurements of EC.

In the absence of Danish studies of exposure to DEEE for many types of workplaces, a review of foreign studies was carried out and summarized, focusing on studies from the past 10 years. The use of data takes into account the changes expected as a consequence of the introduction of the different Euro norms. The assessments use foreign data for the following types of workplaces: construction, tunnel works, car repair shops, taxi drivers and other drivers who work in urban areas with high background concentrations, as well as roll-on/roll-off ferries.

Method for assessing compliance with an OEL

The methodology used in this study to assess compliance with an OEL is based on the principles of the standard "*Workplace exposure. Measurement of exposure by inhalation to chemical agents. Strategy for testing compliance with occupational exposure limit values.*" There are generally no data sets that allow

for a systematic application of the standard's testing strategy, but in this study the principles were translated into a method for estimating whether an OEL can be complied with. The principle is that it is not the measured values that should be below the OEL, but rather the 95% fractile of the measurements. The analysis assumes that current practice expresses compliance with the applicable rules, regardless of whether there may be disagreement as to whether the rules are properly complied with. It means that all costs for compliance with a new OEL will be allocated to the introduction of the OEL.

Description of eight selected types of workplaces

Selection of types of workplaces that have been evaluated in more detail

Initially, a screening of all workplaces was conducted for which relatively high exposure to DEEE in the working environment could be expected. The total number of workers with potential exposure in the working environment is estimated at 86,000 - 239,000. Exposure takes place in a wide range of sectors including the railway sector, shipping, land transport, airports, construction, trade, industry, agriculture and many others. In collaboration with the project's advisory group, eight types of workplaces were selected, which were described and evaluated in detail. The selection was based on the number of potentially exposed workers, the expected risk of high exposure and representativeness. It is estimated that these types of workplaces have numbers of 38,000-77,000 workers potentially exposed to DEEE.

Exposure level assessment and measures for 8 selected types of workplaces

For all types of workplaces, it has been estimated that there would be no difficulties in complying with an OEL of 50 µg EC/m³; this OEL is therefore not described in the following review. The assessment is based on the knowledge available on possible exposure levels and a projection to 2023, when a minimum threshold of 50 µg EC/m³ will enter into force as a result of the EU Directive. Under very special circumstances, e.g. asphaltting inside buildings halls, the work may result in higher exposure values, but in these cases respirators would be in use or the exposure time would be less than 8 hours. An OEL for DEEE is not considered to be decisive for the measures taken and therefore would not have any economic impact.

Workers involved in train repair. Within the railway sector exposure to DEEE may take place for a number of occupations, including engine drivers, guards, workers in workshops and workers involved in tunnel work (included below under tunnels). This sector has been in focus for a long time and a number of initiatives have been taken. In relation to engine drivers and guards, relatively high exposure has primarily been related to the use of older diesel locomotives, which are currently being phased out. This exposure has therefore not been further investigated. In relation to workshops of the Danish Railways (DSB), a number of measures have been taken resulting in considerable reduction in exposure. It is estimated that with the measures taken there will be no difficulties in complying with an OEL of 5 µg/m³. Electrified shunters have been purchased; in the near future, these will be used to shunt trains in and out of the workshops. Exposure concentrations will be further reduced with this measure and an OEL below 5 µg EC/m³ lower can be complied with. Whether it is possible with these measures to comply with an OEL of 1 µg/m³ is more uncertain. Exposure level measurements are not available at the workshops of Arriva, the second major railway operator with workshops in Denmark. It is estimated that new measures would likely have to be introduced to comply with an OEL of 5 µg/m³ and that these could include the use of electrified shunters in the workshops. An OEL of 1 µg EC/m³ will likely mean that new measures would also have to be taken by all railway operators in relation to other staff groups within the railway sector.

Workers involved in the construction and repair of tunnels. Exposure to DEEE may take place during maintenance work on existing tunnels, as well as the establishment of new tunnels. Relatively high concentrations have been measured for tunnel works in other countries. A single measurement from tunnel maintenance was identified for Denmark, which is slightly below 5 µg EC/m³. It is estimated that further steps are likely to be required to reduce concentrations in cases where diesel-powered equipment is used

in new construction and maintenance of tunnels. There may be between 430 and 900 workers of whom many are exposed for shorter periods (but throughout an entire shift) while performing this kind of maintenance work. Exposure to DEEE would occur from trolleys (railway vehicles for use in maintenance work) and other equipment used for the work. Reduction can be achieved by retrofitting catalysts and filters to older equipment or through organizational measures such as reducing the duration of exposure. Catalysts and filters have been retrofitted to many trolleys in recent years, but it is unclear how many trolleys and other equipment will need to be retrofitted if this solution is chosen to comply with an OEL of $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$. If an OEL of $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ is to be observed, this will likely involve phasing out almost all diesel-powered equipment used for tunnel work.

Baggage handlers at airports. For a number of years, a focus has been on exposure of baggage handlers and other staff working outdoors at airports to ultra-fine particles (UFP) and other pollutants. A number of studies have been conducted on measurements of UFP, but also some stationary measurements of elemental carbon. The highest exposure concentrations of UFP are measured for baggage handlers, which was therefore selected as a category in this study. The sources of elemental carbon are a combination of DEEE from airport vehicles, exhaust from aircraft (not using diesel) and the background concentrations in surrounding urban areas. On the present basis, it is not possible to discern how much of the total concentration comes from the various sources. Over the past 10 years, much replacement of diesel-powered vehicles for electric vehicles has occurred, a trend that will continue in the coming years. Based on the available data, it is estimated that the airports will probably not have difficulty in complying with an OEL of $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$, but the conclusion is uncertain. For the individual occupational groups, concentrations are recalculated from UFP to EC - an uncertain method. The sensitivity analysis below assesses the consequences if this assumption is incorrect. If an OEL of $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ is established, contributions from the aircraft are most likely to be above the OEL; the consequences depend on whether it is possible to distinguish between contributions from diesel engines and other sources. It is estimated that with an OEL of $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, it would be necessary to introduce measures to accelerate the replacement of diesel-powered equipment, or such that employees would use respirators in all situations where high exposure levels may occur. It has not been possible to calculate the costs of accelerating the replacement of diesel-powered equipment, but it is estimated that the business impact on the airports would be significant and should be seen in light of the fact that the airports are in competition with foreign airports.

Ferry crews leading cars and trucks to their locations. No Danish data have been found to illustrate the exposure of ferry crews to DEEE when cars are driving in and out and when trucks' cooling systems are operating under an overpass. Measurements in other countries indicate that in some cases there may be difficulties in complying with an OEL of $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ on closed ferry decks. There are estimated to be 500-1000 workers employed on closed ferry decks. Additional measures include improved general ventilation, job rotation and possibly use of respirators in peak situations. It is estimated that an OEL of $1 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ would mean that all workers working on closed car decks - and possibly also open car decks - would have to wear respirators on the deck. Such an OEL may also entail additional measures in relation to other occupational groups, such as personnel handling the parking of trailers.

Taxi, bus, and truck drivers, etc. working in city centres. Based on the results of recent studies on drivers' exposure to DEEE in London, compared with information on background concentrations in London and Copenhagen, respectively, it is estimated that for occupational groups other than taxi drivers (driving in city centres) there would be no difficulties in complying with an OEL of $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. There are some simple measures that can limit exposure, such as closing the windows when driving and to switch off the engine before exiting. It is anticipated that for some taxis there may be a need to combine such measures with the installation of cabin filters that effectively filter for ultrafine particles and thereby also reduce exposure to elemental carbon. For bike couriers and others working outdoors on or near heavily

trafficked streets, it is estimated that an OEL of $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ would not mean that they must wear respiratory protective equipment. Establishing an OEL of $1 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ would mean that the average concentration in outdoor air in city centres in daytime would be significantly above the OEL and in urban areas outside the city centres, the concentration in the daytime would also often be above the OEL. An OEL of $1 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ would be likely to involve the installation of effective cabin filters in all vehicles for commercial use, combined with other measures to reduce exposure. In addition, an OEL at this level would likely mean that workers employed outdoors in city centres must wear respirators for at least part of the workday.

Warehouse workers. Measurements in drive-in halls in DYI stores have shown that the concentration of a number of measured pollutants is no higher inside the halls than outside. No elemental carbon has been measured, but it is estimated that there would likely be no difficulties in complying with an OEL of $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$. In other warehouses, trucks may be driven in, but the available knowledge indicates that this is rare; any consequences of establishing an OEL have not been assessed. An OEL of $1 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ would likely mean that it would not be possible to use diesel vehicles in drive-in halls and any driving with diesel vehicles in warehouses would cease. Alternatively, employees in drive-in halls would probably have to wear respirators for a part of their working hours.

Mechanics. A single study was identified on ultra-fine particles at a Danish bus workshop, but otherwise only Dutch measurements have been found. The present measurements indicate that there may be difficulties in complying with an OEL of $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ in auto repair shops. The Dutch voluntary industry standard is $7 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$, based on measurements over a number of years. Car repair shops are typically equipped with general ventilation with air change of 3-4 times per hour and with hoses for exhaust extraction when vehicles are running at idle inside the repair shop. Vehicles typically drive in and out without exhaust extraction; in some cases, it would likely be necessary to install exhaust extraction equipment when entering and exiting the workshops. This equipment has been established in technical inspection centres where there are relatively many runs in and out. The total number of exposed workers that this might affect is estimated at approx. 16,000, including 1,000-1,200 working on machine pools for agricultural machinery repairing their own machines. Machine pools for repairing privately-owned machines have typically not established general room ventilation nor have installed hoses for mounting on exhausts when machines are running at idle in the workshop. No Danish or foreign measurements from machine pools have been found, but it is estimated that in order to comply with an OEL of $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, equipment at least corresponding to truck workshops, i.e. general room ventilation and exhaust extraction, should be established. If an OEL of $1 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ is established, exhaust extractions for use at entry and exit should be standard in all car repair shops (including also workshops for trucks, buses, construction and agricultural machinery).

Workers who work outdoors where there is intensive use of diesel-powered machines. A single Danish survey from an excavation works has been made available for this study. Furthermore, measurements from construction work in The Netherlands and Germany have been identified. All show that within this sector complying with an OEL of $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ under certain circumstances may be challenging. Exposure is expected to be particularly high when working in excavations, in confined urban spaces or where a significant amount of diesel-powered equipment is used in the same location. When working in city centres or on busy roads, there may also be a significant contribution from the surrounding traffic. Particularly high values are expected for indoor work, which is rare, but may occur in asphalt work in large halls, for example. The available data do not allow a clear distinction between work situations with relatively high exposures and other situations. There may be a number of organizational and technical measures that can reduce the concentration in situations with particularly high exposure. The technical measures include retrofitting of catalysts and filters on the oldest machines, replacing them with electrical equipment and installing extraction when working in excavations or confined urban spaces. It is estimated that in total

15,000 - 40,000 workers, either daily or from time to time (but up to an entire working day), may be exposed to DEEE above the background level (i.e. the concentration in the outdoor air without contribution from the processes linked to the work in question) at that location. It is not possible on the present basis to estimate how many workers would actually be exposed to concentrations above the OEL. An OEL of 1 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$, which is above the concentration in outdoor air in city centres, would imply a combination of retrofitting of catalysts and filters on all older machines, phasing out diesel-powered equipment when working in excavations and other places with risk of relatively high exposure, use of closed booths under positive pressure, and/or that many workers must wear respirators during outdoor works.

Other types of workplaces. There are a number of other types of workplaces where workers may be exposed to DEEE. These include large farms (repair of machines and driving with machines in the halls/barns), border guards, ticket staff at big bridges, gatekeepers, waste workers, long-distance drivers, firefighters, personal support workers and workers in military vehicles. Establishing an OEL of 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ would have consequences in these sectors in some cases; however, the consequences are considered to be relatively small compared to the eight types of workplaces assessed in detail. If an OEL of 1 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$ is established, a number of measures would in turn need to be established for the eight selected types of workplaces, such as the establishment of efficient cabin filters (long-distance driver), installation of extraction and ventilation systems (agriculture), or the establishment of closed booths with overpressure (gatekeepers, ticket staff, etc.).

Overall business economic impact

The business-related consequences primarily include the compliance costs to each of the assessed types of workplaces of implementing technical and organizational measures. To this, possible administrative costs for documentation and measurements should be added.⁴

The most significant administrative cost consists of measuring current level of exposure where this is deemed necessary. There is limited experience and practice in Denmark in using actual workplace measurements to assess compliance with an OEL and it is therefore highly uncertain as to what extent companies would include measurements in their monitoring of the working environment. Therefore, it is assumed that measurements would have to be made only at larger companies, where there is uncertainty as to the need for further measures. It is possible that the cost of measurements is significantly underestimated if, due to the uncertainties regarding actual exposure levels, many more companies would request measurements.

The scope of this study includes only the business impacts. These impacts comprise the costs of achieving compliance and the possible savings from reduced negative health impacts such as less absenteeism due to sickness. As the study does not include an assessment of the health benefits, it has not been possible to quantify the savings to business from improved health.

It is estimated that by far the most significant consequences to businesses are related to compliance costs.

Compliance costs have been assessed for all types of workplaces examined. The results of the assessment are as follows:

⁴ In principle, the business impact assessment also includes changes in taxes, duties and subsidies, but establishing of an OEL for DEEE will not in itself give rise to changes in taxes, taxes, subsidies and subsidies.

- › For an OEL of 50 µg EC/m³, no additional measures are considered necessary and consequently, possible compliance costs would be insignificant.
- › For an OEL of 5 µg EC/m³, it is estimated that for three of the selected types of workplaces, no further measures are likely to be needed. These are repair of trains, warehousing and baggage handlers at airports. These are all situations where, for a number of years, the focus has been on reducing exposure to DEEE, but it should be emphasized that the assessment for all professional groups is based on uncertain conversions from UFP to EC. For the other types of workplaces, it is considered probable that there would be costs.
 - › For workers involved in tunnel works, ferry crews and taxi drivers and other drivers operating in densely populated urban areas, the current costs are estimated to be of limited size.
 - › For machine pools that repair their own machines, other vehicle repair shops and for construction work, it is estimated that there could be more significant costs to the businesses.
 - › For the non-selected areas (in addition to the eight described above), the business-economic consequences are considered to be limited, as the exposure concentrations for these areas would typically be lower than for the selected ones.
- › Setting the OEL to 1 µg EC/m³ could result in significant costs. The costs have not been quantified but are estimated to exceed the highest value in the intervals stated for compliance with an OEL of 5 µg EC/m³ in the table below and may well be significantly higher.

The following table summarizes the assessment and the estimated compliance costs for an OEL of 5 µg/m³. Costs are given as ranges. For most types of workplaces, the low cost estimate is zero. This reflects the uncertainty and possibility that compliance with an OEL of 5 µg EC/m³ could occur without major costs incurred.

Table 0.1 Summary of consequences. The eight selected workplaces are marked bold and some are divided into sub-areas. The costs do not include on-off costs for measurements for demonstrating compliance.

Sec- tor/area	Type of workplace	Total number of workers po- tentially ex- posed	Need for further measures at an OEL of 5 µg EC/m ³	Estimated direct compliance costs million DKK/year
Railway sector	Workers involved in repair of trains	900 - 1,200	It is assessed that no further measures are needed for DSB As regard Arriva, it is uncer- tain if there would be some costs of further extraction/ ventilation or electrified equipment for running trains in and out of the workshops	0 - 0.7
	Other functions	1,300 - 5,600	No need, as the most pollut- ing locomotives are to be phased out	0 ≈
Shipping	Ferry crew leading cars and trucks in place	500 - 1,000	There may be a need. Res- piratory protection has been considered	0 - 2,5
	Other functions	200 - 800	Needs will be limited com- pared to selected work- places	0 ≈
Land transport and associ- ated expo- sure situa- tions	Taxi, bus, and truck drivers, etc., who work in city centres	7,000 - 10,000	Additional measures, pri- marily for taxi drivers, may be needed Costs of more efficient cabin filters on privately owned vehicles have been esti- mated	≈ 0 - 2,6
	Long-distance drivers and gatekeepers	2,000 - 20,000	Exposure levels lower than the above. No need for fur- ther measures	≈ 0
	Mechanics (Excl. machine pools repairing privately owned machines)	12,000 - 20,000	It is considered that further measures may be needed. Costs of improved extraction of 10-20% of all workshops are estimated	≈ 0 - 6.3
Ware- houses , drive-in halls, etc.	Warehouse workers	300 - 1,400	No further measures are ex- pected	≈ 0
Agriculture	Machine pools re- pairing privately- owned machines	1,000 -1,200	It is estimated that further measures will be needed. The cost of ventilation and extraction is calculated for 250 to 300 machine pools	≈ 2.2 - 5,4
	Workers in agriculture	20,000 - 50,000	New measures may be re- quired for some functions (e.g. repair of machines)	≈ 0

Sec- tor/area	Type of workplace	Total number of workers po- tentially ex- posed	Need for further measures at an OEL of 5 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$	Estimated direct compliance costs million DKK/year
Airports	Baggage handlers	500 - 1,000	It is assessed that no further action is likely needed	≈ 0
	Other functions	1,500 - 3,000	Exposure levels lower than the above. Likely no need for further measures	≈ 0
Construc- tion sector	Workers who work outdoors where there is intensive use of diesel-powered machines	15,000-40,000	It is assessed that there may be a need for further measures Various measures have been taken: Organizational measures, cleaner fuels and retrofitting of particulate filters on older machines	$\approx 0.4 - 36$
	Workers involved in the construction and repair of tunnels	430 - 900	There may be a need. Costs are calculated on retrofitting particle filters on trolleys	$\approx 0 - 2,6$
	Workers in construction using diesel generators, mini excavators, etc. indoors	400-2,000	Assessed that this is not allowed according to applicable rules and virtually non-existent	≈ 0
Other type of work-places	Border guards, fire-fighters, ticket staff at the big bridges, home carers, mm.	20,000 - 50,000	Likely no need for further action, but not studied in detail	Not investigated
Total, se-lected		38,000-77,000		2,6 - 56.4
Total		84.400-221.000		$\approx 3 - 60$

For the eight types of workplaces, the estimated compliance costs range from approximately DKK 3-60 million per year. These annual costs are calculated as the sum of recurrent compliance costs of DKK 0.4 -29 million as well as annualized one-off costs for the identified investments of DKK 2.2 - 27 million. The one-off costs of the identified investments are estimated to be in the range of DKK 25 - 299 million. Whether they would be at the high end of this range depends on whether more cost-effective organizational or technical measures would be sufficient.

It is estimated that the eight selected types of workplaces represent the vast majority of the total cost. The largest groups of workers not included in the eight selected types are long-distance drivers, agricultural employees and home carers etc. who drive for part of their work day. For these types of workplaces, exposures are estimated to be lower than for the selected workplaces, and significant compliance costs are not expected at an OEL of $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$.

Sectors that will be particularly affected by an OEL of $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$

Machine pools constitute the only area where the industry itself has unequivocally expressed that business consequences are expected, an expectation supported by this report. In the advisory group to the project, it

has been questioned whether the costs of measures should be allocated to establishing an OEL, as there is uncertainty as to whether these measures should have been taken in any case. In relation to car repair shops (including repair of trucks, machines, etc.), there is no expectation of economic impact from actors. However, on the basis of the available data, it is assessed that new measures may be needed that could potentially be costly due to the large number of companies involved and especially costly for each small workshop. In the construction sector, several players have expressed the expectation that there may be business-related costs. For some types of workplaces with particularly high risks of exposure, new measures will likely have to be taken; the overall compliance costs could potentially be large. These three types of workplaces account for approx. 90% of the estimated compliance costs, but since there are significant uncertainties on all estimates, this percentage is also quite uncertain.

The competitive situation has been assessed for each of the industries concerned. No significant effects are expected, as compliance costs are limited in most cases. However, for auto repair and machine pools, they can make up a larger proportion of companies' turnover and profits. Although there is limited competition from foreign companies, it is difficult to assess how much of the extra cost companies can pass on in the price of their services. Thus, it is possible they will experience reduced earnings during the period in which they implement the necessary measures.

Uncertainty about the overall assessment of the economic impact

There is considerable uncertainty on the overall assessment. The lack of measurements of concentrations in Danish workplaces means that it is uncertain how many places within the analysed sectors will require more extensive technical and organizational measures. Based on measurement results from abroad, measurements are at a level that makes it difficult to assess whether an OEL of $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ will be complied with for all companies and work functions. However, those sectors that are particularly affected will most likely need to implement further measures.

The uncertainty has been reflected in the estimate range of the compliance costs. For the majority of the assessed industries, the estimated compliance costs range from zero to a maximum costs. For some types of workplaces, it is assumed that there would likely be no compliance costs. This applies, for example, to airports. If this assumption turns out to be wrong, compliance costs could be incurred. It has not been possible on the bases of the current information to estimate the extent of compliance costs.

Impacts of setting an OEL of $1 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$

For an OEL of $1 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$, only a qualitative assessment of the possible consequences was made. Setting an OEL of $1 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ increases the likelihood that the affected sectors would have to take action. It is estimated that for each of the eight selected types of workplaces, the business economic costs would be at least at a level as the maximum values in the ranges above for an OEL of $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$. For the construction sector, this could mean that not only workplaces with particularly high concentrations would have to put measures in place, but that all types of work where diesel powered machines are used or where work is done close to busy roads would also need measures. In the same way, it is likely that virtually all auto repair shops would have to have exhaust extraction installed at entry and exit. On all ferries with closed car decks, better ventilation systems would likely have to be established or employees would need to wear respirators when they are on the car decks. At airports, all diesel-powered equipment is likely to be phased out, and if no distinction is made between contributions from aircraft and diesel-powered equipment, various measures will have to be taken to reduce the risk of workers being exposed to EC from aircraft engines.

It has not been possible to estimate the costs of such measures. To the extent that the affected airports face international competition, the compliance costs might lead to reduced profits.

For several of the other types of workplaces (apart from the eight selected types of workplaces), technical and organizational measures are also likely to arise. If an OEL is established which is below the concentration in outdoor air in city centres, this could mean that it must be ensured that the concentration of DEEE in many workplaces is lower than the concentration in the outdoor air. In the study, costs were calculated to bring the concentrations in vehicles below the outdoor concentration, but no possible costs for reducing the concentration in shops, offices etc. in city centres were considered.

Complementary or alternative measures to limit exposure to DEEE in the working environment

In order to provide a perspective for an OEL for DEEE, the project has also identified other measures that could potentially reduce exposure to diesel particles in the working environment. No analysis has been made of the cost and effectiveness of these measures.

Other ways of limiting exposure to DEEE in the work environment discussed in the study are:

- › Voluntary social partner cooperation in relation to DEEE in the construction sector
- › Expanding requirements to low emission zones in major cities
- › Increased knowledge on exposures to diesel particles in the working environment and opportunities to reduce this exposure
- › Voluntary industry or social partner agreement on the use of GTL or similar alternative fuels or a shift to electrical equipment (with a reservation: it is not documented that the alternative fuels reduce the emission of EC at the same level as emissions of particles)
- › Preparation of sector-specific guidelines.

Voluntary industry cooperation in relation to diesel particles within the building and construction area, as well as increased knowledge about exposure to diesel particles in the working environment and opportunities to reduce this exposure would be estimated to help to better prioritize what measures in relation to the individual work situations would be most cost effective.

1 Indledning

1.1 Undersøgelsens formål og baggrund

1.1.1 Formål

Projektets overordnede formål er:

- › at belyse, hvorledes og i hvilket omfang arbejdstagere i Danmark udsættes for dieseludstødning i arbejdsmiljøet,
- › at give en kvantitativ vurdering af de erhvervsmæssige omkostninger ved fastsættelse af grænseværdier for dieseludstødning i arbejdsmiljøet på henh. 50 og 5 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$,
- › at give en kvalitativ vurdering af de erhvervsmæssige konsekvenser af at etablere en væsentligt lavere grænseværdi - denne er på et sent tidspunkt i projektoplementeringen, på basis af kommentarer fra projektets følgegruppe, konkretiseret at være 1 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$, og
- › at angive muligheder for at forbedre arbejdsmiljøsituationen ift. dieseludstødning i Danmark på anden måde end ved at indføre skærpede grænseværdier (dvs. lavere værdier, end de som er sat på EU niveau)

Der er for de vurderede grænseværdier regnet med, at de finder anvendelse fra den 21. februar 2023.

Det har været uden for rammerne af denne undersøgelse at vurdere de samfundsmæssige gevinster af at etablere en grænseværdi, bl.a. mindskede sundhedsudgifter. Det har ligeledes været uden for rammerne at beskrive de fordele, som arbejdstagere vil have af mindsket udsættelse for dieseludstødning ved etablering af en grænseværdi.

1.1.2 Etablering af grænseværdi på EU plan

EU har med direktiv (EU) 2019/130 vedtaget en grænseværdi for "udstødningsgasser fra dieselmotorer" i arbejdsmiljøet, på 50 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$ (målt som elementært kulstof tidsvægtet gennemsnit over 8 timer). "Udstødningsgasser fra dieselmotorer" vil i denne rapport forenklet omtales som "dieseludstødning". Denne grænseværdi skal være implementeret i dansk lovgivning senest januar 2021. Grænseværdien finder anvendelse fra den 21. februar 2023. For underjordisk minedrift og tunnelbygning finder grænseværdien dog først anvendelse fra den 21. februar 2026.

Grænseværdien udtrykker den maksimale gennemsnitlige udsættelse over en hel arbejdsdag (8 timers gennemsnit). Der er på EU-niveau ikke fastsat en værdi for kort-tids eksponering (15 minutter). Det betyder, at grænseværdien godt kan efterleves, selvom koncentrationen er væsentligt højere end grænseværdien i kortere perioder.

I kræftbekendtgørelsen (BEK nr. 1795 af 18/12/2015) angives udstødning fra dieselmotorer som "Udstødningsgasser fra dieselmotorer, totalfraktion og ekstrakter af partikelfraktion".

Medlemsstaterne kan frit vedtage strengere regler til beskyttelse af arbejdstagerne end fastsat i direktivet, men deres lovgivning skal efterleve mindstekravene⁵.

EUs videnskabelige komite for etablering af grænseværdier i arbejdsmiljøet, SCOEL, har i 2016 udarbejdet en udtalelse (opinion), hvor de konkluderer, at epidemiologiske data ikke understøtter, at der findes en grænse (Eng: threshold), hvorunder der ingen effekt vil være af udsættelse for dieseludstødning (SCOEL, 2017). Komiteen vurderede derfor, at den på det daværende datagrundlag ikke kunne foreslå en sundhedsbaseret grænseværdi. Komiteen har ikke foreslået en risikobaseret værdi.

Europæisk konsekvensvurdering

Der er ved fastsættelsen af den europæiske grænseværdi for udstødning fra dieselmotorer ikke udarbejdet en detaljeret konsekvensvurdering. Europakommissionens seneste konsekvensvurdering af 5. april 2018 af tredje runde af nye grænseværdier for kræftfremkaldende og mutagene stoffer indeholder således heller ikke en konsekvensvurdering for udstødning fra dieselmotorer. Europakommissionens tidligere konsekvensvurdering af 10. januar 2017 konkluderede, at der på daværende tidspunkt manglede viden og klare definitioner for at kunne etablere en grænseværdi.⁶ Denne konsekvensvurdering indeholdt et estimat over det forventede antal af kræfttilfælde i EU i perioden 2010 til 2069, hvis der ikke etableredes en grænseværdi, og de estimerede omkostninger af sundhedseffekterne. Som led i det løbende arbejde med at vurdere mulighederne for at etablere grænseværdier for kræftfremkaldende og mutagene stoffer på EU-niveau, blev der udarbejdet en indledende beskrivelse af udstødning fra dieselmotorer, som led i en større undersøgelse for Europakommissionen (RPA, 2017). Dette dokument, der blandt andet indeholder en beskrivelse af antal eksponerede inden for forskellige brancher og eksponeringsniveauer, som sammenfattet i forskellige databaser, er blevet brugt som én kilde i en indledende vurdering af, hvilke brancher det vil være mest relevant at inddrage i nærværende undersøgelse.

1.1.3 Krav i arbejdsmiljøreglerne

Efter arbejdsmiljølovens § 1 skal det med loven tilstræbes at skabe et sikkert og sundt arbejdsmiljø, der til enhver tid er i overensstemmelse med den tekniske og sociale udvikling i samfundet. Arbejdsgiveren har ansvaret for, at arbejdsmiljøet på virksomheden lever op til kravene i arbejdsmiljølovgivningen.

Formålet med reglerne er således at skabe et sikkert og sundt arbejdsmiljø i takt med f.eks. nye risikofaktorer og faremomenter og et ændret syn på arbejdsmiljøproblemerne og deres løsning. Dette har været et bærende princip i lovgivningen siden midten af 70'erne.

Med hjemmel i arbejdsmiljøloven er der udstedt en række bekendtgørelser, hvori de nærmere regler på arbejdsmiljøområdet er fastsat.

Kræftbekendtgørelsens krav

Grænseværdien for dieseludstødning er på EU-plan etableret i relation til direktiv 2004/37/EF om beskyttelse af arbejdstagerne mod risici for under arbejdet at være udsat for kræftfremkaldende stoffer og mutagener (ofte forkortet CMD). Direktivet er i Danmark primært gennemført i bekendtgørelse om foranstaltninger til forebyggelse af kræftbetrothed ved arbejde med stoffer og materialer (Kræftbekendtgørelsen, BEK nr. 1795 af 18/12/2015 med senere ændringer). Grænseværdier fastsat i direktivet og i efterfølgende

⁵ <https://osha.europa.eu/da/safety-and-health-legislation/national-legislation-safety-and-health-work>

⁶ <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SWD:2017:0007:FIN:EN:PDF>

tilføjelser er gennemført i bekendtgørelse om grænseværdier for stoffer og materialer (BEK nr. 1458 af 13/12/2019). Grænseværdien for dieseludstødning er endnu ikke implementeret.

Kræftbekendtgørelsens liste over stoffer i bilag 1 har siden 1993 omfattet ”Udstødningsgasser fra dieselmotorer, totalfraktion og ekstrakter af partikelfraktion”. I henhold til Kræftbekendtgørelsen skal kræftfriskable stoffer, materialer og arbejdsprocesser generelt fjernes, erstattes eller begrænses til et minimum. Som angivet i vejledningen til bekendtgørelsen kan dette ske ved:

- › ”Substitution til mindre farlige stoffer, materialer og arbejdsprocesser
- › Begrænsning af udsættelsen ved indkapsling f.eks. i lukket anlæg
- › Brug af arbejdsmetoder, arbejdsværktøj og arbejdsprocesser, som udelukker eller begrænser forureningen
- › Undgå unødigt påvirkning fra stoffer og materialer
- › Brug af procesventilation
- › Begrænsning af antal ansatte, der udsættes eller varigheden af udsættelsen
- › Foranstaltninger til personlig hygiejne
- › Foranstaltninger ved rengøring af overflader
- › Brug af personlige værnemidler.”⁷

At udelukke eller begrænse forureningen ved brug af andre arbejdsmetoder, andet arbejdsværktøj og andre arbejdsprocesser på faste arbejdssteder betyder efter gældende praksis at undgå brug af dieseldrevne trucks og motorer indendørs ved substitution til eldrevne trucks og motorer.

Andre krav i arbejdsmiljøreglerne

I følge bekendtgørelse om arbejdets udførelse⁸ §16 skal unødigt påvirkning fra stoffer og materialer undgås. Påvirkningen fra stoffer og materialer under arbejdet skal derfor nedbringes så meget, som det er rimeligt under hensyntagen til den tekniske udvikling, og fastsatte grænseværdier skal efterleves.

Grænseværdierne for luftforurening, herunder korttidsværdier og loftsværdier, skal efterleves. Når der optræder flere stoffer i luften samtidig, skal der tages hensyn til deres samvirkning. Hvis der ikke foreligger oplysning om stoffernes samvirkning, skal der regnes med en additiv virkning ved brug af den såkaldte sumformel. For hudgennemtrængelige stoffer kan den angivne grænseværdi for luftforurening kun anvendes, såfremt der ikke samtidig sker optagelse gennem huden.

Hvor der sker udsættelse for dieseludstødning, skal sumformlen beregnes ud fra luftkoncentrationen i forhold til de tilsvarende grænseværdier for elementært kulstof i dieseludstødningen (jf. den kommende

⁷ Kræftfriskable stoffer og materialer. <https://at.dk/regler/at-vejledninger/kraeftfriskable-stoffer-materialer-c-2-1/#2.-Generelle-krav>

⁸ BEK nr 1234 af 29/10/2018 "Bekendtgørelse om arbejdets udførelse"

grænseværdi), for stofferne nitrogenoxid, nitrogendioxid, polyaromatiske carbonhydrider (PAH), carbon-dioxid, carbonmonoxid samt for evt. andre stoffer med en grænseværdi, der er samtidig i luften.

Grænseværdier for stoffer, der vil kunne forekomme samtidig med elementært kulstof, er bl.a.:

- › Nitrogenoxid: 30 mg/m³
- › Nitrogendioxid: 4 mg/ m³
- › Polyaromatiske carbonhydrider: 0,2 mg/kg
- › Carbondioxid: 9.000 mg/kg
- › Carbonmonoxid: 29 mg/kg

For nitrogenoxid og nitrogendioxid er koncentrationen i udeluften (Ellemann et al., 2019) og luftkvalitets-kriterierne langt under grænseværdien. På H.C. Andersens Boulevard, hvor de højeste værdier er målt, var den årlige middelkoncentration af nitrogenoxider i 2018 på 0,084 mg/m³ (3% af grænseværdi i arbejds-miljøet), mens koncentration af nitrogendioxid var på 0,039 mg/m³ (1% af grænseværdi) (Ellemann et al., 2019). Målinger af PAH i Jyllinge og H.C. Andersens Boulevard viste en total koncentration for 6 PAH'er på henh. 4,0 og 1,4 ng/m³ (bemærk ng/m³) (Ellemann et al., 2011b), og var således væsentligt under 1% af grænseværdien i arbejdsmiljøet. Pronk et al. (2009) angiver sammen med data for elementært kulstof, koncentrationer i arbejdsmiljøet af nitrogenoxid, nitrogendioxid og carbonmonoxid fra en række undersøgelser. Værdierne ligger typisk væsentligt under de danske grænseværdier og vil derfor bidrage beskedent til sumformlen. Der er i afsnit 3.1 angivet koncentrationer af nitrogenoxider og PAH forbindelser ved danske målinger af udsættelse for udstødning fra tog og i Københavns lufthavn og koncentrationerne er generelt på <1% af grænseværdierne for de enkelte stoffer.

En præcis brug af sumformlen vil kræve, at der er fulde datasæt med en række målte parametre, men det er der typisk ikke. De tilgængelige data tyder dog på, at bidraget til sumformlen fra andre stoffer vil være beskedent. Der vil derfor her ses bort fra brugen af sumformlen og udelukkende ses på koncentrationen af elementært kulstof. Det vil ved diskussion af resultaterne bemærkes, at det ikke kan udelukkes, at der vil kunne være situationer, hvor bidrag fra andre stoffer kunne have betydning for vurdering af, om en grænseværdi er overholdt for elementært kulstof. Med de usikkerheder der er på de aktuelle koncentrationer af elementært kulstof, vurderes den systematiske fejl, der opstår ved ikke at tage højde for koncentrationen af andre stoffer, dog at være lille.

Hvis det ikke på faste arbejdssteder kan hindres, at der ved en arbejdsproces sker udvikling af f.eks. sundhedsfarlige stoffer, aerosoler, røg eller anden generende luftforurening, skal der etableres en mekanisk udsugning, der så vidt muligt fjerner forureningen på det sted, den udvikles. Efter praksis på autoværksteder og lignende betyder dette, at udstødningsrør på biler, lastvogne, lastbiler og busser ved en slange skal forbindes med værkstedets procesudsugningsanlæg.

På bygge- og anlægspladser samt ved skiftende arbejdssteder, skal der så vidt muligt anvendes procesudsugning, der er egnet til at fjerne forureningen på det sted, hvor den udvikles, og tomgangskørsel skal undgås.

I nærværende undersøgelse vil vi definere, at de aktuelle eksponeringsniveauer er udtryk for den gældende fortolkning og implementering af kræftbekendtgørelsens krav. I det omfang, at indførelsen af en grænseværdi vil kræve yderligere tiltag for virksomhederne, vil omkostningerne til disse blive henført til indførelsen af grænseværdien.

Det skal nævnes, at en grænseværdi kun er en præcisering af et mindstekrav, og at Kræftbekendtgørelsens krav om at reducere udsættelsen så meget som muligt stadig vil være gældende selvom en grænseværdi er overholdt. Denne undersøgelses konklusioner vedrørende efterlevelse af grænseværdier skal derfor ikke fortolkes således, at det i undersøgelsen vurderes, at der ikke er behov for yderligere reduktioner i udsættelsen, hvis grænseværdien efterleves.

Partikler fra andre kilder end dieselmotorer

Koncentrationen af partikulært materiale i udstødningen fra dieselmotorer skal i henh. til den nye EU grænseværdi måles som koncentrationen af elementært kulstof.

Som det videre beskrives i afsnit 1.2, er metoden ikke specifik for udstødning fra dieselmotorer, og det er i en praktisk målesituation ikke muligt at bestemme, hvor stort et bidrag der kommer fra andre kilder, som nærmere beskrevet i afsnit 1.2. I en række arbejdssituationer vil der kunne være en samtidig udsættelse for udstødning fra dieselmotorer og andre kilder. Eksempelvis vil arbejdstagere i lufthavne være udsat for udstødningsgasser fra både dieselmotorer og udstødning fra fly (videre beskrevet i afsnit 3.1.2), arbejdstagere på havne kan være udsat for udstødningsgasser fra både dieselmotorer og skibe og asfaltarbejdere kan være udsat for udstødningsgasser fra dieselmotorer og partikler i røg fra den varme asfalt. Som en del af baggrundsbidraget vil der kunne være elementært kulstof som stammer fra forskellige andre kilder eksempelvis brændeovne.

En ny dansk undersøgelse viser, at partikler fra udstødning fra fly kan have samme effekter som partikler fra dieselmotorer (Bendtsen m. fl., 2019). Bilag 1 til kræftbekendtgørelsen omfatter udstødning fra benzinmotorer og fra dieselmotorer, men ikke udstødning fra flymotorer eller skibsmotorer, som anvender andet brændstof. I følge Bendtsen et al. (2019) er det meste af det flybrændstof, der anvendes i dag, baseret på petroleum, som er ekstraheret fra de midterste destillater af råolie mellem benzin (som er vurderet kræftfremkaldende i IARC⁹ gruppe 2b) og diesel (som er vurderet kræftfremkaldende i IARC gruppe 1). Der er derfor i følge Bendtsen m. fl. (2019) et kræftfremkaldende potentiale i såvel flybrændstof som forbrændingsprodukterne derfra. Der ligger dog ikke nogen vurdering fra IARC af forbrændingsprodukterne kræftfremkaldende egenskaber og udstødning fra fly og skibe, der ikke anvender diesel, er ikke på kræftbekendtgørelsens bilag 1.

Der er på nuværende tidspunkt usikkerhed om, hvordan der ved vurdering af, om grænseværdien efterleves skelnes mellem partikler fra dieselmotorer eller fra andre kilder. Så længe der ikke ligger en vejledning i, hvordan dette skal håndteres, vil vi i nærværende undersøgelse regne med, at den samlede koncentration af elementært kulstof regnes som dieseludstødning, med mindre det kan godtgøres, at der slet ikke er dieseldrevne køretøjer eller maskiner, der bidrager til luftens indhold af elementært kulstof. Betydningen af dette valg vil konkret diskuteres i relation til eksponering af bagageportører i lufthavne omtalt i afsnit 5.3.

1.1.4 Grænseværdier foreslået af de Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø, NFA

Uafhængigt af EU-beslutningen om indførelse af en grænseværdi for udstødning fra dieselmotorer har det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø, NFA, på grundlag af eksisterende videnskabelig viden og med anvendelse af sædvanlige procedurer udarbejdet 3 forslag til en helhedsbaseret grænseværdi i arbejdsmiljøet på henholdsvis 0,45; 0,045 og 0,0045 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$ (målt som elementært kulstof). Værdierne er fastsat ud fra den estimerede overskydende lungekræftisiko i forbindelse med erhvervmæssig udsættelse

⁹ IARC er det Internationale Agentur for Kræftforskning under FN

for dieseludstødningspartikler; 1:1.000 ved 0,45 µg EC/m³, 1:10.000 ved 0,05 µg EC/m³ og 1:100.000 ved 0,005 µg EC/m³ (Saber, 2019). NFAs rapport er efterfølgende blevet gennemgået af et videnskabeligt kvalitetsudvalg nedsat af Arbejdstilsynet. Kvalitetsudvalget er enige i NFA's konklusioner.

Disse tre værdier er alle under de grænseværdier, der vurderes i denne undersøgelse. De to laveste er også under de koncentrationer, der er fundet i udeluften i byområder (i 2018 var årsmiddelkoncentrationen på den laveste rapporterede station (Risø) på 0,33 µg EC/m³), hvilket illustrerer, at der - også uden erhvervs-mæssig udsættelse - er en betydelig risiko for udvikling af lungekræft ved de niveauer af dieseludstødning, der findes i byområder.

1.2 Metoder til måling af dieseludstødning

Der anvendes en række parametre ved beskrivelse af koncentrationer i udeluften og bedømmelse af arbejdsrelateret udsættelse for dieseludstødning og andre partikler, som kort er forklaret i følgende tabel.

Tabel 1.1 Parametre anvendt ved beskrivelse af koncentrationer i udeluften og bedømmelse af arbejdsrelateret udsættelse for dieseludstødning.

Parameter	Forkortelse	Forklaring
Totalstøv		Defineret i bekendtgørelse om grænseværdier for stoffer og materialer som alle størrelser støv, der opsamles uden brug af forudskiller ved en hastighed i indsugningsåbningen på ca. 1,25 m/s.
Inhalerbart støv		Luftbårne partikler, som kan indåndes
Respirabelt støv		Andelen af inhalerbart støv, som kan nå helt ned i lungernes alveoler. Denne fraktion beskrives ofte som PM ₅
Partikulært stof med en diameter <10 µm	PM ₁₀	
Partikulært stof med en diameter <5 µm	PM ₅	
Fine partikler	PM _{2,5}	Partikulært stof med en diameter <2,5 µm; er en delmængde af PM ₁₀ .
Ultrafine partikler	UFP	Partikler med en diameter <100 nm (Palmgren et al., 2009); er en delmængde af PM ₁₀ og PM _{2,5} . I praksis vil der for forskelligt udstyr, der måler ultrafine partikler, være forskellige partikelstørrelser, og disse er angivet i denne rapport ved omtale af antal af ultrafine partikler. Eksempelvis er det angivet, at NanoTracer fra Philips Aerasense, kontinuerligt måler antal af partikler i størrelsen 10-300 nm i diameter. Partikler i området 1-100 nm omtales i mange sammenhænge som nanopartikler.
Elementært kulstof	EC	Kulstofholdig fraktion af partikulær masse, der er stabil op til 4000K. Kan kun blive til gas ved tilførsel af ilt ved temperaturer over 340°C. Det forventes at være inaktivt og stabilt ved atmosfæriske forhold og uopløseligt i hvilket som helst opløsningsmiddel. (Hvidberg et al., 2017) Måles med metoden, som anvendes i relation til grænseværdien i arbejdsmiljøet, af fraktionen PM _{2,5} . Værdier angivet i litteraturen kan være bestemt på basis af den respirable fraktion (ER _R), inhalerbare fraktion (EC _i) eller af partikler <1 µm EC<1µm.

Parameter	Forkortelse	Forklaring
Organisk kulstof	OC	Organiske forbindelser, der kan fjernes fra sodpartikler via opvarmning efter procedure som beskrevet i f.eks. NIOSH 5040 (i et inert gasflow), og som herefter kan konverteres til CO ₂ i en konverter (definition af OC efter EN 14530:2004).
Black carbon	BC	<p>Black carbon (sort kulstof) er en type kulstofholdigt materiale, der kun dannes i flammer under forbrænding af kulstofbaseret brændstof. Det kan skelnes fra andre former for kulstof og kulstofforbindelser indeholdt i atmosfærisk aerosol, fordi det har en unik kombination af følgende fysiske egenskaber (Bond et al., 2013):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. BC absorberer kraftigt synligt lys med et masseabsorptionsnit på mindst 5 m²/g ved en bølgelængde på 550 nm; 2. BC er ildfast; det vil sige bevarer sin grundlæggende form ved meget høje temperaturer med fordampningstemperatur nær 4000 °K; 3. BC er uopløselig i vand, i organiske opløsningsmidler inklusive metanol og acetone og i andre komponenter i atmosfærisk aerosol; og 4. BC findes som et aggregat af små kulstofkugler. <p>Black carbon skal ikke forvekslet med carbon black, som bl.a. anvendes som pigment og som tilsætningsstof i gummi.</p>

Måling af elementært kulstof (EC) i arbejdsmiljøet er traditionelt blevet foretaget ved opsamling af partikler fra luften på et planfilter bestående af kvartsfibre, med en efterfølgende termisk/optisk analyse af de opsamlede partiklers kulstofindhold. En ofte brugt valideret metode for måling af elementært kulstof i arbejdsmiljøet er beskrevet i den amerikanske standard NIOSH 5040. Standarden EN 14530:2004 beskriver en række krav for hvordan dieselpartikelmængder (OC, EC og total mængde kulstof) i arbejdspladsluft skal bestemmes. EN 14530 er ikke specifik i sin angivelse af procedure for bestemmelse af EC, idet den angiver en række forskellige procedurer hertil. EN 14530 er udsendt i 2004 og som følge heraf p.t. udsendt til afstemning i CEN med henblik på evt. genudsendelse. I lyset af en kommende EU grænseværdi for EC, må EN 14530 forventes at skulle revideres, inden den genudsendes. Indtil en revideret europæisk standard for måling af EC i arbejdsmiljøet er udviklet og publiceret, må den hidtidige, almindelige praksis med anvendelse af den amerikanske standard (NIOSH 5040) forventes at fortsætte.

Ud over de to nævnte standarder for måling af EC i arbejdsmiljøet findes der en europæisk standard for måling af EC og OC i udeluften, EN 16909:2017. EN 16909 svarer i princippet til NIOSH-metoden, men det tilladte temperaturområde for afdampning af organiske stoffer og oxidation af kulstof er mere restriktivt angivet i EN 16909. Standardernes protokoller for temperaturforløbet under afdampningen af organiske stoffer vil kunne påvirke resultaterne, da den pyrolytiske omdannelse af organisk kulstof under analysen kan påvirke den kvantificerede mængde af henholdsvis EC og OC.

Opsamling af partikler

Afhængig af, om man ønsker at måle respirabelt støv eller totalstøv, kan man opsamle støv på filtre med eller uden en forudskiller. Forudskilleren anvendes til måling af respirabelt støv, idet den fjerner de største (ikke-inhalerbare) partikler inden filteret. Valget af forudskiller afhænger af, hvilken størrelsesfraktion der ønskes undersøgt. De fleste (i antal) dieselpartikler har en diameter, der er mindre end 0,1 µm, og partikler under 2 µm udgør den største del af partikkelmassen. Der kan bruges en opsamlingsfraktion såsom PM_{2,5}, PM₁₀ eller respirabelt støv), og dette kan i princippet ske uden, at indholdet af dieseludstødning vælges fra. I miljøer med høj støvbelastning kan der med fordel bruges en sådan forudskiller for at undgå,

at filtrene overbelastes/tilstoppes af andre typer af partikler i luften. Ved måling med henblik på at vurdere eksponering i arbejdsmiljøet opsamles typisk den respirable fraktion, dvs. PM₄ eller PM₅ (forskellig praksis). EN 14530 kræver også opsamling af den respirable fraktion.

Analyse af elementært kulstof

Der findes flere forskellige metoder til at analysere mængden af elementært kulstof i partikler opsamlet på filter, men generelt anvendes en termisk proces, hvorved filtrene trinvist varmes op i en inert atmosfære. Denne metode svarer til metoden beskrevet i NIOSH 5040. Ved temperaturer op til 650°C fordamper og nedbrydes organiske stoffer på filteret. Da en del af de organiske stoffer herved kan blive pyrolytisk omdannede til elementært kulstof på filterne, sker der en kontinuert måling af sværtningsgraden på filterne med hjælp af en laser. De organiske stoffer bliver ved analysen først oxideret til CO₂, som siden reduceres til metan. Koncentrationen af metan måles ved hjælp af en flammeionisationsdetektor (FID). Elementært kulstof forbliver uændret på filteret ved temperaturer op til ca. 650°C. EN 14530 tillader udover FID analyse også en kolorimetrisk analyse og non-dispersiv infrarød spektroskopi (NDIR).

Efter at de organiske materialer er afdampet fra filteret, tilsættes ilt til prøve-atmosfæren, og temperaturen hæves yderligere. Herved oxideres elementært kulstof på filteret til CO₂ og måles som tidligere beskrevet. Oxidationen af elementært kulstof fortsættes indtil sværtningsgraden er tilbage på samme niveau som inden den eventuelle pyrolyse af organiske stoffer. På denne måde kan indholdet af elementært kulstof måles i de opsamlede partikler uden, at der sker interferens fra koksdannelse under den indledende opvarmning.

NIOSH 5040 har en estimeret kvantificeringsgrænse på 0,3 µg per filter og bruger et flow på 2-4 L per min. Detektionsgrænsen for luftkoncentrationer vil således blive omkring 5-10 µg EC/m³ (0,01 – 0,005 mg/m³) for 15 minutters opsamling og 0,17-0,33 µg EC/m³ (0,0002-0,0003 mg/m³) for 8 timers opsamling. For at kunne måle koncentrationer på 10% af grænseværdien, vil der for en grænseværdi på 5 µg EC/m³ ideelt skulle opsamles over en fuld arbejdsdag på 8 timer.

Kontinuert måling af BC

Der findes metoder til at udføre kontinuert måling af mængden af ”black carbon” (BC) i luften. Et eksempel på en metode til kontinuert måling af BC er et såkaldt aethalometer, hvori prøveluften pumpes gennem et filter og ændringen i sværtningsgraden på filteret måles kontinuert. Ved at bruge flere forskellige bølgelængder af lys til at måle ændringen af sværtningsgraden, kan information om forholdet mellem EC og OC (organisk kulstof) beregnes. Det er i litteraturen vist, at BC kan anvendes som en god proxy for EC. Typisk vil overensstemmelsen mellem måling af BC og EC ligge inden for 10%, når der er tale om partikler fra dieselmotorer (EMEP/EEA, 2019). Dog kan forholdet mellem målt BC og EC ændres, hvis andre typer af partikler er til stede, idet deres optiske egenskaber påvirker resultaterne fra aethalometeret.

Den kontinuerte måling af BC kan valideres ved at udføre parallelmåling med aethalometer og filteropsamling for EC/OC analyse. På denne måde kan forholdet mellem EC og BC bestemmes for den aktuelle kilde, og dette kan appliceres på data fra efterfølgende BC målinger med aethalometer.

Diesel-specifik metode

Der findes ikke nogen standard-metode til at bestemme, hvor stor en andel af elementært kulstof, der i en given prøve stammer fra dieselmotorer. Gennem EC/OC-metoden beskrevet oven for kan forholdet EC/OC anvendes til at vurdere, om en stor del af sodpartiklerne stammer fra forbrænding af biomasse – i givet fald vil der være en højt indhold af OC i forhold til EC. Dette gælder for eksempel, hvis der er tale om sod fra brændeovne.

For at adskille dieseludstødning fra f.eks. forbrænding fra flymotorer er det en mulighed at kvantificere indholdet af et eventuelt tracer-stof, der kan være tilsat jetbrændslet via additiver. Det er her en forudsætning, at der findes præcis kendskab til indholdet af tracer-stof i det anvendte brændsel, og hvordan dette overføres til de producerede sodpartikler. Metoden vil være dyr og vanskelig at gennemføre og dermed ikke anvendelig til almindelig kontrol af overensstemmelse med en grænseværdi.

1.3 Sammensætning og størrelse af partikler fra dieseludstødning

Udstødning fra dieselmotorer består af en blanding af mange hundrede forskellige stoffer, og udstødningens effekter på mennesker vil være afhængig af sammensætningen af disse stoffer.

De mængdemæssigt vigtigste komponenter i gasfasen af dieseludstødning er nitrogen, carbondioxid (CO_2), ilt, vanddamp, nitrogenoxider (NO_x) og carbonmonoxid (CO). Disse gasser udgør over 99% af massen af hele dieseludstødningen (Taxell og Santonen, 2016). Diesel-udstødningspartikler indeholder elementært kulstof (EC), organiske stoffer, sulfater, nitrater og spormængder af metaller og andre elementer (Taxell og Santonen, 2016).

EUs videnskabelige komite for grænseværdier i arbejdsmiljøet, SCOEL (2017), skelner i deres vurdering af udstødning fra dieselmotorer mellem udstødning fra traditionelle motorer og udstødning fra motorer med ny teknologi. Elementært kulstof udgør i følge SCOEL typisk omkring 75% af partiklerne (PM) i udstødning fra traditionelle dieselmotorer, mens det kun udgør 13% i partiklerne i udstødning fra dieselmotorer med ny teknologi, hvor sulfater og organisk kulstof udgør størstedelen. Dette har betydning, når man vurderer effekten af indførelsen af ny teknologi. Gennem de seneste 25 år er der sket en stadig stramning af kravene til udledning af partikler (PM) fra dieselmotorer, som omtales i Bilag 1. Oven i det fald i udledninger af total mængde partikler, der skyldes de stigende krav, er det sket et yderligere fald i udledningerne af elementært kulstof, som skyldes, at elementært kulstof udgør en mindre del af den samlede vægt af partikler i udstødningen.

Hvor stor en andel af partiklerne, der består af elementært kulstof, har også betydning for en vurdering af mulighederne for at nedbringe udsættelsen for elementært kulstof ved brug af alternative brændstoffer. Som det omtales senere, er der en række alternativer til diesel, som resulterer i lavere emissioner af partikler, men det er i relation til eksponeringen vigtigt, om andelen, som udgøres af elementært kulstof, ændres.

En del af de eksisterende målinger i litteraturen angiver ikke koncentrationen af elementært kulstof men udelukkende koncentrationen som samlet vægt af partikler. En omregning til koncentration af elementært kulstof vil være helt afhængig af kildetypen og være ganske usikker, da der, som det fremgår, kan være en faktor 6 mellem dieselmotorer med "traditionel" teknologi og "ny" teknologi. Ud over den ændrede sammensætning af udstødningen, er mængden af partikler, der udsendes væsentligt mindre i nye dieselmotorer. Der er derfor nødvendigt at udvise forsigtighed, hvis man ekstrapolerer fra ældre målinger af koncentrationer i arbejdsmiljøet.

Tabel 1.2 Typisk sammensætning af partikler i udstødning fra dieselmotorer med henholdsvis "traditionel" og "ny" teknologi (SCOEL, 2017).

Komponent	Vægtprocent af partikler i udstødning*	
	Fra motorer med "traditionel" teknologi fra perioden 1990-2000	Fra motorer med "ny" teknologi fra efter 2006
Elementært kulstof (EC)	75%	13%
Organisk kulstof (OC)	19%	30%
Sulfater	1%	52%
Metaller	2%	4%
Andet	3%	-

* SCOEL (2017) angiver ikke sammensætning for motorer fra perioden 2000-2006.

Partikelstørrelse

Størrelsesfordelingen af partikler dannet i dieselmotorer har en bimodal karakter (dvs. med to toppe, hvoraf den ene dog er mere dominerende end den anden), der svarer til partiklernes dannelsesmekanismer. Fordelingen af henh. antal og vægt af partikler af "sod" fra trafik fremgår af Figur 4.1 i kapitel 4.

Målt i antal partikler er hovedparten af partiklerne i størrelsen 0,003-0,03 µm mens hovedparten af vægten af partiklerne vil udgøres af partikler i størrelsen 0,03 - 1 µm (Taxell og Santonen, 2016).

1.4 Spredning af dieseludstødning efter udledning

Det er af betydning for vurderingen af den potentielle udsættelse for dieseludstødning i forskellige arbejdssituationer, hvordan partiklerne spreder sig, efter de er frigivet. Jo mere partiklerne har tendens til at forsvinde op i luften eller falde til jorden jo mindre er risikoen for udsættelse f.eks. fra køretøjer og maskiner anvendt udendørs.

Der er ikke fundet undersøgelser, der specifikt vedrører spredningen af dieseludstødning, og der er her derfor taget udgangspunkt i generel viden om spredning af partikler. Spredningsmekanismer for dieselpartikler vurderes ikke at være væsentligt anderledes end spredningsmekanismer for andre forbrændingspartikler.

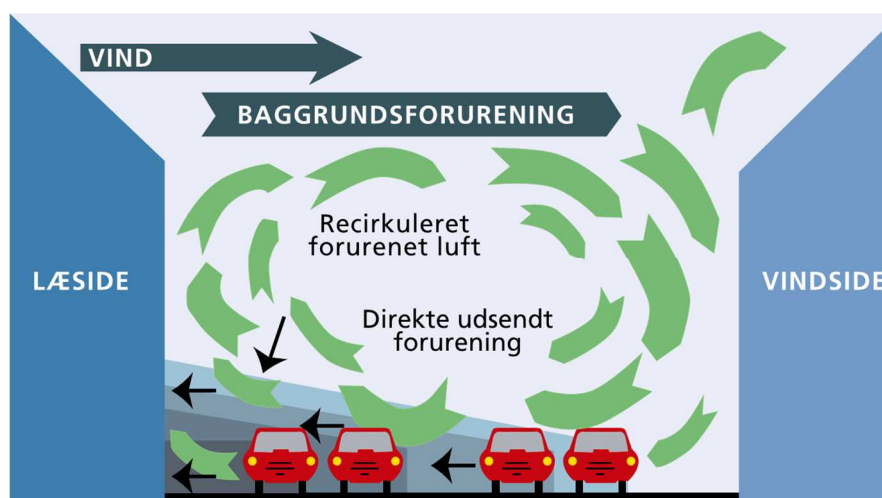
Partiklers spredning vil være afhængig af partiklernes størrelse og temperaturen af den luftmasse, hvori partiklerne befinder sig sammenlignet med den omgivende luft. Vægtfylden af partiklerne har kun væsentlig betydning for større partikler.

Som beskrevet af Palmgren (2009) er der generelt stor forskel på, hvor længe partikler opholder sig i luften. Store partikler (over PM_{2,5}) forsvinder hurtigt fra luften, fordi de hurtigt falder til jorden ved sedimentation, eller fordi de let bliver indfanget af faldende regndråber. Meget små partikler forsvinder derimod, fordi diffusionen får dem til ramme hinanden eller får dem til at ramme overfladen på store partikler og andre overflader. Herved klister partiklerne samme, så antallet af de mindste partikler hurtigt bliver reduceret.

Partikler med en aerodynamisk diameter på 1 µm kan derimod holde sig svævende i ugevis. Den gennemsnitlige faldhastighed er 36 µm pr. sekund, som svarer til 3,1 meter pr. døgn. Partikler i hele størrelsesområdet 0,1 - 1 µm har en lang levetid i atmosfæren. (Palmgren, 2009)

Små kulpartikler dannes under forbrændingen i dieselmotoren, hvor de klumper sammen til større sodpartikler. Under afkølingen i udstødningen fortætter forskellige halvflygtige forbindelser til væsker og faste stoffer, enten ved at kondensere på overfladen af eksisterende partikler eller ved at danne nye partikler. Som det vil fremgå i kapitel 4, er langt den største del af dieseludstødningen (angivet som vægt) i størrelsesområdet 0,1 - 1 µm og vil dermed kunne holde sig svævende i luften i lang tid. Da det er vægten af elementært kulstof i arbejdsmiljøet der måles, er det partiklerne i dette størrelsesområde, som har størst betydning for vurdering af udsættelsen for dieseludstødning i arbejdsmiljøet.

Spredningen af partiklerne vil være afhængig af bevægelsen af den luftmasse, hvori partiklerne diffunderer (Palmgren, 2009). I områder med læ - som f.eks. i en gade med høje bygninger - tager det længere tid, før forureningen bliver fortyndet og transporteret bort. I et sådan lukket gaderum vil der, bortset fra i meget stillestående vejr, dannes en hvirvel, som medfører, at forureningen cirkulerer i gaden i stedet for at blive transporteret bort (se Figur 1.1) Dermed forøges koncentrationen af forureningen betydeligt set i forhold til en åben gade. Forureningen kan være op til en faktor 5 højere i læsiden end i vindsiden.



Figur 1.1 Illustration af spredningen af forurening i et lukket gaderum. Forureningen kan være op til en faktor 5 højere i læsiden end i vindsiden (Palmgren, 2009).

Såfremt der anvendes dieseldrevne motorer eller køretøjer indendørs, vil der pga. arbejdsprocesser og ventilation også opstå cirkulation af partiklerne indendørs, så der kan opstå områder med ekstra høje partikelkoncentrationer på samme måde som i en gade med høje bygninger. Man må derfor forvente, at personer der befinder sig i lokaler, hvor der er kilder til dieseludstødning, vil kunne være udsatte, også selvom de befinder sig et stykke fra kilderne.

Ved arbejde udendørs med dieseldrevne køretøjer og maskiner vil spredningen af dieseludstødningen være afhængig af omgivelserne og de resulterende vindforhold. Der vil under særlige forhold lokalt kunne opstå høje koncentrationer af dieseludstødning. Det må forventes, at udsættelsen vil være særlig høj i umiddelbar nærhed af kilderne (udstødningen), men som illustreret af ovenfor viste tegning, kan der også dannes et generelt højt niveau ved eksempelvis en byggeplads, hvor der anvendes mange dieseldrevne maskiner i et delvist lukket gaderum eller i en udgravning.

1.5 Metode til vurdering af, om en grænseværdi vil kunne efterleves

Det gælder generelt ved vurdering af, om en grænseværdi kan forventes at kunne efterleves, at der kan tages udgangspunkt i gældende vejledninger og standarder. Da der typisk ikke findes faktiske målesæt, kan dokumentationskravene oftest ikke umiddelbart oversættes til en vurdering af efterlevelse af en given kommende grænseværdi.

For dieseludstødning er der yderligere den vanskelighed, at koncentrationen i arbejdsmiljøet vil være sammensat et bidrag fra baggrundskoncentration i udeluften og bidrag fra kilder knyttet til den pågældende arbejdsplads. Herudover, vil det af måletekniske grunde normalt være vanskeligt, at adskille partikler for dieseludstødning og andre former for forbrændingspartikler. Ved vurdering af, om en grænseværdi kan forventes at kunne efterleves, vil der i denne undersøgelse udelukkende ses på den samlede koncentration af elementært kulstof i arbejdsmiljøet, og der vil ikke skelnes mellem de forskellige bidrag.

Den metode, der i denne undersøgelse vil bruges til at vurdere, i hvilket omfang det kan forventes at eksponeringskoncentrationer skal reduceres for at efterleve en grænseværdi, tager afsæt i den gældende standard for "Strategi for test af overensstemmelse med grænseværdier for arbejds eksponering", som derfor kort beskrives i det følgende. Der er ikke taget stilling til, om virksomheder og myndigheder i praksis vil bruge de beskrevne strategier til test af overensstemmelse med en kommende grænseværdi.

1.5.1 Gældende standarder

Arbejdstilsynets vejledning om krav til dokumentationsmålinger, der skal kunne bruges som dokumentation over for Arbejdstilsynet,¹⁰ angiver, at disse skal udføres i overensstemmelse med Dansk Standards standarder på området. De gældende standarder er (december 2019):

- › DS/EN 482:2012+A1:2015. Arbejdspladseksponering - Generelle krav til ydeevne ved procedurer til måling af kemiske stoffer.
- › DS/EN 689:2018+AC:2019. Arbejdspladseksponering – Måling af eksponering ved inhalation af kemiske stoffer – Strategi for test af overensstemmelse med grænseværdier for arbejds eksponering.

I følge DS/EN 689:2018+AC:2019 kan efterlevelse af grænseværdien bestemmes ved enten en screeningstest eller ved et mere indgående måleprogram. Disse metoder er beskrevet i det følgende og på den basis beskrives en forenklet metode, som anvendes i denne undersøgelse.

Screeningstest

Screeningstesten kræver tre til fem eksponeringsmålinger på arbejdstagere, der tilhører den samme eksponeringsgruppe (SEG = Similar exposure group).

- › a) Hvis alle resultater er under:
 - › 0,1 * grænseværdien for et sæt med tre eksponeringsmålinger eller,
 - › 0,15 * grænseværdien for et sæt på fire eksponeringsmålinger eller,
 - › 0,2 * grænseværdien for et sæt med fem eksponeringsmålinger

¹⁰ Arbejdshygiejniske dokumentationsmålinger. <https://at.dk/regler/at-vejledninger/arbejdshygiejniske-dokumentationsmaalinger-d-7-2/>

- › så vurderes det, at grænseværdien er overholdt.
- ›
- › b) Hvis én af målingerne er over grænseværdien, vurderes det, at grænseværdien ikke er overholdt. I dette tilfælde, er det ikke nødvendigt at udføre yderligere målinger, men der skal igangsættes tiltag til at nedbringe eksponeringen.
- › c) Hvis alle resultater er under grænseværdien og et resultat over $0,1 \cdot$ grænseværdien (sæt med tre målinger) eller $0,15 \cdot$ grænseværdien (sæt med fire målinger) eller $0,2 \cdot$ grænseværdien (sæt med fem målinger), kan det ikke konkluderes, om grænseværdien er overholdt eller ej. I denne situation skal yderligere eksponeringsmålinger udføres for at kunne anvende testen baseret på beregningen af konfidensintervallet for sandsynligheden for at overskride OELV, som angivet nedenfor.

Test af overensstemmelse med grænseværdier med mere indgående måleprogram

I henhold til standarden kan der, hvis screeningstesten ikke giver et entydigt resultat, vælges et måleprogram med en statistisk test af grænseværdier efterleves. I henhold til standarden skal testen med mindst 70% konfidens vise, at 95% fraktilen af datasættet for hver eksponeringsgruppe (SEG) er under grænseværdier (standarden indeholder metoder til at beregne dette på basis af et målesæt).

1.5.2 Rapportens metode til vurdering af om en grænseværdi er overholdt

Som nævnt er der typisk ikke data til rådighed for en egentlig statistisk baseret vurdering, men der vil i denne rapport anvendes en forenklet målemetode.

Ingen af de datasæt, der er til rådighed for danske arbejdspladser, tillader at beregne 95% fraktilen

Studier af udenlandske målinger angiver ofte 90% eller 95% fraktilen. Når det skal vurderes, om der vil kunne være vanskeligheder med at efterleve en grænseværdi, vil det ikke være middelværdien af de eksisterende målinger der anvendes, men 95% fraktilen (eller 90% hvis kun denne er rapporteret).

Ofte angives der ikke en 90% eller 95% fraktil, men kun en middelværdi, som kan angives som enten aritmetisk middelværdi (AM, simpelt gennemsnit af målinger) eller geometrisk middelværdi (GM, som er en mere kompliceret beregning). Eksponeringsmålinger (baseret på målinger med personbåret udstyr) regnes oftest at være log-normalt fordelte og GM værdien vil være lidt lavere end AM. Forholdet mellem AM og 95% fraktilen på målesæt varierer typisk fra en faktor 2 til 6 og hvis andet ikke er kendt, vil der her forenklet regnes med, at 95% fraktilen er $4 \times$ AM. Det betyder, at for at en grænseværdi på $5 \mu\text{g EC/m}^3$ kan betragtes som overholdt, skal AM være under $1,25 \mu\text{g EC/m}^3$.

Hvis der kun er foretaget få målinger svarende til screeningen beskrevet ovenfor vil der regnes med at disse målinger skal være på 10% eller 20% af grænseværdien afhængig af antallet af målinger.

2 Typer af danske arbejdspladser

For at identificere 5-10 typer af arbejdspladser, som er bedst egnet til at belyse projektets problemstillinger, blev der indledningsvist udarbejdet en bruttoliste over typer af arbejdspladser med risiko for udsættelse for dieseludstødning. På basis af denne bruttoliste blev der udvalgt syv typer af arbejdspladser, som er nærmere beskrevet i kapitel 5. Arbejdspladserne blev udvalgt ud fra kriterier, der omfatter risiko for høj udsættelse, og stort antal udsatte samt, at forskellige typer af arbejdspladser skulle repræsenteres.

Bruttolisten fremgår af dette kapitel. Ud over at danne grundlag for udvælgelsen af typer af arbejdspladser, anvendes bruttolisten også som input for analysen af erhvervsøkonomiske konsekvenser i kapitel 6, når der skal ekstrapoleres fra resultaterne vedrørende de udvalgte typer af arbejdspladser til alle eksponeringssituationer.

Den indledende screening blev foretaget ved for hver sektor at udpege de arbejdsfunktioner, hvor der potentielt kan ske udsættelse for dieseludstødning.

Typer af arbejdspladser. Listen blev udarbejdet på følgende grundlag:

- › En systematisk gennemgang af alle eksponeringskilder - dieseldrevne tog, køretøjer, maskiner og skibe - og hvilke arbejdstagere, der kunne udsættes for dieseludstødning fra disse kilder.
- › De beskrevne arbejdsituationer i kapitel 3, som vedrører målinger på danske arbejdspladser og i målinger i udenlandske undersøgelser.
- › Tilbagemeldinger fra projektets følgegruppe.
- › Vurdering af, hvilke arbejdstagere der kunne være udsat for baggrundsniveauer (dvs. den koncentration der vil være i udeluften uden bidrag fra de pågældende arbejdsprocesser) over de vurderede grænseværdier.

Antal arbejdstagere. Antallet af arbejdstagere, der potentielt kan være udsatte for dieseludstødning, blev anslået og angivet i fem intervaller: <100, 100 - 400, 400 - 2.000, 2.000 - 20.000 og 20.000 - 50.000 arbejdstagere. Antallet blev anslået ved at kombinere:

- › oplysninger om antal udsatte fra danske undersøgelser omtalt i afsnit 3.1,
- › antal arbejdstagere i forskellige brancher i Danmark udtrukket fra Eurostats Structural Business Statistics¹¹
- › oplysninger om antal ansatte hos DSB, fergeselskaber, mm.,
- › udenlandske undersøgelser, herunder data fra en indledende vurdering af eksponeringen på EU niveau (RPA, 2017) og antal eksponerede i Canada (CAREX Canada, 2019).
- › en indledende vurdering af, hvor stor en andel af de ansatte i forskellige brancher, der potentielt er udsatte for dieseludstødning.

¹¹ <https://ec.europa.eu/eurostat/web/structural-business-statistics>

Disse estimater er for de udvalgte typer af arbejdspladser efterfølgende blevet opdaterede ud fra yderligere oplysninger og indgår videre i den socioøkonomiske vurdering i kapitel 6.

Det angivne antal af arbejdstagere i tabellen og i andre dele af denne rapport angiver et overslag over, hvor mange arbejdstagere der på et givet tidspunkt i 2019, har arbejdet inden for et område og potentielt kan udsættes for dieseludstødning. Da der en løbende sker en udskiftning i arbejdsstyrken, vil det samlede antal, der i løbet af et år vil kunne være udsatte, være lidt større end det angivne antal.

Eksponeringsniveauer. Til den indledende screening blev det anslået, om der kunne forventes risiko for høj udsættelse (8-timers middel) for dieseludstødning. Risikoen blev anslået på basis af målte gennemsnitsværdier i danske eller udenlandske undersøgelser og inddelt i følgende niveauer.

- › Høj: Gennemsnitsværdier: $EC > 2 \mu\text{g}/\text{cm}^3$; $UFP/\text{cm}^3 > 30.000$
- › Middel: Gennemsnitsværdier: $EC 0,5-2 \mu\text{g}/\text{m}^3$; $UFP/\text{cm}^3 10.000-30.000$
- › Lav: Gennemsnitsværdier: $EC < 0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$; $UFP/\text{cm}^3 < 10.000$

Der er ikke nogen klar sammenhæng mellem elementært kulstof (EC) og ultrafine partikler (UFP). I de tilfælde, hvor der både var målt ultrafine partikler og elementært kulstof blev værdierne for elementært kulstof anvendt.

For en del af arbejdspladserne forelå der ingen undersøgelser, og det mulige niveau blev af forfatterne groft anslået ud fra målinger i arbejdssituationer, som kan forventes at have lignende eksponeringsforhold.

Listen fremgår af bilag 3. De typer af arbejdspladser, der er udvalgt til den nærmere beskrivelse, er markeret med fed tekst og grå baggrund. For disse arbejdspladser er der udarbejdet en mere indgående beskrivelse i afsnit 3.2.

For de øvrige typer af arbejdspladser skal det understreges, at antal arbejdere og eksponeringsniveauer er groft anslået, og at overslagene ikke skal anvendes isoleret uden for denne kontekst. De anslåede niveauer for disse typer af arbejdspladser anvendes i den senere analyse, men bliver her aggregeret på en måde, så der ikke drages slutninger for de enkelte arbejdspladser.

3 Vurdering af risikoen for udsættelse for dieseludstødning

Formålet med dette kapitel er at sammenfatte viden om risiko for udsættelse for dieseludstødning i arbejdsmiljøet. Denne viden har indgået som parameter ved udvælgelsen af typer af arbejdspladser, som er nærmere undersøgt i afsnit **Error! Reference source not found.**

Kapitlet danner desuden grundlag for vurderingen af eksponeringsniveauerne i de udvalgte typer af arbejdspladser og indgår i beskrivelsen af disse i kapitel 5.

3.1 Målinger på danske arbejdspladser

3.1.1 DSB og togrelateret eksponering

Udsatte personalegrupper i 2014

Københavns Universitet udførte for DSB i 2014 målinger af DSB ansattes udsættelse for ultrafine partikler (Karotti og Loft, 2015). Målingerne blev foretaget med personbåret opsamlingsudstyr over en almindelig arbejdsdag blandt udvalgte medarbejdere i DSB. Målingerne blev gennemført med NanoTracer fra Philips Aerasense, som kontinuerligt måler antal af meget små partikler (mellem 10 og 300 nm i diameter) per cm^3 i luften. I følge rapporten omfattede målingerne helt overvejende UFP (defineret ved diameter under 100 nm), da det drejer sig om dieseludstødning, hvor partiklerne helt overvejende er mellem 10 og 100 nm i diameter (målt som antal).

Resultaterne fremgår af Tabel 3.1.

Samlet set var de højest eksponerede af de undersøgte faggrupper:

- › Togførere, som kørte i MR-togsæt på strækningen Næstved–Roskilde-Roskilde-Næstved, med en gennemsnitlig koncentration af UFP på $110.000 \text{ UFP}/\text{cm}^3$ over de 6 arbejdsdage, hvor målinger foregik.
- › Togførere, som kørte i dobbeltdækkervogne trukket af ME-lokomotiver på strækningen København/Østerport-Holbæk, København-Nykøbing Falster og København-Kalundborg, dvs. på de strækninger hvor ME lokomotivet er placeret forrest. På disse strækninger lå koncentrationen på hhv. 100.000 og $150.000 \text{ UFP}/\text{cm}^3$ over de målte arbejdsdage.
- › Håndværkerne fra Motorværkstederne i Århus og i Fredericia, som var udsat for en gennemsnitlig koncentration på $50.000 \text{ UFP}/\text{cm}^3$.
- › Perronmanagere fra Århus og Københavns Hovedbanegård, der var udsat for en gennemsnitlig koncentration på hhv. 40.000 og $50.000 \text{ UFP}/\text{cm}^3$ gennem arbejdsdagen, mens catering-personalet fra Østerport er udsat for ca. $45.000 \text{ UFP}/\text{cm}^3$ gennem arbejdsdagen.
- › Lokomotivførere på strækningen Næstved - Roskilde med en koncentration på $35.000 \text{ UFP}/\text{cm}^3$ og på strækningen Belvedere i København, med en gennemsnitskoncentration på $30.000 \text{ UFP}/\text{cm}^3$.

Som det fremgår, var togførerne, der befinder sig i vognene efter lokomotiverne, udsatte for væsentligt højere koncentrationer end lokomotivførerne.

Der blev ikke foretaget måling af elementært kulstof. Som rapporten anfører, er det meget usikkert at oversætte antal UFP til black carbon (BC). Der er i følge rapporten en række undersøgelser med målinger af begge dele og omsætningsfaktorer, der bruges til anbefalinger vedr. regulering eller kontrol med UFP fra dieselmotorer. Nyere resultater for eksponering for dieseludstødning fra dieseltog, som omtales senere i dette afsnit, resulterer i en omregningsfaktor, hvor 13.000 til 19.000 UFP/cm³ svarer til 1 µg BC/m³. Da koncentrationen af BC er ca. 10% højere end koncentrationen af EC, vil der regnes med, at 18.000 UFP svarer til 1 µg EC/cm³. Det skal understreges, at en omregning fra UFP til EC er meget usikker, da en lille forskel i partikelstørrelse giver en stor ændring. Forskellige motorer giver forskellige størrelse på deres primære partikler, og hertil kommer, at tiden inden gassen fortyndes ved udledningen vil påvirke, hvor meget partiklerne agglomererer. Agglomerationen vil drastisk mindske mængden af partikler, men ikke påvirke EC koncentrationen. Omregningerne er foretaget i mangel af data for EC, men som det understreges flere steder i nærværende rapport, vurderes der at være behov for målinger, der dokumenterer den faktiske udsættelse for EC.

Hvis denne omregningsfaktor bruges, kan den målte personlige gennemsnitseksposering for togførerne i ME/MR trukne tog på 100.000-150.000 UFP/cm³ regnes at svare til 5-8 µg EC/m³. Som det omtales i afsnit 1.3 er der i køretøjer meget stor forskel mellem traditionelle og nye motorer, hvad angår andelen af partiklers vægt, der udgøres af elementært kulstof. Det samme kunne være tilfældet med tog, så man skal være forsigtig med at anvende en omregningsfaktor. I mangel af resultater målt som elementært kulstof er det alligevel valgt at foretage en omregning.

Tabellen viser, hvor mange ansatte der er i DSB inden for hver af de undersøgte faggrupper.

Resultaterne fra værkstederne er nærmere beskrevet sammen med nyere målinger i afsnit 5.1.

Resultaterne har sammen med andre målinger, der viser en mulig eksponering for dieseludstødning fra tog, givet anledning til en del opmærksomhed i offentligheden og DSB har i samarbejde med Arbejdstilsynet taget en række tiltag til at nedbringe eksponering. Disse tiltag omtales nærmere, hvad angår eksponering på værksteder, i afsnit 5.1.

Tabel 3.1 Gennemsnitsværdier af udsættelse for ultrafine partikler (UFP) blandt DSB faggrupper i 2014. Målingerne omfatter alle meget små partikler i intervallet 10-300 nm, men af disse er langt hovedparten i intervallet for ultrafine partikler < 100 nm. (Karotti og Loft, 2015)

Tabel 1.						
Enhed/ Område	Arbejdsplads	Faggruppe + Ca. antal ansatte	Arbejdsopgaver	Gennemsnitsværdi UFP/cm ³	Tid målt per arbejdsdag	Antal ansatte som gik med måleudstyret
Vedligehold	Motor værksted TEST Århus	Håndværker 34/2*	Opstart af MR test af MR	50.000	2 - 3.5 timer	4
Vedligehold	Lokomotiv-værksted OBV	Håndværker Knap 100	Elektriker, Smed: Lok. Eftersyn+reparation Små reparationer +TE Skift af luftfiltre	20.000	5-6 timer	4
			Skydebrograven	178.000 (betinget af spidsværdier)	7 timer	1-?
Vedligehold	MR/MQ-værksted, Fredericia	Håndværker 60	???	50.000	5-7 timer	4
Operation (Lokoførere)	ME + dobbeltdæk	Lokofører 450	Tur- KB-KH-KB Forsyning/parkering i KB	11.000/23.000*	5-7 timer	6
	MR/Næstved	Lokofører 450	Tur- Næ-Ro-Næ	35.000	3-7 timer	4 eller 5
Operation (Togførere)	MR/Næstved	Togfører 300	Tur- Næ-Ro-Næ-Ro-Næ MR lokomotiv	110.000	5 timer	6 eller 7
	ME + DD	Togfører 300	Tur- NF-KH-HK-KH-NF ME/DD lokomotiv	150.000	7-8 timer	3
			Tur-KB-KØ-HK-KH-KB ME/DD lokomotiv	100.000	7-8 timer	4
Operation/ Kommerciel	Perroner KH	Perronmanager 15 + Salg10/2** ad gangen	KH perron	50.000	3-7 timer	2
			KH, kiosk	23.000 (spor 7-8)	7/31 timer	-
				10.000 (spor 11-12)	6/33 timer	
			Øst. catering Spor 3/4	45.000	7 timer	
Operation	Perroner Århus	Perronmanager 10	Perroner Århus	40.000	3-4.5 timer	3
Operation	Belvedere	Klargøring 50	Rangering	20.000/30.000*	3.5-7 timer	4
Operation	Belvedere	Lokofører 300/lille del af deres tur	Rangering	30.000	6-8 timer	3
Operation	P-rist i Århus	Lokofører 40		13.000	2-3 timer	2
Reference måling	IC4 togsæt IC3		KH-KB	500-5.000	2 timer	
			Ro-KH	5.000-15.000	1.5 timer	
Reference måling	H.C. Andersens Boulevard		Fodgænger	43.000		
Reference måling	Københavns Luftahavn		Bagageportører	37.000		

Nyere målinger

Der er i forbindelse med denne undersøgelse modtaget en række nyere målinger af udsættelsen for dieseludstødning i en række af DSBs værksteder. De detaljerede måledata er ikke gengivet her. Det overordnede billede er, at koncentrationen i værkstederne er faldet som konsekvens af de tiltag der er taget siden måleprogrammet i 2014, især bedre punktudsugning over udstødningen fra togene. Stationære målinger fra perioden 2016 til 2020, efter der er foretaget forbedret ventilation, viser en variation i målingerne (kan betragtes som 8-timers TWA) fra 3,600 til 46.000 UFP/cm³. Den højeste målte værdi vil, hvis ovennævnte omregningsfaktor anvendes, svare til ca. 2,5 µg EC/m³, mens de øvrige målte værdier er væsentligt under dette niveau. Lige som det er tilfældet ved målingerne fra 2014 ses der markante spidser i koncentrationerne ved ind- og udkørsel af tog.

Koncentration af dieseludstødning i personvogne, 2019

Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø (NFA) har i 2019 undersøgt udsættelsen for dieseludstødning i personvogne trukket af Litra ME-diesel lokomotiverne fra 1980'erne, der stadig kører på flere lokalstrækninger på Sjælland (NFA, 2019; Andersen m.fl., 2019a; Andersen m.fl., 2019b).

I undersøgelsen er udsættelsen for partikler i personvogne trukket af dieseltog sammenlignet med udsættelse i vogne trukket af eldrevne tog, som repræsenterer baggrundsudsættelsen fra andre kilder. Målingerne blev foretaget som personmålinger med 54 og 29 forsøgspersoner for henh. diesel- og eldrevne tog. Målingerne er foretaget i den forreste vogn umiddelbart efter lokomotivet. Målinger af ultrafine partikler

blev foretaget med to forskellige måleinstrumenter: DiscMini og NanoTracer (størrelsesintervaller ikke angivet). Resultaterne er gengivet som black carbon, der som omtalt i afsnit 1.2 her vil regnes at svare til elementært kulstof.

Resultaterne er vist i Tabel 3.2. Eksponeringen for UFP var som gennemsnit 218.000 og 153.000 UFP/cm³ afhængig af måleinstrument (lidt andre værdier i Andersen m.fl., 2019a). Forholdet mellem elementært kulstof og UFP resulterer i en omregningsfaktor, hvor 13.000 til 19.000 UFP svarer til 1 µg EC/m³. Resultaterne viser, at luften i togvogne drevet af dieseltog sammenlignet med luften i de eldrevne tog i gennemsnit indeholdt 23 gange flere ultrafine partikler og 6 gange mere black carbon. Koncentrationen af black carbon i eldrevne tog er på omtrent samme niveau som koncentrationen af EC på H.C. Andersens Boulevard og selv med en korrektion for EC/BC forholdet illustrerer målingerne i de eldrevne tog relativt høje baggrunds niveauer på banestrækninger.

Værdierne for NO_x og NO₂ ligger er i størrelsen 1% af grænseværdien, og værdierne for formaldehyd og naphthalen (ikke vist) er i størrelsen 0,1% af grænseværdien og vil således bidrage ubetydeligt til en sumformel. Også værdierne for ΣPAH¹² er langt under grænseværdien og vurderes at bidrage ubetydeligt til sumformlen selvom det for denne parameter er vanskeligere at sammenligne, det som er målt med grænseværdilistens definition af polyaromatiske carbonhydrider.

Målingerne er lavet som et worst-case scenario, hvor forsøgspersonerne sad i vognen lige bag lokomotivet, hvor eksponeringen for dieseludstødning er højest. Togpersonale, som bevæger sig rundt i toget og ud på perronen vil i perioder være udsat for lavere niveauer i toget. Målinger forskellige steder i toget viser således væsentligt lavere værdier i den anden vogn efter lokomotivet sammenlignet med værdierne i den første. Togførerne opholder sig således højst 5 ½ time i toget og sjældent hele perioden i det samme tog. Der er i undersøgelsen ikke foretaget beregninger, af hvor højt et realistisk 8-timers gennemsnit for en togfører vil være.

I 2017 var 72 procent af DSB's tog dieseldrevne, og 18 procent af disse var fra 1980'erne, før EU i 1992 indførte begrænsninger for dieseludstødning. DSB planlægger at erstatte de mest forurenende dieseldrevne lokomotiver fra 1980'erne med nye elektriske tog i 2021 (NFA, 2019). Personalets eksponering for dieseludstødning i denne type tog indgår derfor ikke i den erhvervsøkonomiske analyse, da det antages, at en ny grænseværdi først træder i kraft i 2023.

¹² Summen af polyaromatiske carbonhydrider (PAH)

Tabel 3.2 Gennemsnitlig udsættelse for black carbon (BC) og ultrafine partikler (UFP) i personvogne trukket af ME-diesellokomotiver og eldrevne lokomotiver (Andersen et al., 2019b).

Parameter	Enhed	Gennemsnit af 6-timers måleperiode, AM (\pm standardafvigelse)			
		n	Dieseldrevne (n= 54)	n	Eldrevne (n=19)
Black carbon (BC)	$\mu\text{g EC/m}^3$	21	10.0 \pm 3.3	7	1.7 \pm 0.6
UFP, fra DiscMini	UFP/cm ³	15	218000 \pm 140000	6	6150 \pm 2310
UFP, fra NanoT-racer	UFP/cm ³	17	153000 \pm 81000	7	7760 \pm 4200
NO _x	$\mu\text{g EC/m}^3$	14	364 \pm 81	7	48 \pm 16
NO ₂	$\mu\text{g EC/m}^3$	14	53 \pm 16	7	16 \pm 10
$\Sigma\text{PAH i PM}_{2.5}$	ng/m ³	6	1.7 \pm 0.6	3	0.31 \pm 0.13

En anden undersøgelse foretaget af Teknologisk Institut for DSB i 2018 fandt tilsvarende koncentrationer. Gennemsnitkoncentrationer af black carbon i dobbeltdekkervogn trukket af ME lokomotiv var på henholdsvis 3,2 $\mu\text{g BC/m}^3$, 6,2 $\mu\text{g BC/m}^3$ og 11 $\mu\text{g BC/m}^3$ ved tre ture mellem Østerport og Nykøbing Falster (Teknologisk Institut, 2018).

Udsættelse på perroner

Der er påvist høje niveauer af dieseludstødning på perroner. Målinger foretaget af Det Økologiske Råd i 2011 viste, at der i gennemsnit var mellem 100.000 og 200.000 UFP/cm³ på Aarhus Banegård¹³. Da der stort set ikke kører de mest forurenende MR lokomotiver på Aarhus Banegård, må partikelniveauerne skyldes andre dieseldrevne tog såsom DSBs IC3 tog og Arrivas lokaltog. Målingerne foretaget af Det Økologiske Råd viser højere værdier end målingerne foretaget for DSB vist ovenfor, men det fremgår ikke over hvor lang tid målingerne foretaget af Det Økologiske Råd er taget, og om de vil kunne regnes at repræsentere en 8-timers TWA.

3.1.2 Københavns Lufthavn

Der er foretaget en række undersøgelser af den samlede udsættelse for partikler, herunder dieseludstødning, i Københavns Lufthavn.

På basis af undersøgelserne er der foretaget nogle tiltag, som omtales nærmere i afsnit 5.3.

Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet (DCE) udarbejdede for Københavns Lufthavn A/S i 2011 en undersøgelse af koncentrationerne af partikler og andre forureningselementer på forpladsen¹⁴ i Københavns Lufthavn og andre målestationer på lufthavnen (Ellermann et al., 2011a). Undersøgelsen omfattede en række aspekter af partikelforureningen i lufthavnen. Resultaterne for PM_{2,5} ultrafine partikler og elementært kulstof er vist i Tabel 3.3. Resultaterne sammenlignes i tabellen med resultater af

¹³ <https://www.dr.dk/nyheder/indland/dsb-vi-er-noedt-til-bruge-diesel-svin>

¹⁴ Forpladsen er den del af lufthavnen, hvor flyene holder ved gatene.

målinger på H.C. Andersens Boulevard og en baggrundlokalitet i Risø på samme tidspunkt (se mere om udviklingen i koncentrationerne på de to lokaliteter i kapitel 4).

Årsmiddelkoncentrationerne for $PM_{2,5}$ var $17 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ på forpladsen og henh. 15 og 16 på de to andre målestationer ved udkanten af lufthavnen (Station Vest og Station Øst). Der sås en forholdsvis ensartet fordeling af stofferne med de højeste koncentrationer på den centrale del af forpladsen og med aftagende koncentrationer ud mod de ydre dele af forpladsen og periferien af lufthavnen.

Målingerne af antal og størrelsesfordeling af ultrafine partikler blev foretaget med en Differential Mobility Particle Sizer (DMPS), som målte partikelstørrelser fra 6 til 700 nm. Målingerne blev foretaget på forplads og Station Øst. Ultrafine partikler (UFP, diameter < 100 nm) udgjorde typisk fra 75-95% af det samlede partikelantal (i størrelsen 6 – 700 nm) på forpladsen. Den gennemsnitlige koncentration på forpladsen var $31.000 \text{ UFP}/\text{cm}^3$ i intervallet 6-109 nm, mens der på Station Vest målttes 9.300 partikler/ m^3 . Antallet af UFP (6 - 107 nm) var på forpladsen ca. $2 \frac{1}{2}$ gange større end niveauet på H.C. Andersens Boulevard på daværende tidspunkt. I følge rapporten stammede disse partikler hovedsageligt fra forbrænding af jet fuel og diesel på forpladsen. Det blev i undersøgelsen beregnet, at handling (med dieseldrevet udstyr) repræsenterede ca. 50% af emissionerne af partikler på forpladsen og ca. 25% på hele lufthavnen. Det var ikke muligt på baggrund af undersøgelsen at bestemme, hvor stor en del af elementært kulstof, der stammede fra dieselmotorer.

Elementært kulstof (EC) (målt på fraktionen $PM_{2,5}$) blev kun målt på forpladsen. Koncentrationen blev målt til $1,15 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$, hvilket var lidt under halvdelen af niveauet på H.C. Andersens Boulevard. Hvis man sammenligner koncentrationen af elementært kulstof med koncentrationen af $PM_{2,5}$ på forpladsen ses det, at elementært kulstof kun udgjorde 7% af den samlede vægt af $PM_{2,5}$. På H.C. Andersens Boulevard udgjorde elementært kulstof 15% af vægten af $PM_{2,5}$.

Det ses desuden, at der er forskelle i sammenhængen mellem koncentrationen af EC og ultrafine partikler. Mens antallet af ultrafine partikler pr. cm^3 på forpladsen i lufthavnen er dobbelt så stor som antallet på H.C. Andersens Boulevard, er det modsatte tilfældet for koncentrationen af elementært kulstof. Som det fremgår af Tabel 1.2, er der meget stor forskel på hvor stor en del af partiklerne, der udgøres af elementært kulstof, når man sammenligner ældre med nyere dieselmotorer. Forholdet mellem ultrafine partikler og elementært kulstof vil således også være meget afhængig af sammensætningen af kilderne. Forskellene mellem målingerne på forpladsen og H.C. Andersens Boulevard kan således skyldes forskelle i sammensætningen af kilderne, og helt oplagt kunne der være forskelle mellem partikler, som kommer fra dieselmotorer og partikler, der stammer fra flymotorer.

Koncentrationerne af NO og NO_2 ligger på et niveau under 1% af grænseværdien og vil således ikke væsentligt kunne bidrage til en sumformel. Summen af 9 PAH forbindelser var på forpladsen mindre en $1 \text{ ng}/\text{m}^3$ og således under 1% af grænseværdien for polyaromatiske carbonhydrider.

Tabel 3.3 *Middelkoncentrationer af elementært kulstof, PM_{2,5} og ultrafine partikler i Københavns Lufthavn, H.C. Andersens Boulevard og en baggrundlokalitet i Risø i 2011 (Ellermann et al., 2011a)*

	Enhed	Københavns Luft- havn, forplads	Københavns Luft- havn, Station Øst	H.C. Andersens Boulevard	Baggrund Risø
Elementært kulstof (af PM _{2,5})	µg EC/m ³	1,16	ingen data	2,61	0,42
PM _{2,5}	µg EC/m ³	17	16	17	13
Partikler, 6 - 700 nm	partikler/cm ³	31.900	10.000	16.100	3.700
Partikler, 6 - 107 nm (UFP)	partikler/cm ³	31.000	9.300	15.500	2.800
Omregningsfaktor mellem antal partik- ler pr. cm ³ og EC i µg EC/m ³ *	-	26.700	-	5.900	6.700
NO	µg/cm ³	9	5	51	1
NO ₂	µg/cm ³	24	18	56	11

* Denne beregning er foretaget i nærværende undersøgelse

På basis af resultaterne af undersøgelser af koncentrationen af forskellige forureningselementer på forpladsen og andre lokaliteter i Københavns Lufthavn foretog Statens Institut for Folkesundhed og Arbejds- og Miljømedicinsk Afdeling, Bispebjerg Hospital en undersøgelse af mulige effekter af forskellige medarbejdergruppers udsættelse for ultrafine partikler (partikler med en diameter <100 nm). De forskellige gruppers udsættelse blev estimeret på basis af målinger med personbåret udstyr i perioden 7.30 til 15.00.

Den gennemsnitlig eksponering (geometrisk middelværdi) for ultrafine partikler (UFP) blandt de fem største faggrupper i Københavns Lufthavn, oktober 2012 er vist i Tabel 3.4. Udsættelsen er ikke angivet som elementært kulstof. For den mest udsatte gruppe, bagage-portører, var den gennemsnitlige koncentration 37.000 UFP/cm³. Men hvis der regnes med, at forholdet mellem elementært kulstof og UFP er den samme for de personbårne målinger som for målingerne på forpladsen, ville dette svare til ca. 1,4 µg EC/cm³ for denne gruppe medarbejdere med en højeste værdi i konfidensintervallet på 2,1 µg EC/cm³.

Tabel 3.4 Gennemsnitlig eksponering for ultrafine partikler (UFP, <100 nm) blandt de fem største faggrupper i Københavns Lufthavn, oktober 2012 (Møller et al., 2014; 2016).

Faggruppe	Arbejdsopgaver	Gennemsnitlig tid på forpladsen, % af en arbejdsdag	Koncentration UFP/cm ³	
			Geometrisk middelværdi	Konfidensinterval
Bagage-portører	Bagagehåndtering både inde i og udenfor flyet. Gruppen udfører også push-back af flyet.	76	37.000	25.000–55.000
Catering chauffører	Catering chauffører loader flyet med mad og drikkevarer. Gruppen kommer ind i flyet fra forpladsen ved hjælp af en dieseldrevet highloader.	62	20.000	14.000–29.000
Rengøring (fly rengøring)	Gør rent indendørs i flyet. Kommer ind i flyet ved brug af en dieseldrevet highloader fra flyet forplads.	62	12.000	9.000–17.000
Airside security	Patuljerer på lufthavnsområdet både på forpladsen og på lufthavnens øvrige område.	14	12.000	8.000–18.000
Landside security	Udfører sikkerhedskontrol inde i lufthavnen.	ikke angivet	5.000	2.000–11.000

* Møller et al. (2016) angiver også andre faggrupper: brændstofchauffører og andre typer chauffører, push back, marshals, cargo, vedligeholdelsesservice personale og traffic gate coordinators.

3.1.3 Grænsekontrol

Der er i april 2016 udført målinger af ultrafine partikler (20-100 nm) ved grænsekontrollen ved grænsen mod Tyskland (Syd- og Sønderjyllands Politi, 2016). Udgangspunktet var, at betjentene, der udfører kontrollen, har påpeget, at de i forbindelse med arbejdets udførelse har været udsat for påvirkninger fra udstødning, primært fra dieselskøretøjer.

Målingerne er udført af firmaet CRECEA over 3,5 timer i tidsrummet 08.00-15.30, hvor belastning vurderes at være værst. Målerne af typen P-Trak Ultrafine Particle Counter var placeret 1 m fra kørebanen og i ca. 1,5 m højde. Partikeltællerne registrerede alle partikler i størrelsen 20-100 nm hvert sekund. Det er ud fra målingerne ikke muligt at vurdere, hvor stor en del af det samlede antal partikler, der stammede fra dieselskøretøjer. Det angives i målerapporten, at lastbiler, mindre lastbiler (7,5-12 t) og ældre varevogne i langsom fart eller acceleration bidrog til et særligt højt forureningsniveau.

Der er ikke foretaget målinger af elementært kulstof. Det er ikke umiddelbart muligt at foretage en omregning fra antal partikler i intervallet 20-100 nm til en koncentration af elementært kulstof.

Gennemsnitsniveauerne var inden for intervallet 7.500-13.900 UFP/cm³. Der er ikke foretaget personlige målinger, men målingerne kan tages som udtryk for hvor store koncentrationer betjentene i gennemsnit var udsat for. Til sammenligning blev bagage-portører i Københavns Lufthavn som angivet i foregående afsnit udsat for gennemsnitsniveauer (geometrisk middelværdi) på 37.000 UFP/cm³.

Som det fremgår af afsnit 1.2, udgør partikler i størrelsen >100 nm den overvejende del af massen af partikler i dieseludstødning, men der er forskel på, hvor stor en del af partiklerne, der udgøres af elementært kulstof. Hvis man groft regner med forholdet mellem partikler (6 - 107 nm) og elementært kulstof på H.C. Andersens Boulevard i 2011 (Tabel 3.3) ville koncentrationerne af UFP svare til i størrelsen 2,0 - 2,5 µg EC/m³. Maksimumværdierne er langt højere og det kan ikke afvises, at 95% fraktilen af eksponeringskoncentrationerne vil være over 5 µg EC/m³.

Tabel 3.5 Målinger af ultrafine partikler UFP (20-100 nm) ved grænsekontrol

	Antal UFP/cm ³ *		
	Min.	Max.	Gennemsnit
Frøslev, vestside	517	277.000	7.521
Frøslev, østside	564	>500.000	13.858
Padborg, vestside	628	>500.000	9.576
Padborg, østside	952	478.000	8.720

* Målingerne er logget hvert sekund og min og maxværdierne repræsenterer således antal partikler i det sekund med henh. højeste og laveste værdi.

3.1.4 Anlægsarbejde

Anlægsarbejde i grav. Der er i forbindelse med dataindsamlingen til denne undersøgelse modtaget måledata fra et anlægsarbejde i København i 2020. På byggepladsen foregår der gravearbejde med 2 dieseldrevne entreprenørmaskiner i 6 - 8 m dybde under gadeniveau i et område på ca. 15 m x 20 m. Graven er overdækket med et telt, som er åbent i siderne, og der er ikke opstillet mekanisk ventilation. Gravearbejdet foregår et sted, hvor der kan forventes relativt højt baggrundsniveau for dieseludstødning fra trafik. Maskinerne, der anvendes i udgravningen, er ikke udstyret med dieselfilter og kører på konventionel diesel. Der er foretaget stationære målinger tre på hinanden følgende dage. Gennemsnitsværdien angivet som en 8-timers TWA for black carbon var 5,3 BC µg EC/m³. Den højeste 8-timers TWA var på 11,7 µg BC/m³. Hvis der regnes med at koncentrationen af BC er 10% højere end koncentrationen af EC, vil det målte gennemsnit svare til 4,8 µg EC/m³, mens den højeste værdi svarer til 10,5 µg EC/m³. De højeste 8-timer TWA var således mere end dobbelt så høje som en mulig grænseværdi på 5 µg EC/m³. Gennemsnitsværdier for NO og NO₂ var for begge stoffer på ca. 1/20 af grænseværdien. De foretagne målinger er foretaget med stationært udstyr, men kan regnes at være repræsentative for udsættelsen af de medarbejdere, der betjener maskinerne (som ikke har kabine med overtryk og kabinefilter) eller udfører andet arbejde i udgravningen.

De målte værdier er en del lavere end koncentrationerne målt ved bygge- og anlægsarbejder i Tyskland og Holland, som omtales i næste afsnit. Tre måleprogrammer fra bygge- og anlægsarbejder i Tyskland fra de seneste 10 år angiver 95% fraktiler for 8-timers TWA på henh. 43, 45 og 78 µg EC/m³ (se Tabel 3.9). Målingerne i Tyskland blev generelt foretaget med maskiner uden dieselpartikelfilter. Eksempelvis er der i undersøgelser af byggemaskiner i skakte eller gruber med et grundareal på >100 m² fra perioden 2008-2014 målt en medianværdi på 19 µg EC/m³ mens 95% fraktilen var på 45 µg EC/m³.

Tunnelarbejde. Det er fundet et enkelt målesæt, som vedrører renoveringsarbejde med dieseldrevne entreprenørmaskiner i tunnelmiljø. Af fortrolighedsgrunde kan omstændighederne omkring målingerne ikke beskrives. Der er et datasæt fra stationære målinger tæt på arbejdsprocessen præsenteret som 5-min midelværdier under 4,5 timers måling. Der er kun foretaget én måleserie. Det samlede gennemsnit for de 4,5 timer, som der blev målt over, er 3,7 µg EC/m³. Den højeste værdi der blev målt over et 5-min interval

var 17,5 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$. Hvis der regnes med, at koncentrationen af BC er 10% højere end koncentrationen af EC, vil det målte gennemsnit svare til ca. 3,3 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$. Da der kun er foretaget én måling ville koncentrationen skulle være lavere, hvis en grænseværdi på 5 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$ skulle efterleves, jf. metode til at vurdere om en grænseværdi er overholdt beskrevet i afsnit 1.5.

3.1.5 Busværksted

Der er i forbindelse med dataindsamlingen til denne undersøgelse modtaget måledata fra 2015 fra et busværksted. Der er som led måleprogrammet ikke foretaget målinger af elementært eller black carbon, men der er foretaget målinger af ultrafine partikler som kan give en indikation på niveauet for elementært kulstof. Målingerne er foretaget med P-Trak Ultrafine Particle Counter. Der er foretaget stationære målinger to steder i værkstedet over ca. 2 timer. Der er ikke beregnet 8-timers TWA, men måleperioden kan anses at være repræsentativ for en hel arbejdsdag. Gennemsnit for de to målesteder var henh. 10.500 og 26.400 UFP/ cm^3 . Der findes ikke umiddelbart nogen omregning fra UFP/ cm^3 til $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$, men hvis omregningsfaktoren for H.C. Andersens Boulevard på 15.500 anvendes (se afsnit 3.1.2, Tabel 3.3), kan de to målte koncentrationer omregnes til henh. 0,7 og 1,5 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$. Det skal bemærkes, at usikkerheden på en sådan omregning er stor. Tidsmålingerne viser, at der ses relativt høje koncentrationer ved indkørsel og ved tomgang uden for åbne porte. Desuden ses markant forhøjede koncentrationer i forbindelse med en utæthed i sugehovedet, der monteres på udstødningsrørene i forbindelse med tomgang inde i værkstedet, og ved en hændelse med tomgang uden punktudsugning.

De målte værdier er væsentligt under de værdier, der er rapporteret fra et garageanlæg/værksted i Holland, som omtales i næste kapitel.

3.2 Udenlandske undersøgelser af eksponeringsniveauet

Der findes en række udenlandske undersøgelser af udsættelse for dieseludstødning. Resultaterne er fra nyere undersøgelser ofte givet som elementært kulstof (eller black carbon), mens der i ældre undersøgelser ofte kun er rapporteret antallet af ultrafine partikler. Der findes en lang række undersøgelser af udsættelse i underjordiske miner, som internationalt er den sektor, hvor der ses de højeste eksponeringskoncentrationer. Da der ikke findes underjordiske miner i Danmark, er det valgt ikke at gengive resultater for underjordiske miner, men at fokusere på sektorer, hvor der finder udsættelse sted i Danmark.

Resultaterne er gengivet i dette afsnit, mens den nærmere diskussion af, i hvilket omfang resultaterne kan antages at være repræsentative for danske forhold tages i de enkelte afsnit i kapitel 5, i det omfang data fra litteraturen anvendes.

3.2.1 Ældre eksponeringsdata

Data indtil 2009 er blevet sammenfattet af Pronk et al. (2009). En rapport om dieseludstødning fra Den Nordiske Ekspertgruppe for udarbejdelse af kriterier for sundhedsrisiko (Taxell og Santonen, 2016) og en monografi fra det Internationale Kræftagentur om kræftirisiko ved udsættelse for dieseludstødning (IARC, 2014) gengiver denne sammenfatning og indeholder ikke nyere eksponeringsdata. Data fra denne sammenfatning er gengivet i Tabel 3.6. Det er valgt at lave separate tabeller for henh. ældre og nyere data fordi det er forskellige statistiske parametre der er videregivet. Der er ikke søgt supplerende oplysninger i originalartiklerne refereret i Pronk et al. (2009). Da de ældre undersøgelser er foretaget på et tidspunkt, hvor de gennemsnitlige køretøjer og maskiner udsendte langt større mængder af partikler, må der regnes med, at niveauerne er væsentlig over niveauerne i dag. Det er ikke forsøgt at omregne koncentrationer ved at tage højde for ændringer i alderssammensætningen af køretøjer og maskiner. Dataene kan stadig anvendes til at indikere inden for hvilke sektorer, der kan forventes de højeste koncentrationer. For chauffører ses det eksempelvis, at koncentrationerne ved lokalkørsel er højere end ved langturskørsel, hvilket vurderes at skyldes lavere baggrundskoncentrationer ved langturskørsel.

Tabel 3.6 Eksponering for dieseludstødning i forskellige brancher. Målinger fra 1990- 2009, tilpasset fra Pronk et al., 2009. Kun resultater angivet som elementært kulstof er gengivet her. Resultater for underjordisk minedrift og andre processer, der ikke foregår i Danmark, er ikke gengivet.

Sektor/proces	Parameter	Opsamlingstid, timer	n *	Aritmetisk gennemsnit (SD)	Geometrisk gennemsnit (GSD)	Land	År	Kilde (se Pronk et al. 2009 for fuld reference)
Chauffører								
Lastbiler – lokalkørsel	EC _S	>4	576 (a)	2 (2,3)	1 (2,8)	USA	2001–2005	Davis, et al., 2007
Lastbiler- langtur	EC _S	>4	349 (a)	1 (0,8)	1 (2,3)			
Lastbiler – lokalkørsel	EC _R	>4	5	7 ^e	6 (1,6)	USA	1999	Garshick, et al., 2002
Lastbiler- langtur	EC _R	>4	5	5 ^e	4 (2,0)			
Lastbiler	EC _I	1->4	3	10 (6,0)	9 (1,8)	USA	1992	NIOSH, 1993
Busser	EC _R	>4	5	10 ^e	9 (1,3)	Estland	2002(p)	Boffetta, et al., 2002
Busser	EC _R	>4	39	2,0 (1,3)	1,4 (3,3)	USA	2002(p)	Ramachandran, et al., 2005
Busser (overvejende diesel)	EC _I	>4	4	2>LOD: 1–20		USA	1998	NIOSH, 1998
Bus of lastbiler (overvejende diesel)	EC _I	>4	20	11 ^e	6 (2,9)	Sverige	2002–2004	Lewne, et al., 2007
Mekanikere								
Lastbiler	EC _R	>4	10	4 ^e	4 (1,6)	USA	1999	Garshick, et al., 2002
Ambulance depot	EC _R	>4	3	31	29 (1,6)	UK	2000(p)	Groves, et al., 2000
Busser	EC _R	>4	53	39	31 (2,1)	UK		
Busser	EC _R	>4	15	39 ^e	38 (1,3)	Estland	2002(p)	Boffetta, et al., 2002
Lastbiler/busser (+inspektion)	EC _I	>4	40	21 ^e	11 (3,2)	Sverige	2002–2004	Lewne, et al., 2007
Taxaer	EC _I	>4	8	8 ^e	7 (1,6)			
Andre								
Brandmænd	EC _I	>4	27	24 (max)		USA	2002(p)	Roegner, et al., 2002
Brandmænd	EC _I	>4	18	40 (20,3)	35 (1,7)	USA	1995(p)	Echt, et al., 1995
Brandmænd	EC _I	>4	12	10 (max)		USA	1997	NIOSH, 1998
Servicearbejder busser	EC _I	>4	4	>LOD: 0,3–15		USA	1998	NIOSH, 1998
Test af køretøjer	EC _R	>4	11	11	11 (1,8)	UK	2000(p)	Groves, et al., 2000
Parkeringsvagt	EC _R	>4	34 (a)	1,1 (0,6)	1,1 (1,8)	USA	2002(p)	Ramachandran, et al., 2005
Togpersonale								
Lokomotivfører	EC _R	>4	19	20 (18,7)	16 (2,0)	Rusland	2002(p)	Boffetta, et al., 2002

Sektor/proces	Parameter	Opsamlings- tid, ti- mer	n *	Aritmetisk gennemsnit (SD)	Geometrisk gennemsnit (GSD)	Land	År	Kilde (se Pronk et al. 2009 for fuld reference)
Lokomotivfører	EC _{R/I}	>4	5	4 (1,3)	3 (1,5)	Canada	1999-2000	Verma, et al., 2003
Lokomotivfører, træner	EC _{R/I}	>4	76 (a)	5 (1,1-5,8)	3 (1,5-3,5)			
Togfører i vogn efter lokomotiv	EC _I	>4	47 (a)	10 (12)	6	Canada	2003	Seshagiri, 2003
Trafikkontrollør	EC _I	1- > 4	49 (a)	6	4 (3)	USA	1996-1998	Liukonen, et al., 2002
Færger/havneterminal								
Havneterminal (mange forskellige job-funktioner)	EC _I	>4	168	6 (0,9-9)		USA	2003-2005	NIOSH, 2005
Færge, lede ind- og udkørsel	EC _R	>4	20	49	37 (2,5)	UK	2000(p)	Groves, et al., 2000
Vedligeholdelse								
Rullende udstyr	EC _{R/I}	>4	48	5 (4,9-8,8)	3 (2,4-2,7)	Canada	1999-2000	Verma, et al., 2003
Rullende udstyr	EC _R	>4	64	39	17 (1,9)	UK	2000 (p)	Groves, et al., 2000
Anlægsarbejder								
Tunnelarbejde	EC _I	>4	10	314 ^e	63 (1,5-3,0)	Norge	1996-1999	Bakke, et al., 2001
Tunnelarbejde	EC _I	>4	12	132 ^e	87 (2,5)	Sverige	2002-2004	Lewne, et al., 2007
Anlægsarbejder over jorden	EC _I	>4	22	13 ^e	8 (2,8)			
Anlæg af veje	EC _R	>4	261	13	8 (2,7)	USA	1994-1999	Woskie, et al., 2002
Anlæggelse af kraftværk	EC _I	>4	120	4		USA	1996-1997	Whittaker, et al., 1999

* Det er i Pronk et al. 2009 ikke angivet, om n står for antal personer eller antal målinger. (a): Stationære målinger repræsentative for personlig eksponering.

Parameter: S = <1µm, R = respirabel, I = inhalabel; NI: ikke indikeret; e: AM estimeret fra GM og GSD eller fra et interval; (p): publikationsår, år for målinger ikke angivet.

3.2.2 Nyere eksponeringsdata

Nyere data er identificeret på basis af følgende fremgangsmåde:

- › Søgning i internationale bibliografiske databaser, SCOPUS og PubMed med relevante søgeord.
- › Gennemgang af litteraturlister af nyeste videnskabelige artikler på området.
- › Søgning efter data fra nationale databaser med eksponeringsdata som den tyske MEGA database, franske SCOLA og COLCHIC og den finske nationale database. Data fra disse databaser er ikke offentligt tilgængelige, men det er via internettet undersøgt om der foreligger sammenfatninger af data vedrørende dieseludstødning fra databaserne (søgning på originalsprog). Det skal bemærkes, at der ikke er fundet offentlig tilgængelige data fra disse databaser.
- › Brede Google søgninger med kombinationer af relevante søgeord.
- › Specifik søgning på hollandsk efter hollandske brancherapporter.

Resultaterne er sammenfattet i Tabel 3.9, og de vigtigste resultater i relation til emnet for denne undersøgelse er yderligere omtalt i det følgende.

Resultaterne af de udenlandske undersøgelser vil blive yderligere diskuteret i relation til de udvalgte danske arbejdspladser i kapitel 5.

Professionelle chauffører i London

En igangværende britisk undersøgelse “Diesel Mitigation Study (DeMIST)” har undersøgt eksponering af 150 professionelle chauffører i London på tværs af en række sektorer (Mudway, 2019). Der er indtil videre kun præsenteret foreløbige resultater, men disse omtales her, fordi der findes meget få nyere målinger af udsættelse af denne gruppe af arbejdstagere. Eksponeringen blev målt som black carbon (BC), og målinger blev foretaget med microaethalometer MA300/350. I løbet af den periode, hvor målingerne foregik, var gennemsnitskoncentrationen på en befærdet gade i London $2,5 \pm 1,8 \mu\text{g BC}/\text{m}^3$, og det gennemsnitlige baggrundsniveau i London var $0,8 \pm 0,7 \mu\text{g BC}/\text{m}^3$ (angivet i Lim et al., 2019, som omtaler samme resultater). Disse værdier repræsenterer døgn gennemsnit, og koncentrationerne midt på dagen vil være væsentligt højere, hvilket betyder, at arbejdstagere, der arbejder i bymidten om dagen, vil være udsatte for væsentligt højere koncentrationer. Koncentrationen på den befærdede gade var, selv når der tages højde for, at koncentrationen af black carbon er lidt højere end koncentrationen af elementært kulstof, mere end dobbelt så høj, som den målte koncentration på H.C. Andersens Boulevard i København i 2018 (se afsnit 4.1). I gennemsnit var chaufførerne udsat for $4,1 \mu\text{g BC}/\text{m}^3$ når de kørte, hvilket var 4 gange højere end niveauet, når de var hjemme ($1,1 \mu\text{g BC}/\text{m}^3$) og væsentligt højere end de målte døgn gennemsnit på en befærdet gade. Det er ikke beskrevet, om gennemsnit repræsenterer AM eller GM, men antages at være AM da standardafvigelsen angives. De højeste koncentrationer blev fundet hos taxachauffører, som, når de kørte, var udsatte for en gennemsnitskoncentration på $6,5 \mu\text{g BC}/\text{m}^3$ (s.d.: $5,8 \mu\text{g BC}/\text{m}^3$), mens gennemsnitskoncentration, når de ikke kørte, var på $4,2 \mu\text{g BC}/\text{m}^3$ (s.d.: $4,2 \mu\text{g BC}/\text{m}^3$). Lidt lavere gennemsnitskoncentrationer blev fundet for renovationsarbejdere og ansatte i kurerservice. Dog ser det ud til, at forskellene mellem disse erhvervsgrupper ikke er statistisk signifikant. De laveste gennemsnitskoncentrationer blev fundet for arbejdstagere fra forsyningsvirksomheder og redningspersonale, hvor gennemsnitskoncentrationen under kørsel var på $3,0 \mu\text{g BC}/\text{m}^3$ for begge grupper, mens den, når der ikke kørtes, var på henh. 1,3 og $1,5 \mu\text{g BC}/\text{m}^3$. Gennemsnitskoncentrationen var højere når vinduet var åbent, end når det var lukket; 5,1 mod $3,1 \mu\text{g BC}/\text{m}^3$ for alle målinger, når outliers var fratrukket. Koncentrationerne var særligt høje i tunneler og kunne resultere i forhøjede koncentrationer i kabinen de efterfølgende 20-30 mi-

nutter. Taxachauffører, der kørte hybridbiler, var i gennemsnit udsatte for omkring halvt så høje koncentrationer, som chauffører, der kørte i dieselbiler, hvilket viser, at chaufføren også er udsat for udstødning fra egen bil. Forfatterne konkluderer, at det har betydning for eksponeringsniveauet om vinduet er åbent, om ruterne går gennem tunneller og hvilket drivmiddel, der anvendes på køretøjet.

Bygge- og anlægssektoren i Holland

Der har de senere år i Holland været stor opmærksomhed på at nedbringe udsættelsen for dieseludstødning i bygge- og anlægssektoren. En rapport udarbejdet af sektorforskningscentret Vlandis i samarbejde med en række organisationer i bygge- og anlægssektoren sammenfatter en række undersøgelser af eksponeringskoncentrationer (Vlandis, 2018).

En række resultater af målinger i sektoren er angivet nedenfor. Det er angivet, at målingerne er foretaget over 8 timer. Der er, hvis andet ikke er angivet, tale om personbårne målinger. Resultaterne er sammenfattet af det hollandske videntcenter for arbejde og lungelidelser (NKAL). Det er ikke angivet, hvornår målingerne er foretaget, men i følge personlig kommunikation med Vlandis, er målingerne fra perioden 2014-2016. Bemærk at lægningen af asfalt foregår i en tunnel, hvor der må forventes højere koncentrationer end ved arbejde i fri luft. Ligeledes foregår betonarbejdet i et telt.

Tabel 3.7 Målinger af EC ved bygge- og anlægsarbejder i Holland; 8-timers TWA. (Vlandis, 2018) Målingerne er fra perioden 2014-2016 (personlig kommunikation med Vlandis).

Type af arbejde	Arbejde, der udføres	Arbejdsfunktion	µg EC/m ³
Fundering (virksomhed 1)	På en ponton er en funderings-maskine Volvo EC250 D. Den er omkring 2 år gammel og har en motor i henhold til Euro 4-emissionsstandard med diesel partikelfilter. Maskine slukkes i pauser eller ventetider. Kabine med konditioneret luft under overtryk, men dørene er altid åbne. I nærheden af pontonen findes en anden ponton med en ældre funderingsmaskine. Slæbebåde bruges til at flytte pontonen.	Operatør af funderings-maskine	1,1
		Medarbejder i umiddelbar nærhed af maskinen	< DL
Fundering (virksomhed 2)	I en byggegrube tæt på åbent vand og dermed med stærk vind er der 2 funderings-maskiner. Den ene er en fra 1999 med en 1 år gammel motor. Den anden er fra 2009 og står ti meter fra den første. Der er også 2 gravemaskiner. Dørene til funderings-maskinerne og gravemaskinerne er åbne. Den ældre funderings-maskine har ikke en overtrykskabine, det har de andre maskiner. På afstand er der en gravemaskine og to roterende betonblandere. Ny beton leveres hver time med lastbil.	Operatør funderings-maskine	8,7
		Medarbejder i umiddelbar nærhed af maskinen	2,9
		Gravemaskineoperatør omkring (gammel) funderings-maskine	5,9
		Operatør (ny) fundering-maskine	6,0
Nedrivning	En bygning rives ned i centrum af en landsby ved hjælp af en nedrivningsmaskine fra 2007 uden partikelfilter. Vinduet i kabinen under	Operatør nedrivningsmaskine	1,3
		Medarbejder i umiddelbar nærhed af maskinen	<DL

Type af arbejde	Arbejde, der udføres	Arbejdsfunktion	µg EC/m ³
	tryk er åbent. På den anden side af bygningen er en nedrivningsgrave-maskine fra 2011 med partikelfilter.	Medarbejder i umiddelbar nærhed af maskinen	<DL
		Medarbejder (projektleder), som arbejder i nærheden af begge maskiner	1,8
Betonarbejde i et opvarmet telt	Målingerne foretages over 2 dage. Arbejdet udføres i et opvarmet telt på en motorvejsbro. Det involverer nivellering af beton og derefter dækning af den nylagte beton med folie. Dørene til teltet er lukket 95% af tiden, og åbnes kun, når lastbilerne kører ind og ud. Medarbejdere har ingen faste pauser, de spiser og drikker ved siden af de maskiner, der fortsætter med at køre kontinuerligt. Lastbiler med beton kører frem og tilbage. Mens beton hældes kører lastbilerne i tomgang. Der er også en gravemaskine der kører kontinuerligt. Gaffeltrucks kører hele tiden gennem teltet. Der er også asfaltkedler i teltet. Disse fyldes fra lastbil, der kører kontinuerligt.	Operatør af maskine der laver slip-forme	108,0 53,3
		Maskinist foliemaskine	30,2 18,3
		Medarbejder, der arbejder i nærheden af maskinerne	137,1 42,9
		Stationær måling i udetelt	5,0 3,3
Asfaltering i en tunnel	Asfalteringsarbejdet finder sted i et tunnelrør under konstruktion. I starten er der en forsinkelse på grund af en uophørlig koncentration af udstødningssasser i tunnelrøret (tunnelrøret blå af røg). Først efter gasserne er trukket ud igangsættes arbejdet. Der arbejdes i 2 grupper. Én gruppe arbejder med en grader for at udjævne asfalten. En lastbil og en tromle kører med. Den anden gruppe arbejder omkring en asfaltmaskine. Tunnelrøret er 2 kilometer langt, 10 meter bredt og 4,5 meter højt.	Medarbejder, der arbejder på grader	26,4
		Medarbejder, der arbejder omkring grader	12,6
		Arbejder, der arbejder på asfaltmaskine	7,8
		Medarbejder, der arbejder omkring asfaltmaskine	4,3
		Stationær måling	21,7

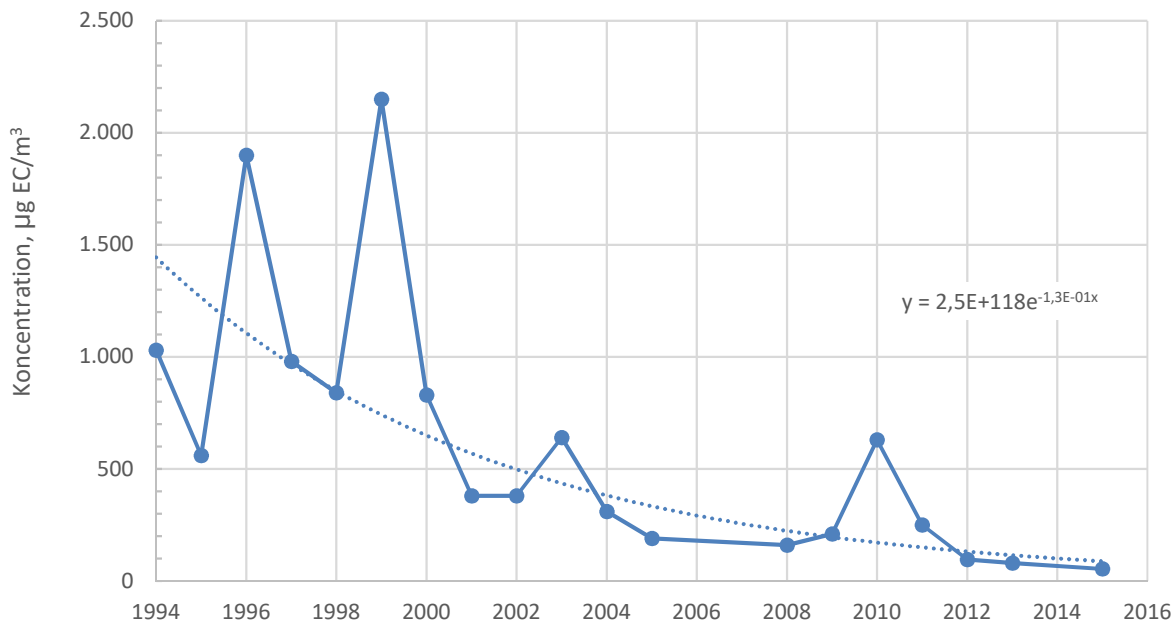
Rapporten angiver desuden resultater af en undersøgelse hvor der i 6 målinger i nærheden af en pladevibratør er fundet koncentrationer varierende fra < 30 µg EC/m³ til 66 µg EC/m³, men omstændighederne omkring målingerne er ikke nærmere beskrevet.

Bygge- og anlægssektoren i Tyskland

Byggeriets brancheorganisation i Tyskland (Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft, BG BAU) indsamler data om eksponering for dieseludstødning ved bygge- og anlægsarbejder i Tyskland. Nogle af disse data er sammenfattet i en publikation fra 2018 (BG BAU, 2018).

Udviklingen i koncentrationen af dieseludstødning i luften ved tunnelarbejder viser et markant fald i koncentrationen af elementært kulstof fra 1990'erne, hvor 95% fraktilen var i størrelsen 500 - 2.200 µg

EC/m³ til 2015, hvor 95% fraktilen var på 54 µg EC/m³ (se Figur 3.1). De målte værdier i 2015 varierede fra 3,5 til 67,5 µg EC/m³. Det fremgår ikke af rapporten, om der er tale om målinger med stationært eller personbåret udstyr. Faldet reflekterer de faldende emissioner fra maskiner som konsekvens af indførslen af stadig strengere krav til køretøjer og ikke-vejgående maskiner (nærmere omtalt i afsnit 0).



Figur 3.1 *Udviklingen i 95% fraktil koncentrationen af dieseludstødning i luften ved tunnelarbejdspladser i Tyskland (BG BAU, 2018). Eksponentielt fit til data indsat på figur i nærværende undersøgelse.*

For at fjerne de store udsving mellem de enkelte år, er der på basis af måledataene her foretaget en beregning af det eksponentielle fald, der bedst fitter til data. Et eksponentielt fald fitter betydeligt bedre end et lineært fald. Den beregnede funktion illustrerer udviklingen i koncentrationerne, og kan bruges ved bedømmelse af ældre data, hvor kilderne er dieseldrevne køretøjer. Ud fra disse beregnede værdier vil niveauet i 2023 eksempelvis svare til ca. 18% af 2010 niveauet og 5% af 2000 niveauet. Hvis det antages, at faldet skyldes brug af køretøjer og maskiner med gradvist mindre udledninger, skulle man forvente et tilsvarende fald på veje med stor belastning af elementært kulstof fra køretøjer. For perioden 2010 til 2018 findes der data for udviklingen i udendørskoncentrationen i Danmark, som er omtalt i afsnit 4.1. Hvis det antages, at forskellen mellem koncentrationerne på H.C. Andersens Boulevard i København og baggrundskoncentrationen i Risø skyldes udslip fra dieselkøretøjer, kan det beregnes, at bidraget fra dieselkøretøjer på H.C. Andersens Boulevard i 2018 svarede til 38% af bidraget i 2010. Hvis ovenfor nævnte eksponentialfunktion anvendes fås, at 2018 bidraget svarer til 35% af 2010 bidraget. Dette understøtter, at funktionen rimeligt godt beskriver udviklingen i koncentrationerne af dieseludstødning som funktion af stadig mindre udslip fra køretøjer.

Tabel 3.8 *Beregnete 95% fraktiler for eksponering ved tunnelarbejder baseret på eksponentielt fit af data fra BG BAU, 2018.*

År	Beregnet 95% fraktil, µg EC/m ³	% af 2010 niveau
2000	751	378%
2005	386	194%
2010	199	100%

År	Beregnet 95% fraktil, µg EC/m ³	% af 2010 niveau
2015	102	51%
2018	69	35%
2020	53	26%
2023	35	18%

Øvrige data fra rapporten er angivet i Tabel 3.9. Det er angivet, at målingerne enten kan være stationære eller med personbåret udstyr, men der er for de enkelte datasæt ikke angivet, hvilken type målinger de repræsenterer. Det er i artiklen angivet, at koncentrationer anses som gennemsnitkoncentrationer for et helt skifte. Målingerne blev generelt foretaget med maskiner uden dieselpartikelfilter.

Hollandske undersøgelser af autoværksteder

I en hollandsk undersøgelse af udsættelse af arbejdstagere for dieseludstødning blev der foretaget målinger fire på hinanden følgende år i serviceværksteder til henh. personbiler og lastbiler (Bakker, 2010). Arbejdet i værkstederne omfattede eftersyn, reparation, vedligeholdelse og service. Der blev ikke fundet nogle signifikante forskelle mellem årene, så kun de nyeste data fra 2010 er gengivet i denne rapport. I værkstederne til personbiler var gennemsnittet (AM) i 2010 16,0 µg EC/m³, mens 95% fraktilen var 32,2 µg EC/m³. De tilsvarende værdier i lastbilværkstederne var 9,0 µg EC/m³ og 26,4 µg EC/m³. Den frivillige hollandske branchenorm er i dag 7,0 µg EC/m³¹⁵.

I en anden undersøgelse fra 2012, som vedrørte værksteder specialiseret i pladearbejde på biler blev der i 6 måleserier i 4 værksteder fundet middelværdier som varierede fra 7,7 til 11,0 µg EC/m³ (Bakker, 2012).

Landmænd i USA

Stapleton et al. (2018) målte eksponering for dieseludstødning af 16 landmænd i Iowa, USA. Koncentrationen er angivet som black carbon, som sædvanligvis vil være 10-15% højere end koncentrationen af elementært kulstof. Landmændenes daglige eksponering (målt som geometrisk middelværdi af en række dagsmålinger) varierede fra 0,1 til 2,3 µg BC/m³, med en median middel på 0,3 µg BC/m³. Der sås en klar sammenhæng mellem den samlede eksponering og nærheden til dieseldrevne landbrugsmaskiner og relativt høje niveauer i høstperioden. Indendørs aktiviteter, hvor personen var tæt på dieseldrevne maskiner, resulterede i de højeste koncentrationer (18 µg BC/m³). Brug af landbrugsmaskiner med åbent førerhus resulterede i højere værdier end brug af maskiner med lukket førerhus (henholdsvis 2,1–3,2 og 0,4–0,9 µg BC/m³). Landbrugsmaskiner har i Danmark generelt lukket førerhus med mindre det er historiske traktorer.

Portvagter i Canada

Debbia et al. (2016) undersøgte portvagter ved to indkørsler til havnen i Montreal, Canada. Der kørte omkring 2.500 containerbiler gennem de to indkørsler om dagen, og hver portvagt modtog i gennemsnit 400-600 lastbiler om dagen. Den gennemsnitlige koncentration over en arbejdsdag varierede fra 0,7 til 4,0 µg EC/m³ med et gennemsnit (AM) på 1,8 µg EC/m³. Den højeste målte værdi er således mindre end en grænseværdi på 5 µg EC/m³ men højere end 1 µg EC/m³.

¹⁵ Terugdringen van DME. Een gezonde zaak. <https://www.oomt.nl/terugdringen-van-dme/>

Udrykningskøretøjer i Tyskland

Hebisch et al. (2017) har undersøgt eksponering for dieseludstødning i garager til udrykningskøretøjer i Tyskland. I undersøgelsen er der foretaget stationære målinger af indeluften i garagerne med brug af køretøjer der lever op til forskellige krav til emissioner fra dieselskøretøjer (kravene nærmere omtalt i afsnit 0). Målebetingelserne blev defineret ud fra worst-case scenarier, dvs. køretøjerne holdt i tomgang i 30 – 90 min¹⁶. Sådan en situation kunne i følge undersøgelsen eksempelvis forekomme, når bremseanlægget skal vedligeholdes. I nogle tilfælde blev der også gennemført ind- og udkørsler af køretøjer, typisk 10 – 15 ind- og udkørsler i løbet af måleperioden. Der er foretaget målinger med og uden brug af udsugning, mens et enkelt køretøj var i brug. Der var stor forskel i udsugningsudstyret i de enkelte garager. I nogle ældre garager fandtes der udsugningskanaler på væggen(-e) eller i gulvet, mens nyere garager benyttede sig af udsugning, der kan monteres på udstødningen og således følger med under ind- og udkørsler¹⁷. I enkelte garager stod to udrykningskøretøjer i forlængelse af hinanden, således at der opstod en udluftning "på tværs", når portene på begge sider af garagen blev åbnet. Denne type af udluftning viste sig at kunne være effektiv, eksponeringskoncentrationerne afhang dog meget af vindforholdene. Resultaterne viser også, at koncentrationen uden udsugning er væsentlig højere ved brug af køretøjer der lever op til Euro I - III normerne end ved brug af nyere køretøjer. Med udsugning er koncentrationerne uafhængig af, hvilke krav køretøjerne lever op til. Med køretøjer der lever op til Euro IV - VI normerne er effekten af udsugning begrænset. Dataene indikerer, at baggrunds niveauet, som må skyldes dieseludstødning i udeluften eller andre kilder end udrykningskøretøjerne, er i størrelsen 13 - 17 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$, hvilket er 10 gange højere end målt i Danmark på befærdede gader.

Tunnelaktiviteter i Storbritannien

Galea et al. (2015) målte koncentrationen af elementært kulstof ved to aktiviteter i tilknytning til etablering af en tog tunnel under London: støbning af betonforing og arbejde med tunnel-boremaskine. Beton-elementer transporteredes til arbejdsstedet med dieseldrevne 'Schoma CHL-200G' lokomotiver (udstyret med partikelfilter og katalytisk converter). Gennemsnitskoncentrationerne (GM, 8-timers vægtet gennemsnit) varierede mellem de enkelte arbejdstagere fra 18 til 54 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$ ved støbning af betonforing, mens den ved arbejde med boremaskiner varierede fra 3 til 6 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$. Gennemsnit for hver af grupperne af arbejdstagere er ikke angivet.

Olie- og gasudvinding i USA og Mexico

Esswein et al. (2018) målte udsættelse af arbejdstagere, som arbejdede i nærheden af dieseldrevne maskiner, som blev anvendt i tilknytning til landbaseret olie- og gasudvinding i USA og Mexico i perioden 2008-2012. Målinger med personbåret udstyr blev foretaget på tre på hinanden følgende dage og omfattede 25 forskellige jobfunktioner. Koncentrationerne (8-timers vægtet gennemsnit) varierer fra 0,1 til 52 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$ med en middelværdi (AM) på 10 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$. Middelværdier for jobfunktioner inden for service, boreaktiviteter, og hydraulisk fraktionering var henh. 5,4, 7,4 og 11,9 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$. Resultaterne illustrer niveauer som kunne forventes ved udendørsaktiviteter for ca. 7-11 år siden, på arbejdspladser, hvor der var en intensiv brug af dieseldrevne køretøjer og maskiner.

¹⁶ Sådan en situation kunne i følge undersøgelsen eksempelvis forekomme, når bremseanlægget skal vedligeholdes.

¹⁷ Ideelt set påsættes denne udsugningstype inden køretøjet bakkedes på parkeringspladsen. Ved udrykning slipper udsugningen automatisk, så snart køretøjet har forladt garagen.

Tabel 3.9 Sammenfatning af nyere udenlandske målinger af eksponering til dieseludstødning i arbejdsmiljøet

Sektor/proces	Parameter	Opsamlingstid, måde **	n *	Eksponeringsniveau ($\mu\text{g EC}/\text{m}^3$)				Land	År	Kilde
				Aritmetisk gennemsnit (AM)	Geometrisk gennemsnit (GM)	Anden statistisk parameter				
Byggeri og anlæg Ramningsmaskiner og vibrationsplader i render udendørs	EC	1 t, PE + ST	31 (m)	i.a.	i.a.	Median 95% fraktil	270 1.510	Tyskland	2003, 2004	BG BAU, 2018
Vibrationsplader i 2 m dyb rende udendørs	EC	1 t, PE + ST	1 (m)	3,5	i.a.	-		Tyskland	2010	
Vibrationsplader i 2 m dyb og 1,5 m bred rende udendørs	EC	1 t, PE + ST	12 (m)	i.a.	i.a.	Median 95% fraktil	47 78	Tyskland	2011-2014	
Byggemaskiner og køretøjer i jordniveau udendørs	EC	1 t, PE + ST	39 (m)	i.a.	i.a.	Median 95% fraktil	19 43	Tyskland	1994-2016, primært 2010/2011	
Byggemaskiner i skakte eller gruber >100 m ²	EC	1 t, PE + ST	31 (m)	i.a.	i.a.	Median 95% fraktil	19 45	Tyskland	2008-2014	
Fræsning af asfalt udendørs	EC	1 t, PE + ST	16 (m)	i.a.	i.a.	Median 95% fraktil	< DG < DG	Tyskland	2017 og før	
Byggekøretøjer med Eure 5 motorer i tunneler og haller	EC	1 t, PE + ST	27 (m)	i.a.	i.a.	Median 95% fraktil	19 41	Tyskland	2011-2018	
Fundering	EC	8 t, PE	2 (p)	1,1	i.a.	Min-max	< 1- 1,1	Holland	2014-2016	Vollandis, 2018 ****
Fundering	EC	8 t, PE	4 (p)	5,9	i.a.	Min-max	2,9- 8,7			
Nedrivning	EC	8 t, PE	4 (p)	1,3	-	Min-max	< 1-1,8			
Betonarbejde i telt	EC	8 t, PE	3 (p)	65	-	Min-max	18,3 - 137,1			

Sektor/proces	Parameter	Opsamlingstid, måde **	n *	Eksponeringsniveau ($\mu\text{g EC}/\text{m}^3$)				Land	År	Kilde
				Aritmetisk gennemsnit (AM)	Geometrisk gennemsnit (GM)	Anden statistisk parameter				
Tunnelarbejde										
Tunnelarbejde	Respirabelt EC	i.a. ST + PE	i.a.	i.a.	2,6	10-90% fraktil	1,6-7,3	Sverige	2016	Hedmer et al., 2017
Tunnelarbejde	EC	i.a.	i.a.	i.a.	37,8	-	-	Norge	2018	Berlinger et al., 2019
Tunnelarbejde, sprøjtestøbning betonforing	EC	8 t, PE	25 (p)	i.a.	i.a.	Min-max (GM pr. person)	18-54	UK	2014	Galea et al., 2015
Tunnelarbejde, tunnel boremaskine aktiviteter	EC	8 t, PE	20 (p)	i.a.	i.a.	Min-max (GM pr. person)	3-6	UK	2014	
Tunnelarbejde	EC	i.a.	14 (m)	i.a.	i.a.	95% fraktil	54	Tyskland	2015	BG BAU, 2018
Asfaltering i tunnel	EC	8 t, PE	4 (p)	12,8	-	Min-max	4,3 - 26,4	Holland	2014-2016	Volandis, 2018 ****
Lufthavne										
Bagagehåndtering i lufthavn	EC	i.a.	i.a.	i.a.	2,7	i.a.	i.a.	Norge	2018	Berlinger et al., 2019
Bagagehåndtering i lufthavn	EC	fuldt skifte, PE	54	i.a.	3,3	90% fraktil Min-max	5,9 0,9-81	Norge	2012	Berlinger, 2013
Bagagehåndtering lufthavn	EC	fuldt skifte, PE	54	i.a.	2,1	90% fraktil min-max	5,2 0,5-6,7	Norge	2013	
Værksteder										
Serviceværksteder, personbiler	EC	7-8 t, PE	21 (m)	16,0	15,3	95% fraktil	32,2	Holland	2010	Bakker, 2010
Serviceværksteder, lastbiler	EC	7-8 t, PE	12 (m)	9,0	8,3	95% fraktil	26,4			
Karosseriværksteder	EC _{res}	7-8 t, PE	6 (p)	8,9	-	Min - max	7,7-11,0	Holland	2011/2012	Bakker, 2012

Sektor/proces	Parameter	Opsam- lingstid, måde **	n *	Eksponeringsniveau (µg EC/m ³)				Land	År	Kilde
				Aritmetisk gennemsnit (AM)	Geometrisk gennemsnit (GM)	Anden statistisk parameter				
Chauffører og andre der arbej- der i midtbyzoner										
Taxachauffører	BC	fuldt skifte, PE	73	6,5 (k) 4,2 (ki)	i.a.		5.8 (k) 4.2 (ki)	UK	2019	Mudway, 2019
Kurerer	BC	fuldt skifte, PE	55	5.1 (k) 2.8 (ki)	i.a.	s.d.	4.6 (k) 2.7 (ki)			
Fjernelse af byggeaffald	BC	fuldt skifte, PE	67	4.5 (k) 2.3 (ki)	i.a.	s.d.	3.8 (k) 3.2 (ki)			
Renovation	BC	fuldt skifte, PE	66	4.4 (k) 2.9 (ki)	i.a.	s.d.	4.0 (k) 3.8 (ki)			
Bygge/anlæg	BC	fuldt skifte, PE	11	3.4 (sam- let)	i.a.	s.d.	3.2 (samlet)			
Forsyningselskaber	BC	fuldt skifte, PE	32	3.0 (k) 1.3 (ki)	i.a.	s.d.	3.0 (k) 1.2 (ki)			
Udrykningskøretøjer	BC	fuldt skifte, PE	123	3.0 (k) 1.5 (ki)	i.a.	s.d.	2.5 (k) 1.8 (ki)			
Tung fragt	BC	fuldt skifte, PE	31	2.1 (sam- let)	i.a.	s.d.	2.6 (samlet)			
Andet										
Åben mine	EC	i.a.	i.a.	i.a.	1,2	i.a.	i.a.	Finland	2016	Linnainmaa et al., 2016
Lagerhaller i produktionsvirksom- heder	EC	fuldt skifte, PE	10	13		Median Min-max	12 1,5-38	Finland	2008- 2015	Työterveyslaitos, 2015
Landbrug	BC	7 t, PE	16 (p)	i.a.	i.a.	Median dag- lig GM	0,3 0,2 - 11,3	USA	2015	Stapleton et al., 2018

Sektor/proces	Parameter	Opsamlingstid, måde **	n *	Eksponeringsniveau ($\mu\text{g EC}/\text{m}^3$)				Land	År	Kilde
				Aritmetisk gennemsnit (AM)	Geometrisk gennemsnit (GM)	Anden statistisk parameter				
						Min-max (personlige AM værdier) Min-max (personlige GM værdier)	0,1 - 2,3			
Portvagter på containerhavn	EC	> 6 t, PE	6 (p)	1,8	1,6	min - max	0,7 - 4,0	Canada	2013	Debbia et al., 2016
Olie/gas sektoren <i>Færdiggørelse</i>	EC		30 (m)	18,5	9,5	95% konfidensinterval	5,3-17	USA	2008-2012	Esswein et al., 208
<i>Boreoperationer</i>	EC		21 (m)	16,2	11,0	95% konfidensinterval	7,2-17			
<i>Service</i>	EC		4 (m)	8,4	4,4	95% konfidensinterval	0,4-47			
Brandstationer Garage (Eng; engine bay)	EC	10 t	8 (lok)			min-max	1-26	Australien	2016	Bott et al., 2017

* n angiver enten (p): antal personer undersøgt, (m): antal målinger, hvor det ikke er angivet antal personer eller (Lok): antal lokaliteter, hvor der er foretaget målinger.

** PE: personlig; ST: Stationær; DG: Detektionsgrænse for anvendte analysemetode

*** Antal skifte. Hver arbejdstager er typisk repræsenteret af 3 skifte.

**** Gennemsnit for flere arbejdsfunktioner beregnet ud fra grunddata oplyst i originalen. Værdier < DG regnet som $1 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$, som er oplyst at være DG.

k: kører; ki: kører ikke. Det er ikke oplyst, hvor stor en del af dagen, der køres – samlet 8-timers TWA vil lille mellem de to værdier.

i.a.; ikke angivet

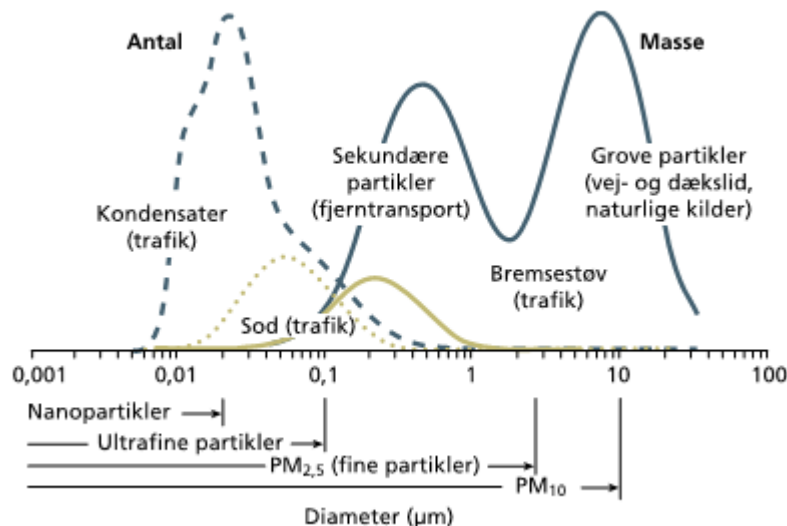
4 Baggrundsbidrag fra udeluft

Målinger af luftkvaliteten i Danmark har primært været fokuseret på de miljø- og sundhedsskadelige partikler, hvortil en grænseværdi eller et krav om monitoring, er etableret (omtales senere).

Den europæiske grænseværdi for dieseludstødning i arbejdsmiljøet, som finder anvendelse fra den 21. februar 2023, bliver det første regulatoriske krav, som vedrører elementært kulstof (EC). Det skal dog nævnes i denne kontekst, at denne grænseværdi ikke er vedr. overordnede luftforurenende komponenter, men specifikt i forhold til arbejdsmiljøet.

Der er kun fundet få datasæt indeholdende målinger af udeluftens koncentration af EC i litteraturgennemgangen. Derimod er koncentrationer i udeluften målt for PM_{2.5} og PM₁₀ igennem en lang årrække.

Fordelingen af partikler på en trafikeret gade fremgår på Figur 3 (bemærk at x-aksen er logaritmisk).



Figur 4.1. Typisk størrelsesfordeling af partikler på en trafikeret gade. Bemærk at x-aksen er logaritmisk. PM_{2.5} og PM₁₀ er partikler under henholdsvis 2,5 µm og 10 µm. De stiplede kurver viser fordelingen af partiklerne målt som antal. De fuldt optrukne kurver viser den samme fordeling målt som masse. Sodpartiklerne fra trafikken (lys farve) har betydning for både den totale partikelmasse og det totale partikelantal. (Palmgren et al, 2009).

Af ovenstående figur fremgår fire størrelsesinddelinger, som partikler opdeles i: nanopartikler (< 20 nm er angivet på figuren, men det er almindeligt at bruge betegnelsen nanopartikler for partikler < 100 nm), ultrafine partikler (<100 nm, ofte også angivet nanopartikler), PM_{2.5} (fine partikler) og PM₁₀. EC bliver typisk målt som en andel af PM_{2.5} ved målinger af partikel-masse.

Væsentlige kilder til EC i udeluften i Danmark er lokale kilder, med de primære bidragsydere værende brændeovne og dieseldrøjetøjer. EC adskiller sig fra både fra PM_{2.5} og PM₁₀, da PM_{2.5} og PM₁₀ hovedsageligt stammer fra lang-transport, mens EC hovedsageligt stammer fra lokale kilder (Ellermann et al., 2019).

Som det fremgår af figuren, er hovedparten af sodpartiklerne inkluderet i gruppen af ultrafine partikler, men vægtmæssigt udgør partikler større end 100 nm langt den største andel af sodet.

4.1 Elementært kulstof i udeluften i Danmark

Luftmonitoring i Danmark udføres i henhold til internationale krav (se afsnit 0). Denne luftmonitoring og efterfølgende tekniske vurderinger mht. grænseværdier foretages af Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE) ved Aarhus Universitets Institut på vegne af Miljø- og Fødevareministeriet.

Under ovenstående program, er der i en længere årrække foretaget målinger af PM_{2,5} og PM₁₀, og siden 2010 er EC blevet målt på to målestationer, samt yderligere to fra 2015. Målingerne af EC er dermed foretaget ved fire målestationer fra 2015 (Nøjgaard et al., 2018). Placeringen og type af disse målestationer og koncentrationer i 2017 på stationerne fremgår af Tabel 4.1. Data for ultrafine partikler er ikke givet i Nøjgaard et al. (2018). I følge en anden undersøgelse fra DCE, var gadekonzentrationen på H.C. Andersens Boulevard som årgennemsnit omkring 11.000 UFP/cm³, bybaggrundskonzentrationen var på omkring 4.000 UFP/cm³ på H.C. Ørsted Institut, og den regionale koncentration på Lille Valby-Risø var på omkring 3.500 UFP/cm³ (Nøjgaard et al., 2017). Data for UFP repræsenterer intervallet 6 -110 nm /cm³. Niveaueet på H.C. Andersens Boulevard er blandt de højeste i København. En undersøgelse af en række trafikerede gader målte koncentrationen i myldretiden fra 8 til 9 om morgenen til 35.000 UFP/cm³ på H.C. Andersens Boulevard, mens koncentrationerne på en række trafikerede gader på Østerbro var i størrelsen 12.000 – 22.000 UFP/cm³ (Press-Kristensen og Møberg, 2019).

Tabel 4.1 Danske målestationer hvor DCE foretager målinger af elementært kulstof (som del af Overvågningsprogrammet for luftkvalitet i danske byer).

Geografisk lokalitet	Type af målestation	Resultater viser	Start	Årgennemsnit	
				µg EC/m ³ 2017 (Nøjgaard et al., 2018)	UFP 6 -110 nm /cm ³ 2016 (Nøjgaard et al., 2017) *
H.C. Andersens Boulevard (indre København)	Gademålestation	Luftforeningsniveauerne i stærkt trafikerede bygader. Målingerne er foretaget i ca. 2 m. højde.	2010	1,16	ca. 11.000
H.C. Ørsted Institut (København)	Bybaggrundsmålestation	Det generelle luftforureningsniveau i byerne. Målestationerne er placeret, så de ikke er direkte påvirket af udledningerne fra vejtrafikken i f.eks. en enkelt gade. Repræsenterer koncentrationsniveauet i tagniveau eller i en baggård eller park.	2015	0,33	ca. 4.000
Hvidovre	Forstadsmålestation	Luftforureningsniveauet i et parcelhusområde.	2015	0,39	ingen data
Risø	Landstation	Det generelle luftforureningsniveau uden for byerne, og hvor forureningen for en stor del stammer fra udenlandske kilder (dog ikke elementært kulstof).	2010	0,27	ca. 3.500

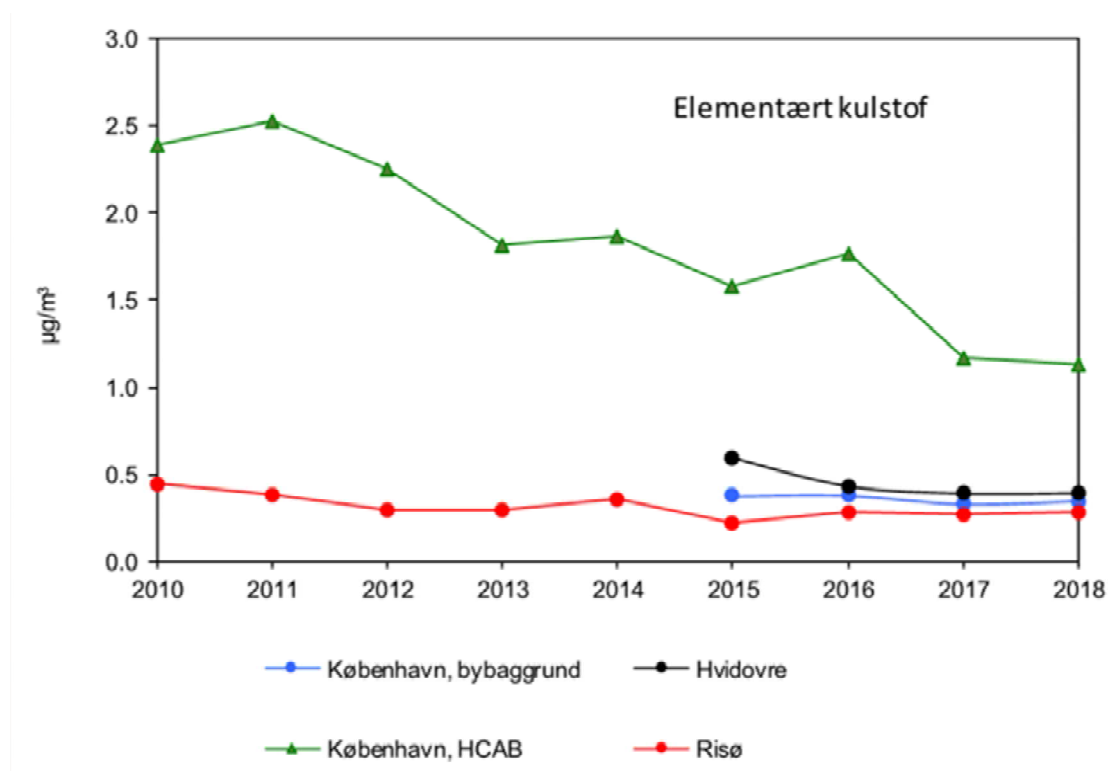
* Værdier er aflæst fra figurer, der angiver to dele af intervallet 6 -110 nm.

Ved brug af målinger fra Risø målestation i 2017 beregnede DCE, at 3% af den målte PM_{2.5} var EC. (Ellermann et al., 2018). Det vurderes dog, at der ikke kan laves en generel kemisk fordelingsratio, da fordelingsrationen af de forskellige partikelstørrelser, vil afhænge af fordelingen mellem specifikke kilder.

Af Figur 4.2 fremgår DCEs målinger af årsmiddelkoncentrationer af EC for de fire målestationer angivet i Tabel 4.1.

I årene 2010 til 2015, blev der foretaget målinger på H.C. Andersens Boulevard, København (HCAB), som er en gademålestation, samt Risø, som er en landstation. Målingerne fra 2010-2015 vurderes at afspejle kildebidraget fra henholdsvis trafikken (HCAB), samt kildebidrag fra flere kilder inkluderende, trafik, brændeovne og langtransport (Risø).

På målestationen, som afspejler kildebidraget fra trafikken (HCAB), er der i måleperioden, 2010-2018, sket en reduktion på omkring 53% af 2010 niveauet. Dette skyldes den gradvise udskiftning af køretøjer, som medfører mindre udledning jf. de europæiske standarder, som sætter krav til PM udledningen fra dieselmotorer samt påkræver partikelfiltre på nyere køretøjer. (De europæiske standarder er nærmere beskrevet i afsnit 0). For PM_{2.5}, hvor bidrag fra trafikken ikke udgør så stor del af kilderne på trafikerede gader, ses på HCAB et fald i perioden 2010-2018 på 25% altså markant mindre end for EC.



Figur 4.2 Udviklingstendens over perioden 2010 til 2018 for årsmiddelkoncentrationer af elementært kulstof (Ellermann et al., 2019).

I Risø, som vurderes at afspejle flere kildebidrag af EC, er der ligeledes sket et fald i perioden 2010-2018. Dette fald er dog mindre end faldet observeret på HCAB. Det samlede fald fra 2010 til 2018 er 39% (angivet i rapporten), men der ses faktisk en mindre stigning i perioden 2015 til 2018. Det mindre fald i Risø i forhold til HCAB, skal ses i lyset af den væsentlige lavere absolutte koncentration i Risø og et større bidrag fra andre kilder, især brændeovne.

Baggrundsbidraget i byen (København, bybaggrund), samt i forstaden (Hvidovre), er målt siden 2015. Ved målestationerne i bybaggrund og forstad ses ligesom på H.C. Andersens Boulevand et fald i koncentrationerne, men tidsserierne er korte og derfor usikre. Det forventede fald vil være meget afhængig af sammensætningen af kilderne til det elementære kulstof, der er i luften, idet faldet i emissionerne fra vejtrafik er større end i faldet fra flere andre kilder som eksempelvis brændeovne.

Der er ikke fundet data for koncentrationen af elementært kulstof i centrum af andre af landets større byer, men som det omtales andetsteds er koncentrationerne af ultrafine partikler i samme størrelsesorden som i Københavnsområdet.

Års- og dagsvariationer af EC

Værdierne, der fremgår af Figur 4.2, er årsmiddelværdier. Årsmiddelværdier er gennemsnit af målte EC koncentrationer for ét år. Med de væsentligste kilder værende trafik og brændeovne, må der derfor forventes, at der for områder, hvor brændeovne bidrager væsentligt, er store udsving i EC koncentrationer på et år. De målte EC koncentrationer ved Risø målestation er om vinteren typisk omkring $0,5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$, mens de laveste døgnmiddelkoncentrationer om sommeren var på $0,1\text{--}0,2 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$. Der ses spidsværdier i døgnmiddelkoncentrationer på $2\text{--}5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ (Nøjgaard et al., 2018). Der er i Nøjgaard et al., 2018 ikke angivet fraktiler for fordelingerne, men det fremgår af en figur, at der kun er få døgnmiddelværdier over $2 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$. Der er ingen tilgængelige data vedrørende eksponering ved arbejde udendørs eller ved kørsel i områder uden for bycentrene, og dermed ikke noget grundlag for at vurdere, hvor ofte et 8-times gennemsnit over en arbejdsdag vil kunne komme over henh. 5 og $1 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$. Da elementært kulstof uden for midtbycentre i høj grad stammer fra andre kilder end dieselmotorer, vil det ved en grænseværdi på $1 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ være af væsentlig betydning for en vurdering af, hvorvidt grænseværdien kan efterleves, om der kan skelnes mellem bidrag fra dieselmotorer og andre kilder.

Årsvariationen i døgnmiddelværdier i 2018 var mindre på HCAB end ved Risø målestation hvilket illustrerer den mindre variation i bidrag fra trafikken. Døgnmiddelværdier på HCAB var ca. 20% højere om vinteren end om sommeren (data fra årsrapport fra overvågningsprogrammet modtaget fra DCE til denne undersøgelse). Døgnmiddelværdier varierede over hele året på HCAB fra $0,31$ til $3,3 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ med en 95% fraktil på $2,0 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$.

Luftkoncentrationen af EC vil på lokaliteter med meget trafik variere over dagen som konsekvens af variationer i trafikintensiteten og vil generelt være højere om dagen end om natten. De eksisterende målinger angivet som døgnmiddelværdier vil derfor ikke være repræsentative for luftkvaliteten om dagen. Koncentrationen af EC på trafikerede gader kan groft regnes at være ca. dobbelt så høj om dagen som døgnmiddelværdien (Ellermann, personlig kommunikation, 2019). Det betyder, at en arbejdstager der i 2018 havde dagarbejde udendørs i områder med høj belastning (svarende til HCAB) i gennemsnit over året ville være udsat for en koncentration på ca. $2,2 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$. Hvis samme omregningsfaktor anvendes på døgnmiddelværdier fås en 95% fraktil på $4,0 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$, hvilket stadig er under den undersøgte grænseværdi på $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$, men væsentlig over værdien $1 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$. Dette omtales videre i afsnit 5.5, som vedrører taxa, bus- og lastbilchauffører, m.fl. der arbejder i midtbyzoner.

Fremskrivning

Der er ikke fundet fremskrivninger for udviklingen i koncentrationen af EC i udeluften.

Rapport om udvikling i luftkvalitet og helbredseffekter for 2020 og 2030 i relation til Miljø- og Fødevarerministeriets program for reduktion af luftforurening (NAPCP) indeholder fremskrivninger for de stoffer, som der er opstillet emissionsreduktionskrav for (Jensen et al., 2019). Dette omfatter ikke elementært kulstof eller black carbon. For $\text{PM}_{2,5}$ falder den gennemsnitlige gadekoncentration fra $13 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ i 2016 til $11 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ i 2020 og videre til $10 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ i 2030 i basisscenariet, men som omtalt ovenfor har faldet

i $PM_{2,5}$ i perioden 2008-2018 været væsentligt mindre end faldet i EC og der kan derfor ikke forventes nogen sammenhæng mellem udviklingen i koncentrationen af $PM_{2,5}$ og koncentrationen af EC.

Rapport fra DCE med fremskrivning af emissioner af SO_2 , NO_x , NMVOC, partikler og sod (2015-2030) indeholder fremskrivninger af emissioner af black carbon (Nielsen et al., 2017). Det forventes i undersøgelsen, at udskiftningen af ældre køretøjer med nyere, fortsat vil resultere i fald i den samlede emissioner af black carbon. Undersøgelsen fremskriver, at de totale emissioner af BC i perioden 2017-2030 vil falde med 28%. Transport udgjorde i 2016 18% af de samlede udledninger af BC, men det fremgår ikke, hvor meget af dette der udgøres af vejtrafik. Emissioner af BC fra vejtrafik vil falde med en højere rate end faldet i de samlede emissioner især i den første del af perioden. BC-emissionerne fra vejtrafik (kun udstødning) forventes at falde med 92 % i perioden 2017-2030 især pga. brugen af partikelfiltre for Euro 5-personbiler og varebiler samt Euro VI-lastbiler og busser (Nielsen et al., 2017). Emissionerne af EC fra vejtrafik er i følge fremskrivningen i 2025 på ca. 28% af niveauet i 2018 (aflæst fra figur). Man kan ikke umiddelbart omregne fra fremskrivninger af emissioner af BC til fremskrivninger af koncentrationer af BC i udeluften på forskellige lokaliteter, da udviklingen vil afhænge af sammensætningen af kilderne på de enkelte lokaliteter. På en meget trafikeret gade som H.C. Andersens Boulevard må det forventes, at udviklingen i emissionerne fra vejtrafik vil have stor indflydelse på udviklingen i koncentrationerne.

I mangel af fremskrivninger for EC i udeluften vil det antages, at faldet i koncentrationen i EC i udeluften indtil 2025 fortsætter med samme rate som i perioden 2010-2018. I så fald vil koncentrationen i 2025 på den befærdede gade H.C. Andersens Boulevard være på ca. 50% af koncentrationen i 2018. Ovenfor nævnte fremskrivninger af emissioner af BC fra vejtrafik kunne indikere, at faldet kunne være endnu større, men det er usikkert, hvor meget andre kilder (for hvilke faldet er mindre) bidrager til den samlede koncentration. Dette vil i mangel på mere præcise estimater anvendes som det bedste bud på udviklingen i koncentrationen i midtbyzoner. For områder uden for midtbyzoner vil der være en større andel af EC, som stammer fra brændeovne og andre kilder, og faldet i koncentrationen må forventes at være mindre.

4.2 Udeluftens bidrag til indemiljøet

Under litteraturgennemgangen blev der ikke fundet studier som undersøger udeluft-bidraget til indeluften i arbejdsmiljøer eller i private husstande opgjort som elementært kulstof. Flere studier undersøger kilder til partikler i indeluften i private husholdninger.

Partikelantallet i indeluft, samt væsentlige bidragskilder blev bl.a. undersøgt i projektet ”Frisk luft og mindre kemi i børneværelset” udført af det Økologiske Råd (nu Rådet for Grøn Omstilling) i 2016 (Det Økologiske Råd, 2016). Undersøgelsen har ikke målt koncentrationen af elementært kulstof men antallet af ultrafine partikler. Det konkluderedes, at de fleste af startmålingerne (inden opstart af forurenede aktiviteter inde i huset) viste at luften i børneværelserne og udeluften kun var diffust forurenede på et niveau af 2.000-5.000 UFP/cm³. Efterfølgende forurening af luften på børneværelserne under målingerne blev primært forårsaget af de forurenende aktiviteter inde i boligerne såsom madlavning og brug af stearinlys.

En undersøgelse af dieselforurening på Nørrebro og på Bispebjerg har målt koncentrationer af ultrafine partikler udendørs og i daginstitutioner, kontormiljø og boliger (Miljøpunkt Nørrebro, 2018). Målingerne er foretaget med måleapparatet P-Trak Ultrafine Particle Counter 8525, og der er ikke foretaget målinger af EC. Undersøgelsen demonstrerer lige som mange andre undersøgelser, at trafikken bidrager markant til øgede partikelkoncentrationer udendørs om dagen. Undersøgelsen indeholder flere målinger af effekten af at åbne vinduerne midt på dagen. I et undersøgt kontormiljø stiger koncentrationen fra om morgenen fra ca. 3.200 UFP/cm³ til 11.000 UFP/cm³ når vinduet åbnes ud mod morgentrafikken, mens der midt på dagen ses en stigning fra 5.600 UFP/cm³ til 7.900 UFP/cm³, når vinduet åbnes. I en undersøgt daginstitution er der om natten en koncentration på 2.500 UFP/cm³, som stiger til det firedobbelte, da vinduet åbnes

mod Jagtvej i myldretiden. Selvom det ikke er muligt præcist at omregne fra koncentrationen af UFP til koncentrationen af EC, understøtter resultaterne, nærværende undersøgelses antagelse om, at det især vil være arbejdstagere, der arbejder i stærkt forurenede udemiljøer, der vil være udsatte for baggrunds-niveauer af relevans i relation til en grænseværdi på $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$. Dette betyder ikke, at partikler i indemiljøet, som skyldes forurenede udeluft, ikke kan have sundhedsmæssige effekter, men dette er uden for rammerne af nærværende undersøgelse.

Overordnet vurderes det ud fra de tilgængelige data, at der primært kommer et bidrag fra udeluften til indemiljøet, når vinduerne er åbne, og at indendørs arbejdspladser i nærheden af trafikerede gader formentlig vil have niveauer af EC under $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$. Eksponering for høje baggrunds-niveauer i midtbyzoner vil primært vedrøre arbejdstagere, der arbejder udendørs eller kører i zonerne. Dette diskuteres videre i afsnit 5.5.

5 Beskrivelse af udvalgte typer af arbejdspladser

Dette kapitel indeholder beskrivelser af de otte typer af arbejdspladser, som er udvalgt af projektets følge-gruppe på basis af den indledende screening i rapporteret i kapitel 2. Resultaterne danner baggrund for analysen af erhvervsøkonomiske konsekvenser i kapitel 6. De udvalgte typer af arbejdspladseres repræsentativitet er nærmere diskuteret i afsnit 5.9.

Der er for tre grænseværdier på henh. 50, 5 og 1 µg EC/m³ angivet de vurderede behov for yderligere foranstaltninger for at efterleve grænseværdien. Foranstaltningerne er for alle tre værdier set i relation til, hvordan situationen ville være, hvis der ikke indføres en grænseværdi for dieseludstødning.

Der er i tilknytning til alle områder blevet indhentet oplysninger om antal arbejdstagere, som potentielt kan være udsatte for dieseludstødning, fra 3F og Dansk Metal, der også har bidraget med vurderinger af, hvor der vurderes at være størst risiko for udsættelse. Disse oplysninger er kombineret med oplysninger indhentet fra virksomheder og statistik. Der er desuden indhentet oplysninger fra tilsynsførende fra Arbejdstilsynet vedrørende autobranchen, bygge- og anlægssektoren og industrien. I de følgende afsnit nævnes, hvilke virksomheder eller organisationer der i øvrigt er etableret kontakt til.

5.1 Arbejdstagere involveret i reparation af tog

Der her i tilknytning til dette område været taget kontakt til DSB og Arriva Tog A/S.

Arbejdstagere involveret i reparation af tog	
Hvordan sker udsættelsen?	<p>Udsættelsen sker indendørs i forbindelse med reparation af dieseldrevne tog. Dieseludstødning kan afgives til luften i hallerne, når togene kører ind i eller ud af hallerne og i forbindelse med reparation og test af motorer.</p> <p>Reparation af dieseldrevne tog sker bl.a. på DSBs værksteder i København, Fredericia og Aarhus og på Arrivas værksteder i Struer og Varde, men der kan også ske mindre vedligeholdelsesarbejder på andre værksteder. DB Cargo, som står for transport af gods, får hovedsagelig repareret lokomotiver i udlandet.</p>
Typer af forskellige arbejdspladser med eksponering inden for den enkelte virksomhed	<p>Hovedparten af de udsatte medarbejdere arbejder i haller, hvor togene kører ind for at blive repareret. I princippet vil alle, der arbejder i hallerne, blive udsat for de generelle koncentrationer i hallerne, men der vil være særlig risiko for udsættelse, når man arbejder på gangbroer på højde med togenes udstødning.</p> <p>I forbindelse med test af motorer, der er fjernet fra togene, vil der kunne være en risiko for, at de medarbejdere, der foretager testene, kan blive udsatte.</p>
Eksponeringskoncentrationer og eksponeringstid	<p>Alle tilgængelige data er målt som ultrafine partikler. I mangel af andet, vil en omregning fra målinger af BC og UFP i en togvogn efter et dieseldrevet lokomotiv omtalt i afsnit 3.1.1 blive anvendt som omregningsfaktor. Hvis man tager højde for, at koncentrationen af BC typisk er 10% højere end koncentrationen af EC, kan der groft regnes med, at 18.000 UFP/cm³ svarer til 1 µg EC/m³. Denne omregning er usikker, men anvendes som bedste bud i mangel på målinger af EC.</p> <p>Som vist i afsnit 3.1.1 blev der i 2014 målt gennemsnitsværdier på 50.000 UFP/cm³ i hallerne på DSB værkstederne i Århus og Fredericia. De højeste værdier på 178.000 UFP målt på værkstedet Skydebrograven i København, men denne aktivitet er nu ophørt. De målte gennemsnitsværdier på 50.000 UFP/cm³ vil med opregningsfaktoren brugt her svare til ca. 2,8 µg EC/m³. Der er ingen statistiske data, der kan indikere forholdet mellem 95% fraktilen og middelværdien.</p> <p>Målinger fra 2015 viste, at koncentrationerne steg markant, når et tog kørte ind i hallen, eller hvis motoren blev startet inde i hallen, og at koncentrationerne i hallen ret hurtigt faldt til et grundniveau, der dog var langt over baggrundsniveauet (Karotti og Loft, 2015).</p>

	Arbejdstagere involveret i reparation af tog
	<p>Efter målingerne i 2015 er der for at efterleve arbejdsmiljøreglerne på alle DSB værkstederne etableret bedre udsugning over udstødningsrør fra togene (kraftigere og mere tætsluttende), og der er etableret bedre generel ventilation i hallerne. Dette har resulteret i mærkbart bedre luft i hallerne.</p> <p>Stationære målinger fra perioden 2016 til 2020, efter der er foretaget forbedret ventilation, viser en variation i målingerne (kan betragtes som 8-timers TWA) fra 3,600 til 46.000 UFP/cm³. Den højeste målte værdi vil, hvis ovennævnte omregningsfaktor anvendes, svare til ca. 2,5 µg EC/m³. De øvrige målte værdier er væsentligt under dette niveau, men en del værdier vil være over 1 µg EC/m³. Der er ingen værdier, som ville være over 10 µg EC/m³. Lige som det er tilfældet ved målingerne fra 2014, ses der markante spidser i koncentrationerne ved ind- og udkørsel af tog, men man kan også se forhøjede værdier, når tog kører i tomgang (under udsugning).</p> <p>Ved reparation af motorer er der tilsluttet en slange med udsug direkte til udstødningen, og der forventes ikke forhøjede niveauer. Test og indstilling af motorer, hvor der grundet trykforhold ikke kan bruges udsugningslange, foregår i lukkede rum, hvor operatøren er adskilt fra motorerne med en rude. Der har tidligere været problemer med, at trykforskelle resulterede i forhøjede koncentrationer af dieseludstødning i operatørrummet, men dette er nu løst med bedre tætning og styring af trykforholdene.</p> <p>Der foreligger ikke målinger af elementært kulstof eller ultrafine partikler i Arriva Togs værksteder. Reparation af motorer fjernet fra togene foregår ikke på værkstederne, men hos specialiserede virksomheder.</p>
Baggrundsniveau	Måleprogrammet fra 2015 viste, at niveauet i hallen i Århus centrum var på 3.000 UFP/cm ³ , hvis der ikke udførtes opgaver, som må betragtes som bidraget fra udeluften. Dette svarer til ca. 6% af gennemsnit målt i hallerne i 2014. Minimumværdier i værkstedet i Fredericia var mellem 1.000 og 10.000 UFP/cm ³ , men niveauet i hallen, når der ikke er udført opgaver, er ikke angivet. Baggrundsniveauet må derfor forventes at være væsentligt under 2,5 µg EC/m ³ , men det er ikke muligt at fastslå, om det også er under 1 µg EC/m ³ .
Tekniske foranstaltninger taget for at mindske udsættelsen	<p>Togsæt må kun køre ind på den motor, som er bagerst i køreretningen, for at undgå udledninger til den del af hallen, der er længst væk fra porten (DSB og Arriva Tog).</p> <p>Stærk udsugning der slutter tæt over udstødningsrør, hvilket mindsker den del af udstødningen, der går ved siden af udsugningen (DSB og Arriva Tog).</p> <p>Kraftigere generel rumventilation (luftskifte 4 gange i timen, DSB; ikke oplyst for Arriva Tog).</p> <p>Optimering af trykforhold i forbindelse med testkabiner (DSB, proces foregår ikke ved Arriva Tog).</p>
Organisatoriske foranstaltninger taget for at mindske udsættelsen	Instrukser og øget opmærksomhed på at sikre, at togsæt står rigtigt i forhold til udsugning. Opsatte skilte med retningslinjer f.eks. kun at køre ind på bagerste motor.
Planlagte yderligere foranstaltninger	<p>Det er for DSBs vedkommende planlagt at reducere koncentrationen af dieseludstødning i hallerne yderligere ved at undgå, at togene kører ind i og ud af hallerne for egen kraft. Der er indkøbt elektriske rangérmaskiner, som skal rangere togene ind i hallen. Grundet indkøringsvanskeligheder er disse endnu ikke taget i brug, men forventes at kunne bruges inden for den nærmeste fremtid. Der vil her regnes med, at disse rangérmaskiner er i brug inden en grænseværdi træder i kraft, og at dette vil resultere i koncentrationer væsentligt under 5 µg EC/m³.</p> <p>Der er ingen planer hos Arriva Tog om at anvende elektriske rangérmaskiner.</p> <p>De mest forurenende lokomotiver af ME typen er planlagt udfaset med udgangen af 2021, og antages at være udfaset inden en grænseværdi træder i kraft i 2023.</p>
Antal eksponerede pr. arbejdssted og virksomhed	Typisk mellem 50 og 400 pr. arbejdssted.
Antal eksponerede i hele landet	Der arbejder samlet 1.200-1.400 personer på DSBs værksteder. Hvis værksteder, hvor der kun repareres el-drevne tog fraregnes, er antallet 800-1.000. Hertil kommer 50-100 på Arriva Togs to værksteder. Antallet af medarbejdere på værksteder for andre operatører (privatbaner, m.fl.) er ikke undersøgt i detaljer,

Arbejdstagere involveret i reparation af tog	
	men vurderes at være et meget begrænset antal sammenlignet med antallet på DSBs værksteder. Det samlede antal arbejdstagere, der kan udsættes for dieseludstødning ved reparation af tog, vurderes at være 900 – 1.200.
Forventet udviklingstendens grundet ændringer i baggrunds niveauer og i styrken af kilder	Udskiftning af ME lokomotiverne med nye lokomotiver vil betyde en reduktion i kilderne (MR lokomotiver er udfaset og DB Cargo kører med nye MZ lokomotiver). IC3 og IC4 togene efterlever samme normer og begge med betydeligt lavere emissioner end ME lokomotiverne. Det samme gælder Arriva Togs togsæt. Med elektrificering af hovedbanestrækninger i Jylland forventeligt i slutning af 2020'erne vil der ske en mindskelse af antallet af dieseldrevne lokomotiver og togsæt.
Yderligere foranstaltninger, for at efterleve en grænseværdi på 50 µg EC/m ³	Ingen behov for yderligere foranstaltninger.
Yderligere foranstaltninger, for at efterleve en grænseværdi på 5 µg EC/m ³	DSB: Med de gennemførte forbedringer af udsugning og ventilation på værkstederne og det planlagte ophør af, at dieseldrevne lokomotiver og togsæt kører ind i hallerne, forventes niveauerne at være så lave, at der ikke vil være behov for yderligere foranstaltninger for at efterleve en grænseværdi på 5 µg EC/m ³ . Arriva Tog: Da der ikke foreligger målinger fra værkstederne, kan det ikke afvises at der vil være behov for yderligere generel ventilation eller udsugning for at efterleve en grænseværdi på 5 µg EC/m ³ .
Yderligere foranstaltninger, hvis der etableres en grænseværdi på 1 µg EC/m ³	Hvis der etableres en grænseværdi på 1 µg EC/m ³ vil der meget sandsynligt være behov for, at tog ikke kører ind ved egen kraft, men trækkes af eldrevet materiel, og en sådan løsning vil skulle implementeres på alle værksteder. Der vil muligvis også være behov for yderligere udsugning over udstødning, når motorerne afprøves og justeres inde i hallerne.

5.2 Arbejdstagere involveret i nyanlæg og reparationsarbejder i tog- og metrotunneller

Der har i tilknytning til dette område været taget kontakt til Metroselskabet, Sund & Bælt (Øresundsforbindelsen og Storebæltsforbindelsen), Banestyrelsen og entreprenører involveret i tunnelarbejder, men ikke modtaget oplysninger fra alle.

De største eksisterende tunnelanlæg er tunnelerne under Storebælt og Øresund, Københavns Metro, Boulevardbanen ml. Kbh. Hovedbanegård og Østerport Station og Nordhavnsvej i Kbh., som vurderes tilsammen at udgøre over 95% af den samlede længde af tunneler i Danmark. De kontaktede virksomheder dækker således tæt på 100% af den samlede længde af tunneller.

Det største igangværende nyanlæg er Kbh. Metro M4 til Sydhavn.

Arbejdstagere involveret i nyanlæg og reparationsarbejder o. lign. i tog- og metrotunneller	
Hvordan sker udsættelsen?	Udsættelse for dieseludstødning i forbindelse med arbejde i tunneller kan ske ved følgende situationer: Renoverings- og reparationsarbejde i tunneler, hvor der kører dieseldrevne tog eller er vejtrafik, mens arbejdet foregår. Reparation- og vedligeholdelsesopgaver i tunneller, hvor der anvendes dieseldrevet udstyr: <ul style="list-style-type: none"> - i togtunneller vil det primært dreje sig om dieseldrevne troljer - i motorvejstunneller vil det dreje sig om forskellige dieseldrevne maskiner Konstruktion af metro og andre tunneller, hvor der anvendes dieseldrevet udstyr.

Arbejdstagere involveret i nyanlæg og reparationsarbejder o. lign. i tog- og metrotunneller	
	Ved renoverings- og reparationsarbejde i eksisterende tunneler fjernes den dannede dieseludstødning typisk ved naturlig ventilation. De store tunneller som tunnellerne under Storebælt eller Øresund er udstyret med ventilatorer, som kan sættes i gang ved røgudvikling i tunnelen, men disse anvendes typisk ikke ved reparationsarbejder, da det er meget ubehageligt at arbejde i tunnelen, hvis ventilatorerne kører.
Typer af forskellige arbejdspladser med eksponering inden for den enkelte virksomhed	I princippet vil alle arbejdstagere der arbejder i tunneller, hvor der anvendes dieseldrevet udstyr eller kører dieseldrevne tog eller køretøjer, være udsatte. Ved reparation og vedligeholdelsesarbejder kan der være en række faggrupper, eksempelvis elektrikere og VVS'ere, som udfører opgaver i tunnelerne og dermed kan være udsatte. Der vil ligeledes være medarbejdere, der betjener forskelligt udstyr som eksempelvis troljer eller lifte, som vil være udsatte.
Eksponeringskoncentrationer og eksponeringstid	Der er kun fundet en enkelt stationær dansk måling af koncentrationen af BC ved vedligeholdelsesarbejder i en tunnel, som omregnet fra BC svarer til ca. 3.1 µg EC/m ³ . Da der kun er foretaget én måling, kan resultatet ikke vise om en grænseværdi på 5 µg EC/m ³ kan efterleves - og hvis standarden for efterlevelse anvendes, ville koncentrationen, når der kun foretages en enkelt måling, skulle være betydeligt lavere. Der måles typisk løbende for CO, CO ₂ og NOx. Tyske målinger fra tunnelarbejdspladser viser, at der er sket et markant fald i koncentrationerne, men at 95% fraktilen i 2015 stadig var på 54 µg EC/m ³ . Det er ikke nærmere beskrevet, hvilke typer af tunnelarbejder data repræsenterer, og om der er tale om nyanlæg eller reparationsarbejder. I en svensk undersøgelse af udsættelse ved konstruktionsarbejde i tunnel i 2016 var 90% fraktilen på 7,3 µg EC/m ³ . Også ved tunnelarbejde i Storbritannien, hvor der blev anvendt dieseldrevet materiel, blev der fundet relativt høje eksponeringskoncentrationer med maksimalkoncentrationer op til 54 µg EC/m ³ (se afsnit 3.2.2). De eksisterende undersøgelser viser alle, at de lavest målte koncentrationer (minimumværdier) er over 1 µg EC/m ³ ved arbejde i tunneller. Det er på basis af tilgængelige måleresultater usikkert, hvor ofte en 8-timers TWA vil kunne være over 5 µg EC/m ³ og den vil også meget vel kunne være over 10 µg EC/m ³ .
Baggrundsniveau	Der er ikke fundet resultater, der viser koncentrationen i tunneler, hvis der ikke anvendes dieseldrevet materialer, eller hvis tunnelen ikke anvendes af dieseldrevne køretøjer.
Tekniske foranstaltninger taget for at mindske udsættelsen	Tekniske foranstaltninger varierer mellem tunnelanlæggene. De omfatter brug af miljøvenlig diesel og eftermontering af filtre på troljer. I følge en artikel i Jernbanetidende fra 2014 har katalysator og filtre på troljer vist sig, at kunne reducere udledningerne fra en trolje med 96% ¹⁸ . Prisen var i 2014 ca. 0,5 mio. kr. for en trolje. (Jernbanetidende, 2014). I følge oplysninger fra Banestyrelsen er der monteret katalysatorer og filtre på et stort antal troljer så de lever op til Euro-6 normer, men renoveringen pågår stadig. Disse anvendes kun i begrænset omfang til reparationsarbejder i tunneller. BAU Transport og engros (2018a) vejledning om dieseludstødning i lukkede banerum angiver følgende tiltag (delvist citat): <ul style="list-style-type: none"> > I lukkede banerum bør der kun anvendes dieselmaskiner med partikelfiltre (wall-flow filtre eller tilsvarende), hvilket typisk kræver eftermontering af filtre på arbejdsmaskiner og andet dieseldrevent udstyr.

¹⁸ Teknologi kan løse problemer med dieselpartikler. Jernbane Tidende nr. 4 2014. https://issuu.com/dansk_jernbaneforbund/docs/jbt_20141010/14

Arbejdstagere involveret i nyanlæg og reparationsarbejder o. lign. i tog- og metrotunneller	
	<ul style="list-style-type: none"> > Filtrene bør løbende kontrolleres for at sikre, at de fortsat er fuldt ud funktionelle. > Da dieseltog fortsat forurener, bør medarbejdere altid bære handsker og tilbydes åndedrætsværn i lukkede banerum, hvis de arbejder, når der kører - eller umiddelbart har kørt - dieseltog i banerummet. > Mandskabsvogne bør forsynes med effektive filtre i ventilationen, så luften i tillukkede mandskabsvogne er renere end luften i det omkringliggende banerum. Eventuelt kan medbringes trykluft til brug i mandskabsvogne. <p>Der blev i 2014 etableret nyt ventilationsanlæg på Nørreport Station, der udskifter dobbelt så stor luftmængde som det gamle ¹⁹. Prisen var ca. 200 mio. kr. Brug af det alternative drivmiddel GTL²⁰ i stedet for diesel mindsker partikelforureningen. Eksempelvis har Nordjyske Jernbaner i 2018 udskiftet diesel med GTL til selskabets 21 tog ²¹. Med skiftet til GTL nedbringes udledningen af skadelige partikler i følge selskabet med helt op til 25 procent, mens prisen er nogle få procent højere.</p>
Organisatoriske foranstaltninger taget for at mindske udsættelsen	<p>BAU Transport og engros' (2018a) vejledning om dieseludstødning i lukkede banerum angiver følgende tiltag (delvist citat):</p> <ul style="list-style-type: none"> > Luk vinduer og døre i mandskabsvogne og kør altid ventilationen på højeste niveau inde i lukkede banerum, da effektive filtre i ventilationen gør luften 40-50 gange renere end luften ude i det omkringliggende banerum. > Undgå ophold i udstødningen. > Sluk arbejdsmaskiner, når de ikke bruges, hvis dette kan ske uden at forstyrre arbejdet. > Arbejdsrotation kan mindske udsættelsen; og kan f.eks. være relevant hvis arbejdstageren er gravid eller særlig disponeret for nogle af de sygdomme, som dieseludstødning øger risikoen for.
Planlagte yderligere foranstaltninger	Ingen oplysninger.
Antal eksponerede pr. arbejdssted og virksomhed	Antallet af eksponerede varierer mellem tunnelanlæggene, som bl.a. afspejler forskelle i behovet for vedligeholdelse. Det anlæg, som har flest potentielt eksponerede har i størrelsen 200-400 medarbejdere, som udfører opgaver, hvor der kan ske udsættelse for dieseludstødning primært fra trolleyer og andre maskiner, som anvendes i forbindelse med vedligeholdelsesarbejder. På nogle tunnelanlæg udføres der vedligeholdelsesarbejder dagligt, f.eks. for at sikre at tunnelen er tæt, mens der på andre kun udføres reparationskampagner fire gange om året. Ved sådanne kampagner kan der være 20-25 køretøjer i brug på én gang.
Antal eksponerede i hele landet	<p>Det samlede antal arbejdstagere, der er udsatte i forbindelse med reparationsarbejder, anslås til 400-800, hvoraf en del kun vil være udsatte i perioder (men i fulde dage).</p> <p>Udover byggeriet af Metroen foregår der for øjeblikket kun mindre nyanlæg af tunneller, hvor der arbejdes i lukkede tunneller. Det samlede antal arbejdstagere der kan være udsatte ved disse arbejder anslås groft til 30-100.</p>

¹⁹ <https://ing.dk/artikel/nyt-ventilationsanlaeg-paa-noerreport-udskifter-den-dobbelte-maengde-luft-167809>

²⁰ Gas-to-liquids - er nærmere beskrevet i afsnit 6.2.1.

²¹ <https://www.kollektivtrafik.dk/nordjyske-dieseltog-kog248rer-pog229-naturgas/227>

	Arbejdstagere involveret i nyanlæg og reparationsarbejder o. lign. i tog- og metrotunneller
Forventet udviklingstendens grundet ændringer baggrunds niveauer og i styrken af kilder	For togtunneller på Sjælland (herunder tunnelen fra Kbh. Hovedbanegård til Østerport) vil der ske en reduktion af den samlede belastning, når de mest forurenede ME lokomotiver udfases fra 2021. Der må forventes at ske en gradvis reduktion i eksponeringen, ved at ældre udstyr uden katalysator og filtre udskiftes med nyere. Ud fra udviklingen i eksponeringen ved tunnelarbejder i Tyskland kan det forventes, at koncentrationen i 2025 vil være under halvdelen af niveauet i 2018 (se afsnit 3.2).
Yderligere foranstaltninger, for at efterleve en grænseværdi på 50 µg EC/m ³	Ingen behov for yderligere foranstaltninger.
Yderligere foranstaltninger, for at efterleve en grænseværdi på 5 µg EC/m ³	Der er kun fundet en enkelt dansk måling ved vedligeholdelsesarbejder, men de eksisterende udenlandske undersøgelser tyder på, at der i mange tilfælde vil kunne være udfordringer med at efterleve en grænseværdi på 5 µg EC/m ³ . Det skal her regnes med, at de mest oplagte foranstaltninger til at nedbringe koncentrationen af dieseludstødning i arbejdsmiljøet ved tunnelarbejder enten er at skifte til eldrevet udstyr eller kun benytte dieseldrevet udstyr med katalysatorer og filtre, der får udstyret op på niveau med de nyeste Euro normer. I nogle tilfælde vil der formentlig også kunne være behov for at anvende åndedrætsværn.
Yderligere foranstaltninger, hvis der etableres en grænseværdi på 1 µg EC/m ³	Hvis en grænseværdi på 1 µg/m ³ skal efterleves, vil dette formentlig indebære en udfasning af så godt som alt dieseldrevet udstyr anvendt til tunnelarbejde eller at arbejdstagerne i høj udstrækning anvender åndedrætsværn.

5.3 Bagageportører i lufthavne

Der er til denne undersøgelse rettet henvendelse til Københavns Lufthavne A/S, Billund Lufthavn og Aalborg Lufthavn, som er landets tre største lufthavne og repræsenterer 97% af alle flypassagerer i Danmark²². I Billund og Aalborg er det lufthavnene, der selv står for handling, mens der i Københavns Lufthavn er en lang række operatører, herunder fire operatører der står for bagagehåndtering. Der er rettet henvendelse til den største af disse, SAS Ground Handling.

Siden 2007 har Københavns Lufthavne A/S, SAS, groundhandlere, fagforeninger, Naviair og myndigheder samarbejdet om at reducere potentielt sundhedsskadelige udledninger i lufthavnen og deltaet i en række forskningsprojekter; senest en ny undersøgelse fra Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø (NFA)²³. I 2010 blev der etableret et decideret Luftkvalitetsprogram i Københavns Lufthavn, hvor der er tæt samarbejde med fagforeningerne bag ”Projekt Cleanair”, der tæller 3F Kastrup, Metal afd. 16 og VSL.

²² FLYV31: Passagerer på større offentlige, betjente danske lufthavne efter lufthavn og passagerkategori.

<https://www.statistikbanken.dk/statbank5a/SelectVarVal/Define.asp?Main-Table=FLYV31&PLanguage=0&PXSID=0&wsid=cflist>

²³ <https://www.cph.dk/om-cph/presse/nyheder/2019/6/nyt-studie-viser-at-farligheden-af-partikler-fra-flymotorer-kan-sammenlignes-med-dieseludstodningspartikler>

Bagageportører i lufthavne	
Hvordan sker udsættelsen?	<p>Bagageportører og andre, der arbejder udendørs i en lufthavn, kan være udsat for dieseludstødning fra en lang række dieseldrevne køretøjer, der anvendes på lufthavnsområdet. Arbejdstagerne er samtidig udsat for partikler fra udstødning fra fly og udsat for det generelle baggrundniveau på området.</p> <p>På lufthavnsområder, hvor der dannes delvist lukkede rum mellem forskellige terminalfingre, vil der afhængig af vindforholdene kunne dannes relativt høje koncentrationer af partikler på samme måde, som er beskrevet for delvist lukkede gaderum i afsnit 1.4.</p> <p>Eksposering vil kunne ske i alle lufthavne herunder Københavns Lufthavn, Billund Lufthavn og en række små lufthavne i provinsen.</p>
Typer af forskellige arbejdspladser med eksposering inden for den enkelte virksomhed	<p>I afsnit 3.1.2 beskrives en række arbejdsfunktioner på forpladsen på Københavns Lufthavn. Gruppen af bagageportører er vurderet at være udsatte for de højeste gennemsnitskoncentrationer og også at være den funktion med de største antal arbejdstagere. Der er derfor fokuseret på denne funktion her.</p>
Eksposeringskoncentrationer og eksposeringstid	<p>Målinger fra 2012 med personbåret udstyr viste for bagageportører et gennemsnit i perioden fra 7.30 til 15.00 på 1,4 µg EC/m³ og en øverste grænse i konfidensintervallet på 2,1 µg EC/cm³, hvis der regnes med samme forhold mellem EC og UFP, som er vist ved stationære målinger på forpladsen. Denne omregning er dog behæftet med en del usikkerhed. Hvis der alternativt blev regnet med at bagageportørerne befandt sig på forpladsen en hel arbejdsdag ved den målte gennemsnitskoncentration over en måned i 2011 ville de være udsatte for 1,2 µg EC/m³. Hvis det antoges, at koncentrationen på nogle tider af dagen ville være højere end det målte gennemsnit ville estimatet stadig være godt i overensstemmelse med ovenstående. Ved denne alternative beregning er der ikke foretaget en omregning, og dermed ikke usikkerhed på denne. I Oslo Lufthavn er der i årene 2012, 2013 og 2018 målt eksposeringskoncentrationer for bagageportører på henh. 2,7, 3,3 og 2,1 µg EC/m³ (se Tabel 3.9). Disse værdier er således ca. dobbelt så høje som de beregnede værdier baseret på målinger af UFP i Københavns Lufthavn i 2012. Fra de norske målinger fra 2012 og 2013 er der rapporteret 90% fraktiler på 5,9 og 5,2 µg EC/m³. Forholdet mellem middelværdier og 90% fraktiler er relativt lille, hvilket illustrerer, at arbejdstagerne er udsatte for et relativt ensartet niveau, hvor der ikke er enkelte personer, som konstant er tæt på kilderne. Minimumværdier i de norske målinger er henh. 0,9 og 0,5 µg EC/m³ og langt de fleste af målingerne er over 1 µg EC/m³. Resultaterne tyder på, at 95% fraktilen af koncentrationerne næppe vil være over 10 µg EC/m³.</p> <p>Siden målingerne i Københavns Lufthavn i 2011 og 2012 er der foretaget en række tiltag til at mindske udsættelsen for partikler fra flymotorer ved at begrænse mulighederne for, at flyene kører for egen motor i den inderste del af forpladsen. Blandt andet er opstart af motorer i den inderste del af forpladsen flyttet væk fra områder, hvor der arbejder mange mennesker. Dette har givet noget nær en halvering i koncentrationen af UPF²⁴. Der er ingen målinger af EC, som kan dokumentere de nuværende niveauer af EC, men der vil her regnes med, at denne også vil være halveret.</p> <p>En stor del af antallet af ultrafine partikler og formodentlig af koncentrationen af EC skyldes udstødning fra fly. Det er som nævnt andetsteds ikke muligt at sige, hvor stor del af EC koncentrationen, der kommer fra forskellige typer af forbrændingsmotorer. Det blev i DCE's undersøgelse fra 2011 beregnet, at handling (med dieseldrevet udstyr) repræsenterede ca. 50% af emissionerne af partikler på forpladsen og ca. 25% på hele lufthavnen.</p> <p>Da de tilgængelige data indikerer, at 95% fraktilerne kunne ligge tæt på eller over en grænseværdi på 5 µg EC/m³ vil det være nødvendigt at foretage målinger</p>

²⁴ <https://www.cph.dk/om-cph/corporate-responsibility/cr-strategi/klimatekstrakt/smart-gron-og-ren-trafik>; <https://aviatorproject.eu/>

Bagageportører i lufthavne	
	<p>af EC med personbåret måleudstyr for at bestemme, om en grænseværdi på 5 µg EC/m³ vil være overholdt.</p> <p>Københavns Lufthavne deltager for øjeblikket i en international undersøgelse om luftkvalitet i lufthavne, Aviator.²⁵</p> <p>Der er ikke foretaget målinger i Billund Lufthavn, mens der i Aalborg er foretaget målinger af UFP. Da flyintensiteten er langt mindre, og der i lufthavnene ikke i samme grad dannes lukkede rum mellem terminalfingre, vil det her antages, at koncentrationerne i de øvrige lufthavne er lavere end i København. Dette bekræftes af VVM undersøgelse for udvidelse af Aalborg Lufthavn fra 2013²⁶. Denne citerer en rapport fra Økologisk Råd baseret på målinger af ultrafine partikler i Københavns Lufthavn og Aalborg Lufthavn, som konkluderer, at den fysiske indretning af Aalborg Lufthavn er "best case" i forhold til luftforurening, fordi terminalbygningen ved standpladserne i Aalborg Lufthavn er vindeksponeret fra tre sider, og der derfor også er mulighed for hurtig fortynding af de forurenede stoffer. Det angives desuden, at påfyldning af brændstof med dieseltankbiler uden partikelfilter, ved målingerne var den største bidrager til partikelforureningen. På baggrund af konklusionerne fra rapporten har Aalborg Lufthavn i følge VVM rapporten etableret partikelfilter på tankbilen. Man har desuden valgt at skubbe flyene ud på taxivejen ved hjælp af elektrisk push-back traktor.</p> <p>Det er ikke muligt ud fra de eksisterende målinger at vurdere, om koncentrationerne i Billund og Aalborg lufthavne vil være under en grænseværdi på 1 µg EC/m³.</p>
Baggrundsniveau	<p>Der er ikke fundet data for baggrundsniveauet målt i EC. Målinger i Københavns Lufthavn i 2011 viste, at antallet af partikler på 6 - 700 nm var ca. tre gange højere på forpladsen end på Station Øst, som ligger i lufthavnens periferi, og som vil afspejle baggrundsniveauet, men der foreligger ikke målinger af EC på Station Øst. Det er ikke undersøgt, om der er data for baggrundsniveauet i Billund Lufthavn, men det må forventes at være betydeligt lavere end i Københavns Lufthavn.</p>
Tekniske foranstaltninger taget for at mindske udsættelsen	<p>Der er i de senere år taget en række initiativer i Københavns lufthavn for at forbedre luftkvaliteten:</p> <p>Grønt push-back (traktor skubber flyet fra gaten ud til taxivejen) og opfordring til flyene om, at taxi'ere på én motor.</p> <p>Krav til fly om at slukke hovedmotoren, så snart flyet er parkeret.</p> <p>Udskiftning af en del af de dieseldrevne maskiner og biler til lavemissions eller emissionsfrie teknologier. Fra luftkvalitetsprogrammet startede i 2007 til 2019 er andelen af grønt/ultragrønt udstyr, som har lav eller ingen udslip af UFP, i hele lufthavnen steget fra 47% til 70%. De 47% i 2007 udgjordes i høj grad af små køretøjer, der også skulle køre indendørs og derfor var på el. En del af de resterende udstyr er snerydningskøretøjer, der i høj grad kører på banerne og dermed ikke bidrager væsentligt til koncentrationerne af dieseludstødning på forpladsen. Der er stadig lidt gammelt udstyr på diesel, hvor det ikke har været muligt at få nyt udstyr på el. Det gælder både SAS Groundhandling og andre handlere. Men langt hovedparten af det udstyr, som medarbejderne er tæt på, er nu på el.</p> <p>Der er tilbud om åndedrætsværn (passive filtermasker) til de medarbejdere, der arbejder tættest ved flyene.</p> <p>Billund Lufthavn skifter løbende kørende materiel ud med mere energirigtige el-køretøjer og almindeligt diesel er udskiftet med "partikelreduceret" diesel, med henblik på at forbedre arbejdsmiljøet på forpladsen²⁷.</p>

²⁵ <https://www.cph.dk/om-cph/presse/nyheder/2019/6/nyt-studie-viser-at-farligheden-af-partikler-fra-flymotorer-kan-sammenlignes-med-dieseludstodningspartikler>

²⁶ http://apps.aalborgkommune.dk/images/tek-nisk/PLANBYG/komplan/02/VVM_redegorelse_Aalborg_Lufthavn.pdf

²⁷ <https://www.bl.dk/da-dk/om-lufthavnen/miljoe/miljoemaalsaetninger>

Bagageportører i lufthavne	
Organisatoriske foranstaltninger taget for at mindske udsættelsen	Øget kontrol i Københavns Lufthavn med flyenes brug af APU – den lille jetmotor, der bl.a. kan bruges som generator, når flyene er parkeret.
Planlagte yderligere foranstaltninger	<p>Dieselmateriel skal så vidt muligt udskiftes til miljømæssigt bedre alternativer, og det er planlagt, at alt dieseludstyr i Københavns Lufthavn skal være udskiftet senest med udgangen af 2029.</p> <p>I Billund Lufthavn vil alt dieselmateriel ligeledes løbende blive udskiftet med materiel på gas og el.</p> <p>Der har i Københavns Lufthavn været overvejelser om, at flyene skulle skubbes længere ud til startbanen inden de tænder motoren for at mindske koncentrationerne af partikler fra fly på forpladsen, men dette kan resultere i nogle pladsmæssige udfordringer, der ikke er løst, da flyene bruger kørslen til at teste motorerne. Da sådanne tiltag udelukkende vedrører udslip fra flymotorer, er der ikke her taget nærmere stilling til disse.</p>
Antal eksponerede pr. arbejdssted og virksomhed	<p>Der er i Københavns Lufthavn ca. 2.000 arbejdstagere, der har arbejdsfunktioner på forpladsen. Heraf er den største gruppe bagageportører. Bagageportørerne er i Københavns Lufthavn ansat hos 4 operatører, hvoraf SAS Ground Handling er den største.</p> <p>Der er i Billund lufthavn ca. 110 bagageportører.</p>
Antal eksponerede i hele landet	Det samlede antal bagageportører på lufthavne i Danmark vurderes at være 500 – 1.000. Københavns Lufthavn udgør omkring 83% af antallet af flypassagerer i Danmark og formentlig en tilsvarende andel af bagageportører.
Forventet udviklingstendens grundet ændringer baggrunds niveauer og i styrken af kilder	<p>Der må forventes, at den del af partikelforureningen, der skyldes dieseludstødning, gradvist vil mindskes med overgang til gas- og eldrevet materiel.</p> <p>Baggrunds niveauet må forventes at følge den generelle tendens som følge af udskiftning af ældre køretøjer og maskiner.</p>
Yderligere foranstaltninger, for at efterleve en grænseværdi på 50 µg EC/m ³	Ingen behov for yderligere foranstaltninger.
Yderligere foranstaltninger, for at efterleve en grænseværdi på 5 µg EC/m ³	<p>Det er ikke helt klart, om det fald, der de seneste år er målt i antallet af UFP i Københavns Lufthavn også har resulteret i et tilsvarende fald i EC. Da de beregnede eksponeringskoncentrationer baseret på målinger af UFP i 2012 i Københavns Lufthavn var pænt under det niveau, der skal til for at efterleve en grænseværdi på 5 µg EC/m³, og der siden da er sket en halvering af koncentrationen af UFP, vil der her regnes med, at der ikke vil skulle tages yderligere tiltag for at efterleve en grænseværdi på 5 µg EC/m³. Det vil dog her antages, at der skal foretages kontrolmålinger for at vise, at grænseværdien er overholdt, da der vil kunne være en vis usikkerhed på omregningerne fra UFP til EC.</p> <p>Da flyintensiteten (og dermed handlingsaktiviteterne) er lavere i provinslufthavnen, og der ikke på samme måde som i Københavns Lufthavn dannes lukkede rum mellem terminalfingrene, vil der her regnes med, at der i de øvrige lufthavne ikke vil være behov for yderligere tiltag for at efterleve en grænseværdi på 5 µg EC/m³.</p>
Yderligere foranstaltninger, hvis der etableres en grænseværdi på 1 µg EC/m ³	Hvis der etableres en grænseværdi på 1 µg EC/m ³ , vil der i Københavns Lufthavn, og måske også andre lufthavne, skulle tages yderligere tiltag med en accelereret udskiftning af dieseldrevet udstyr.

5.4 Færgespersonale, der leder biler og lastbiler på plads

Der er rettet henvendelse til færgeselskaberne Molslinjen, Scandlines og ForSea. Disse selskaber repræsenterer ca. 50% af det samlede antal personbiler med inden- og udenrigsruter²⁸. En stor del af de mindre ruter betjener sig af færger med åbne dæk, hvor eksponeringen af personalet her vil antages at være mindre end på de større færger med lukkede dæk.

For personale der arbejder på skibe gælder BEK nr. 9104 af 01/01/2006 "Meddelelser fra Søfartsstyrelsen A, arbejdsmiljø i skibe, kapitel A II C, fysiske arbejdsmiljøpåvirkninger som i "Afsnit C Kræftfremkaldende stoffer og materialer herunder asbest samt mutagener" gennemfører direktiv 2004/37/EF (CMD) og har krav, der på mange måder svarer til Kræftbekendtgørelsens. Bekendtgørelsen angiver, at grænseværdier fastsat af Arbejdstilsynet skal indgå i arbejdspladsvurderingen, men præciserer kun i relation til grænseværdien for asbest, at grænseværdier skal efterleves (modsat Kræftbekendtgørelsens krav). Det vil her antages, at fastsatte danske grænseværdier skal efterleves om bord på skibe.

	Færgespersonale, der leder biler og lastbiler på plads
Hvordan sker udsættelsen?	Udsættelsen sker, når personalet leder køretøjer ud og ind af færgerne i relativt lukkede rum, eller når personalet kører med trucks på området.
Typer af forskellige arbejdspladser med eksponering inden for den enkelte virksomhed	Personale der leder biler ud og ind af færgerne (delvist om bord på færgerne) Personale der kører trucks ind på færgerne. Der vil også kunne være en eksponering af personale, der arbejder på havneområdet, men denne eksponering vil ikke formodes at være større end ved anden brug af trucks udendørs.
Eksponeringskoncentrationer og eksponeringstid	Der er ikke fundet danske målinger, som dokumenterer udsættelsen af færgespersonale. Det er ved dataindhentningen oplyst af et selskab, at der er foretaget målinger af eksponering af personalet, men det har af fortrolighedsgrunde ikke været muligt at videregive resultaterne. Den eneste undersøgelse, der er fundet, er fra år 2000, hvor der ved 20 målinger i Storbritannien blev fundet en middelværdi på 39 µg EC/m ³ (se Tabel 3.6). 95% fraktilen er ikke angivet, men må regnes at være væsentligt højere og kan meget vel være over 100 µg EC/m ³ . Der er desuden fundet en svensk undersøgelse fra 1987 af eksponering af personale der leder køretøjer ind og ud af færger, men denne undersøgelse har ikke målt for ultrafine partikler, BC eller EC (Ulvarson et al., 1987). Medarbejdere, der leder køretøjer ud og ind, vil typisk være eksponeret i 25-30% af arbejdstiden. Dvs. at 95% fraktilen af eksponeringskoncentrationerne i denne tid kan være op til ca. 3 gange grænseværdien. I følge oplysninger fra et af de interviewede selskaber kan der være dage, hvor der grundet vejrforhold, er højere koncentrationer på vogndækket end andre dage. Den britiske undersøgelse er 20 år gammel. Udslip fra dieselskøretøjer er faldet med en faktor 10-20 siden da, og der er installeret forbedret ventilation på færgerne, kan det ikke afvises, at der for enkelte selskaber vil kunne være behov for yderligere foranstaltninger for at være i overensstemmelse med en grænseværdi på 5 µg EC/m ³ . Den vil dog næppe være over 10 µg EC/m ³ .

²⁸ Danmarks Statistik. Udenrigs og indenrigs færgetransport efter færgerute og enhed. <https://www.statistikbanken.dk/statbank5a/SelectVarVal/Define.asp?Main-Table=SKIB34&PLanguage=0&PXSID=0&wsid=cftree>

Færgespersonale, der leder biler og lastbiler på plads	
Baggrundsniveau	Der er ikke fundet oplysninger om baggrundsniveau. Havnearealer må forventes at have et relativt lavt baggrundsniveau, men det kan ikke afvises, at kørsel til og fra færgerne vil kunne resultere i lokalt højere baggrunds niveauer.
Tekniske foranstaltninger taget for at mindske udsættelsen	Installation af forbedrede ventilationsanlæg. Et selskab har oplyst, at luftskiftet, når ventilatorerne kører, svarer til 20 gange i timen ²⁹ . Et andet selskab oplyser, at ventilationen er optimeret således, at der er den højeste ventilation, der hvor medarbejderne der dirigerer bilerne er placerede. Et selskab har oplyst, at der er installeret el-udtag, så der kan køles med el i kølebiler (eksempelvis med farmaceutiske produkter), der har dieseldrevet aggregat til at drive køleanlægget. Tidligere kørte aggregatet under overfarten, men det er nu forbudt.
Organisatoriske foranstaltninger taget for at mindske udsættelsen	Krav om at mindske tomgang inden udkørsel.
Planlagte yderligere foranstaltninger	Der er ikke oplysninger om nye planlagte initiativer.
Antal eksponerede pr. arbejdssted og virksomhed	Der vil typisk være 2-10 mand der arbejder på vogndækket på en færge og det er oplyst, at der er op til 400 medarbejdere, der arbejder på vogndækket, i en enkelt virksomhed.
Antal eksponerede i hele landet	3F bud på antal eksponerede: Truckførere ca. 140 mand; havneaktiviteter på land ca. 175 mand; aktiviteter på færger ca. 175 mand. Ud fra de oplysninger der er indhentet fra færgeselskaber, vurderes det samlede antal medarbejdere, der arbejder på vogndækket (både lukkede og åbne færger) at være i størrelsen 1000 personer, og heraf vil over halvdelen arbejde på lukkede vogndæk. Når der tages hensyn til usikkerheden, skal det her anslås, at der er 500-1000 arbejdstagere, der arbejder på lukkede vogndæk.
Forventet udviklingstendens grundet ændringer baggrunds niveauer og i styrken af kilder	Da kilderne til dieseludstødning vil være en bred vifte af køretøjer, må der forventes et fald i eksponeringsniveauerne, som svarer til det forventede fald på befærdede gader. (se afsnit 4.1)
Yderligere foranstaltninger, for at efterleve en grænseværdi på 50 µg EC/m ³	Den eneste undersøgelse, der er fundet, er fra år 2000 hvor der i 20 målinger Storbritannien blev fundet en middelværdi på 39 µg EC/m ³ (se Tabel 3.6). Hvis der regnes med, at udslip fra motorer er faldet med mindst en faktor 10, vil niveauerne i dag være på et niveau, som betyder, at der ikke vil være behov for yderligere foranstaltninger for at efterleve en grænseværdi på 50 µg EC/m ³ . Dette er i overensstemmelse med, at eksponering af færgespersonale ikke har været fremhævet i den internationale litteratur som et område med meget høj eksponering som eksempelvis tunnelarbejde og arbejde i underjordiske miner.
Yderligere foranstaltninger, for at efterleve en grænseværdi på 5 µg EC/m ³	Den eneste undersøgelse der er fundet er 20 år gammel, og selvom udslip fra dieseldrevne køretøjer er faldet med en faktor 10-20, og der er installeret forbedret ventilation på færgerne, kan det ikke afvises, at der for enkelte selskaber vil kunne være behov for yderligere foranstaltninger for at være i overensstemmelse med en grænseværdi på 5 µg EC/m ³ . Yderligere foranstaltninger er forbedret ventilation, jobrotation og evt. brug af åndedrætsværn i spids-situationer.
Yderligere foranstaltninger, hvis der etableres en grænseværdi på 1 µg EC/m ³	En grænseværdi på 1 µg/m ³ vil formentlig betyde, at alle arbejdstagere, der arbejder på vogndæk - både lukkede og åbne - vil skulle bære åndedrætsværn, når de opholder sig på vogndækket og motorerne på køretøjerne er tændt. En sådan grænseværdi vil også kunne indebære yderligere foranstaltninger i relation til andre personalegrupper, eksempelvis personale, der varetager parkering af trailere.

²⁹ I henhold til IMO International Code of Safety for High-Speed Craft (HSC Code) (resolution MSC.36 (63))

5.5 Taxa-, bus-, og lastbilchauffører, m.fl., der opholder sig i midtbyzoner

Der har til denne del af undersøgelsen været rettet henvendelse til Københavns Taxa.

	Taxa-, bus-, og lastbilchauffører, renovationsarbejdere, ansatte ved vej & park/facility services, m.fl., der opholder sig i midtbyzoner
Hvordan sker udsættelsen?	Udsættelsen sker som en kombination af udsættelse for baggrundskoncentrationen i byområder og udsættelse for dieseludstødning fra det køretøj, som arbejdstageren selv benytter (f.eks. taxachauffører) eller arbejder i tilknytning til (f.eks. renovation eller drift og vedligeholdelse af veje og parkområder).
Typer af forskellige arbejdspladser med eksponering inden for den enkelte virksomhed	Chauffører Renovationsarbejdere Arbejdstagere involveret i vedligeholdelse af veje og parkområder Cykelbude
Eksponeringskoncentrationer og eksponeringstid	<p>Der foreligger ingen danske målinger af eksponeringskoncentrationen over en hel arbejdsdag for denne gruppe af arbejdstagere.</p> <p>Nye målinger fra London (omtalt i afsnit 3.2) viser, at taxachauffører var den gruppe, der var udsatte for de højeste gennemsnitskoncentrationer af de undersøgte erhvervsgrupper: taxachauffører, renovationsarbejdere, ansatte i kurerservice, arbejdstagere fra forsyningsvirksomheder og bygge/anlæg, tung fragt og redningspersonale. For taxachaufførerne var gennemsnitkoncentrationerne, når de kørte, omtrent dobbelt så store som døgngennemsnittet på en befærde gade. For renovationsarbejdere og ansatte i kurerservice var den lidt lavere. For taxachaufførerne var eksponeringskoncentrationerne højere, hvis chaufføren kørte med åbent vindue. Hvis taxaen var dieseldrevet, var den gennemsnitlige eksponeringskoncentrationen højere end, hvis den var drevet på el eller gas.</p> <p>Koncentrationen på en befærde gade i London var væsentligt over koncentrationen på H.C. Andersens Boulevard i København. Hvis der regnes med, at eksponeringen af arbejdstagerne, der arbejder i midtbyen, i værste fald svarer til 2 gange den gennemsnitlige døgngennemsnit på H.C. Andersens Boulevard, vil den som gennemsnit over året være på ca. 2,2 µg EC/m³. Hvis samme omregningsfaktor anvendes på døgngennemsnit fås en 95% fraktil på 4,0 µg EC/m³, hvilket stadig er under den undersøgte grænseværdi på 5 µg EC/m³, men væsentlig over værdien 1 µg EC/m³ (se afsnit 4.1).</p> <p>Der er ikke fundet nye målinger, der sammenligner udsættelse af lastbilchauffører, der kører i byområder med langturschauffører, men tidligere undersøgelser har vist, at chauffører i byområder er udsatte for mindst dobbelt så høje koncentrationer som langturschauffører (omtalt i afsnit 3.2). Det vil derfor her antages, at det kun vil være chauffører i midtbyen i de større byer, der vil kunne være udsatte for niveauer, som kan være over en grænseværdi på 5 µg EC/m³, mens de vurderes ikke at være over en værdi på 10 µg EC/m³.</p>
Baggrundsniveau	<p>Baggrundsniveauet i de mest befærdede midtbygader er som gennemsnit om dagen i størrelsen 2,0 – 2,5 µg EC/m³. Niveauerne kan være betydeligt højere i myldretiden og vil generelt være lavere på mindre befærdede gader. Døgnmiddelværdier varierede over hele året på HCAB fra 0,31 til 3,3 µg EC/m³ med en 95% fraktil på 2,0 µg EC/m³. Hvis der regnes med at koncentrationen om dagen kan være dobbelt så høj som døgnmiddelkoncentrationen, vil 95% fraktilen stadig være under 5 µg EC/m³.</p> <p>På en "bybaggrundsstation" ved H.C. Ørsted Institutet var årsgennemsnittet i 2017 på 0,3 µg EC/m³. Hvis der ligeledes regnes med at gennemsnittet om dagen er dobbelt så høj og der nogle dage vil være højere værdier, kan det ikke afvises at 95% fraktilen vil kunne være over 1 µg EC/m³.</p> <p>For begge værdier skal det bemærkes, at niveauet i 2025 forventes at være på ca. 50% af niveauet i 2018.</p> <p>For de arbejdstagere, der er omfattet af nærværende gruppe, vil den største eksponering skyldes koncentrationerne i udeluften, men med et bidrag fra eget køretøj, hvis det er dieseldrevet.</p>

Taxa-, bus-, og lastbilchauffører, renovationsarbejdere, ansatte ved vej & park/facility services, m.fl., der opholder sig i midtbyzoner	
Tekniske foranstaltninger taget for at mindske udsættelsen	De primære tekniske foranstaltninger er knyttet til en generel begrænsning af udledninger af partikler fra dieseldrevne køretøjer og maskiner. Skift fra dieseldrevne køretøjer til gas- eller el-drevne.
Organisatoriske foranstaltninger taget for at mindske udsættelsen	Slukke motoren mest muligt.
Planlagte yderligere foranstaltninger	Borgmestrene i København, Aarhus, Odense og Aalborg vil indføre nye miljøzoner med afsæt i EU's normer for motorer. Det betyder, at dieselmotorer fra før 1. januar 2012 står til at blive forbudt i de fire byer i 2022. Og i 2025 vil forbuddet udvides til dieselmotorer solgt før 1. september 2016. ³⁰ Der er i København et ønske om en lovændring, der giver kommunen mulighed for at kræve, at både offentlige og private byggerier laves med miljøvenlige maskiner. I følge overborgmester Frank Jensen vil kravet i første omgang blive at bruge biobrændstof på maskinerne, men på sigt bliver det også, at de skal være elektrificerede (Ejendomswatch.dk, 2019). I Frederiksberg skal alle skraldebiler køre på el fra 2023 ³¹ , og mange andre kommuner har planer om at skifte til el-drevne skraldebiler.
Antal eksponerede pr. arbejdssted og virksomhed	I følge Eurostats Structural Business Statistics var der i 2016 i alt 2.315 taxavirksomheder i Danmark med samlet 7,256 ansatte, dvs. i gennemsnit 3-4 ansatte pr. virksomhed. Øvrige arbejdssteder er hovedsageligt busselskaber og kommuner med et stort antal ansatte.
Antal eksponerede i hele landet	Baseret på oplysninger fra 3F og statistiske oplysninger vurderes antallet af potentielt udsatte at være: <ul style="list-style-type: none"> > Taxachauffører i større byer: ca. 3.000 (samlet antal i hele landet ca. 7.300) > Ansatte i bybusser: ca. 2.000 i større byer (ca. 8.500 chauffører under overskridelse for bybusser og turistbusser) > Renovationsarbejdere (skraldemænd) i større byer: Ca. 1.000 > Lastbilchauffører i større byer: ca. 2.000 > Vej og Park i større byer: 1.000 I følge en avisartikel fra 2012 var antallet af cykelbude faldet markant, og der var i 2012 25 cykelbude i København. ³² Der er ikke fundet nyere opgørelser. I alt skønnes der således at være 7.000 - 10.000 arbejdstagere, der har en stor del af deres arbejdsdag i midtbyzoner med relativt høje baggrundsniveauer. På det foreliggende grundlag vurderes det primært at være taxa- og buschauffører, der er udsatte på et niveau, der vil kunne overskride en grænseværdi på 5 µg EC/m ³ .
Forventet udviklingstendens grundet ændringer baggrundsniveauer og i styrken af kilder	Da kilderne til dieseludstødning vil være en bred vifte af køretøjer, må der forventes et fald i eksponeringsniveauerne, som svarer til det forventede fald på befærdede gader (se afsnit 4.1). Koncentrationen i 2025 vil formentlig være omkring halvdelen af niveauet i 2018.

³⁰ <https://autobranchendanmark.dk/nye-miljoezoner-i-kbh-odense-aarhus-og-aalborg-boer-ledsages-af-groen-skrotpraemie-for-udtjente-dieselmotorer/>

³¹ <https://minby.dk/2019/04/12/saadan-ser-de-ud-altsaa-el-skraldebilerne/>

³² <https://www.berlingske.dk/virksomheder/koebenhavns-cykelbude-cr-en-uddoeende-race>

	Taxa-, bus-, og lastbilchauffører, renovationsarbejdere, ansatte ved vej & park/facility services, m.fl., der opholder sig i midtbyzoner
Yderligere foranstaltninger, for at efterleve en grænseværdi på 50 µg EC/m ³	Ingen behov for yderligere foranstaltninger
Yderligere foranstaltninger, for at efterleve en grænseværdi på 5 µg EC/m ³	<p>Baseret på resultaterne fra London vurderes det, at niveauerne, som taxachauffører og andre chauffører kan udsættes for, kan mindske ved at sikre, at vinduerne holdes lukkede, når der køres i midtbyzoner, recirkulere luft når der køres på stærkt forurenede gader og slukke motoren, når chaufføren forlader kabinen f.eks. for at tage bagage ud.</p> <p>Der vil kunne være behov for at udarbejde retningslinjer for taxachauffører og andre chauffører, der arbejder i midtbyzoner.</p> <p>Effektive filtre, der fjerner ultrafine partikler i den luft, der suges ind i kabinen, vil ligeledes kunne hjælpe til at mindske eksponeringen. En amerikansk undersøgelse af taxaer viste, at en kombination af lukkede vinduer og brug af effektive HECA (high efficiency cabin air) filtre reducerede koncentrationen af ultrafine partikler i kabinen med 46% (Yu et al., 2017).</p> <p>For arbejdstagere, der udsættes for eksponering fra egne køretøjer, vil et skift til mindre forurenende diesel og skift til elektriske køretøjer ligeledes kunne mindske udsættelsen.</p> <p>Der vil i næste kapitel vurderes, hvad omkostningerne vil kunne være ved montering af kabinefiltre som er effektive til at frafiltrere ultrafine artikler.</p> <p>For cykelbude er der formentlig ikke andre tiltag muligt, end at budene enten bærer åndedrætsværn, når de cykler på de mest befærdede gader, eller undgår at køre de mest befærdede ruter og dermed nedsætter den samlede udsættelse over en arbejdsdag. Med det forventede fald i koncentrationerne i udeluften vil koncentrationen i 2023 dog formentlig være faldet så meget, at budene der bevæger sig rundt i byen, vil have en 8-timers TWA under 5 µg EC/m³.</p>
Yderligere foranstaltninger, hvis der etableres en grænseværdi på 1 µg EC/m ³	<p>En grænseværdi 1 µg/m³ vurderes at indebære installation af effektive kabinefiltre i alle køretøjer, der anvendes til erhvervmæssig brug i midtbyzoner, kombineret med andre tiltag til at reducere udsættelsen. Desuden vil en grænseværdi på dette niveau formentlig indebære, at cykelbude og andre arbejdstagere, der arbejder udendørs i midtbyzoner, skal bære åndedrætsværn i en del af arbejdsdagen.</p> <p>Det er mere usikkert, om dette også vil indebære installation af effektive kabinefiltre i køretøjer, der anvendes til erhvervmæssig brug uden for midtbyzoner.</p>

5.6 Lagerarbejdere

Der er til denne del af undersøgelsen rettet henvendelse til Danske Byggecentre.

	Lagerarbejdere, hvor biler og lastbiler kører ind i lagerhaller (inkl. vareterminaler)
Hvordan sker udsættelsen?	<p>Udsættelsen sker når dieseldrevne køretøjer kører ind i lagerhaller.</p> <p>Der vil desuden kunne ske udsættelse af lagerarbejdere, der arbejder på overdækkede ramper.</p>
Typer af forskellige arbejdspladser med eksponering inden for den enkelte virksomhed	<p>Alle medarbejdere der arbejder i haller, hvor der kører dieselskøretøjer, vil kunne være udsatte.</p> <p>Medarbejdere, f.eks. i byggecentre, vil ofte veksle mellem at arbejde indendørs i haller og arbejde udendørs, men der kan være medarbejdere, der arbejder en hel dag i haller, hvor der er kørsel.</p>
Eksponeringskoncentrationer og eksponeringstid	<p>Der er fundet enkelte resultater fra Finland 2008-2015, som angiver eksponering i lagerhaller i produktionsvirksomheder. De målte værdier er i intervallet 1,5- 38 µg EC/m³ med en middelværdi på 13 µg EC/m³. Det fremgår, at der foregår kørsel</p>

	Lagerarbejdere, hvor biler og lastbiler kører ind i lagerhaller (inkl. vareterminaler)
	<p>sel med dieseldrevne køretøjer i hallerne, men ikke i hvilket omfang. Dataene bekræfter, at der kan være relativt høje koncentrationer af dieseludstødning, hvis der køres med dieseldrevne køretøjer eller maskiner i lagerhaller, men dette er ikke tilladt i Danmark.</p> <p>I Danmark har der især været fokus på medarbejdere i byggecentre, hvor både kunders køretøjer og byggecentrets egne køretøjer kører ind i drive-in haller. I 2012 indskærpede Arbejdstilsynet over for et byggecenter, at centeret ikke længere havde tilladelse til at tilbyde sine kunder drive-in. Arbejds miljøklagenævnet hjemviste efterfølgende påbuddet.</p> <p>Brancheforeningen Danske Byggecentre har efterfølgende i samarbejde med eksterne miljøundersøgelsesfirmaer undersøgt niveauerne for en række parametre i centrene. Resultaterne er stillet til rådighed for nærværende undersøgelse. Der er ved undersøgelsen målt for PAH'er, NO, NO₂ og totalstøv. Der er ikke målt for ultrafine partikler eller EC. For de målte parametre viste undersøgelsen, at koncentrationen inde i hallerne var på niveau med koncentrationen uden for hallerne. Da koncentrationen af PAH'er, NO og NO₂ vil kunne være knyttet til udledninger fra dieseldrevne køretøjer, tyder resultaterne på, at dieseldrevne køretøjer inde i hallerne ikke bidrager til forhøjede niveauer af dieseludstødning i hallerne. De absolutte niveauer af EC eller ultrafine partikler inden i hallerne vil ikke kunne bestemmes på basis af målingerne.</p>
<p>Baggrunds niveau</p>	<p>I følge en undersøgelse udarbejdet af Brancheforeningen Danske Byggecentre var koncentrationerne inde i hallerne sammenlignelig med koncentrationen uden for hallerne, men der er ikke målt på EC, BC eller ultrafine partikler. De fleste byggecentre ligger uden for midtbyzoner og baggrundsværdierne udendørs må forventes at være i størrelsen 1 µg EC/m³, som er 2 gange årsmiddelkoncentrationer for bybaggrund i København.</p>
<p>Tekniske foranstaltninger taget for at mindske udsættelsen</p>	<p>Arbejdstilsynets vejledning om trucks angiver, at benzin-, diesel- eller gasdrevne trucks kun må køre indendørs, hvis rummet er så godt ventileret, at personer, herunder føreren, ikke er udsat for sundhedsskadelige påvirkninger fra udstødningssgassen. Der skal derfor normalt være mekanisk ventilation ved kørsel med disse truck indendørs. (AT, 1995)</p> <p>Håndbog om lagre og vareterminaler fra Branchearbejds miljørådet for transport og engros (BAU transport og engros, 2014a) præciserer, at diesel- eller gastrucks ikke skal bruges indendørs, og det samme præciseres i håndbog om terminaler til pakkedistribution.</p> <p>I følge erfaringer indsamlet fra 3F og ATs tilsynsførende anvendes der i traditionelle lagre generelt ikke dieseldrevne trucks, da der har været meget opmærksomhed på dette.</p> <p>Det vurderes ligeledes, at det ikke er almindeligt med lastbiler inde i lagerrummene, da disse som regel ikke kommer længere end til rampe. Dog vil der ved arbejde på ramper kunne være risiko for at blive udsat, især hvis ramperne er delvist overdækkede.</p> <p>I relation til byggecentre har Branchearbejds miljørådet for transport og engros (BAU transport og engros, 2014b) udarbejdet en vejledning om arbejde i trælast, som foreslår en række foranstaltninger til at nedbringe udsættelsen (delvist citat):</p> <ul style="list-style-type: none"> > Kundebiler <ul style="list-style-type: none"> > Tomgangskørsel er forbudt overalt på området. > Stands motoren så snart bilen holder stille, også selv om det er for en meget kort periode. > Undgå så vidt muligt at køre ind i haller (hent varen ud, hvis der ikke er tale om tunge- eller mange ting) brug eventuelt trækvogn el.lign. > Undgå at gasse for meget op ved igangsætning, hav så lave omdrejninger på motoren som muligt ved al kørsel.

	Lagerarbejdere, hvor biler og lastbiler kører ind i lagerhaller (inkl. vareterminaler)
	<ul style="list-style-type: none"> > Egne køretøjer, herunder trucks og leverandørbiler <ul style="list-style-type: none"> > Alle trucks, der skal køre under tag er elektriske eller gas-/ brintdrevne. > Alle dieslbiler bør være forsynet med partikelfilter. > Når der læsses af og på lastbiler, skal disse i videst mulig udstrækning holde udenfor hallerne, og varerne bringes ud/ind med truck eller andet. Det samme gælder for leverandører. > Sørg for alternative køreveje mellem haller mv. så man ikke behøver at køre igennem den ene hal for at komme til den næste. > Anvend aldrig bilens kran til af- og pålæsning, når man holder under tag. > Stands altid motoren, når bilen holder stille. > Sørg for at have så få omdrejninger på motoren som muligt.
Organisatoriske foranstaltninger taget for at mindske udsættelsen	<p>Opsætning af skilte, der indskærper regler både for medarbejdere, kunder og leverandører.</p> <p>Indskærpelse af, at medarbejderne skal håndhæve reglerne.</p> <p>Skiftende arbejde udendørs og indendørs.</p>
Planlagte yderligere foranstaltninger	Der er ikke fundet oplysninger om yderligere foranstaltninger.
Antal eksponerede pr. arbejdssted og virksomhed	Ikke nærmere undersøgt.
Antal eksponerede i hele landet	<p>Det anslås på basis af oplysninger fra 3F, at der er lidt over 10.000 lagerarbejdere, forstået bredt, så det dækker helt almindeligt lagerarbejde inden for transportområdet samt trælafstfolk. Herudover vil der også være lagerarbejdere i industrien. Det vides ikke, hvor stor en andel af de ansatte på området, der udsættes for dieseludstødning.</p> <p>3F vurderer, at dieseludstødning ikke længere er en stor udfordring på de indendørs lagre og anslår, at få hundrede ansatte vil være i risikozonen for at blive udsat for dieseludstødning. Det skal på den baggrund her anslås, at 200 - 1.000 arbejdstagere vil kunne være udsatte for dieseludstødning ved denne type arbejde. Det anslås, at det samlede antal personer, der arbejder i drive-in-haller er 100-400.</p>
Forventet udviklingstendens grundet ændringer baggrunds niveauer og i styrken af kilder	Da kilderne til dieseludstødning vil være en bred vifte af køretøjer, må der forventes et fald i eksponeringsniveauerne, som svarer til det forventede fald på befærdede gader. (se afsnit 4.1)
Yderligere foranstaltninger, for at efterleve en grænseværdi på 50 µg EC/m ³	Ingen behov for yderligere foranstaltninger
Yderligere foranstaltninger, for at efterleve en grænseværdi på 5 µg EC/m ³	<p>Resultaterne fra drive-in haller tyder på, at der for disse haller ikke vil være behov for yderligere foranstaltninger for at kunne efterleve en grænseværdi på 5 µg EC/m³.</p> <p>For andre lagre og haller er det indtrykket, at eksponering kun sker sporadisk og i særlige situationer. Det kan ikke afvises, at der i enkelte tilfælde vil være behov for at mindske medarbejderes udsættelse for dieseludstødning fra lastbiler der kører op mod delvist overdækkede ramper. En mindskelse kan bl.a. opnås ved at sikre, at motorerne er slukkede når der er medarbejdere på ramperne. Det har inden for rammerne af projektet ikke været prioriteret at belyse dette nærmere, da de mulige erhvervs-mæssige konsekvenser af etablering af en grænseværdi på 5 µg EC/m³ for dette område vil være små sammenlignet med konsekvenserne for nogle af de andre områder.</p>

	Lagerarbejdere, hvor biler og lastbiler kører ind i lagerhaller (inkl. varetterminaler)
Yderligere foranstaltninger, hvis der etableres en grænseværdi på 1 µg EC/m ³	En grænseværdi på 1 µg /m ³ vil formentlig indebære, at det ikke vil være muligt at anvende dieseldrevne køretøjer i drive-in haller, og at enhver kørsel med dieseldrevne køretøjer i lagerhaller vil skulle ophøre. Da der ikke findes aktuelle målinger af EC, kan dette dog ikke siges med sikkerhed. Alternativt ville medarbejdere i drive-in haller formentlig skulle bære åndedrætsværn, når der er dieseldrevne køretøjer i hallen. For lastbiler vil det formentlig kræve, at der stilles krav til lastbilerne, der svarer til de krav, der stilles i miljøzoner i de større byer. I de tilfælde, hvor lagerarbejdere, der arbejder på overdækkede ramper, udsættes for dieseludstødning vil der formentlig skulle stilles krav til, at der kun anvendes lastbiler som lever op til de nyeste euronormer eller der skal etableres udsugning.

5.7 Mekanikere

Der er til denne del af undersøgelsen rettet henvendelse til Dansk Bilbrancheråd og Autobranchen Danmark, som tilsammen repræsenterer mere end halvdelen af værkstederne, Danske Maskinstationer og Entreprenører (DME), Scania Danmark A/S (lastbilværksteder), Applus Bilsyn (mere end 145 synshaller) samt flere leverandører af ventilationsudstyr til autoværksteder.

	Mekanikere (bl.a. auto, lastbiler, landbrugsmaskiner og entreprenørmaskiner samt mekanikere i fly- og skibsbrancherne)
Hvordan sker udsættelsen?	<p>Mekanikere er udsatte for dieseludstødning fra udstødning fra køretøjer, der kører ind og ud, og fra køretøjer hvor motoren kører inde i værkstedet i forbindelse med reparation og tests. Det drejer sig om dieseldrevne biler, lastbiler, busser, landbrugsmaskiner, mm.</p> <p>I værksteder, der er etableret i tilknytning til garageanlæg (f.eks. for busser), vil der også kunne ske en udsættelse for partikler fra køretøjer, der kører ind og ud af garagen. Lastbiler/busser, der startes, kører i tomgang, til der er oparbejdet det nødvendige tryk, så bremsene slipper. Ligeledes bør det anføres, at udstødningen på lastbilen/bussen i den situation vil være mere forurenet, da katalysatoren skal være varm, før den rensar udstødningen. Det synes ikke at være almindeligt at have værksteder i tilknytning til garageanlæg, men det forekommer formentligt.</p> <p>Der er særlig høj risiko for eksponering ved vedligeholdelse og udskiftning af partikelfiltre.</p>
Typer af forskellige arbejdspladser med eksponering inden for den enkelte virksomhed	<p>Alle, der opholder sig i værkstederne, vil være udsatte.</p> <p>Der vil være en særlig risiko for udsættelse af medarbejdere, der foretager vedligeholdelse af dieselfiltre.</p>
Eksponeringskoncentrationer og eksponeringstid	<p>Der er ikke fundet målinger af EC eller UFP fra danske værksteder. De to største organisationer på området, Dansk Bilbrancheråd og Autobranchen Danmark, som tilsammen repræsenterer mere end halvdelen af værkstederne, har ikke kendskab til, at der er foretaget målinger.</p> <p>Ældre målinger fra europæiske værksteder omkring årtusindskiftet viste gennemsnitskoncentrationer omkring 30 µg EC/m³.</p> <p>Hollandske målinger i serviceværksteder i tilknytning til garager fra 2010 viste gennemsnitskoncentrationer på henh. 8 og 15 µg EC/m³ i to værksteder og 95% fraktiler omkring 30 µg EC/m³. Den hollandske branchenorm fastsatte, at gennemsnitskoncentrationen i 2011 skulle være på 7 µg EC/m³ (Bakker, 2010), som kunne opnås med en række tiltag, som svarer meget godt til de tiltag, der tages på værksteder i Danmark i dag (Branchen i Hollands vejledning ³³). De laveste</p>

³³ <https://www.oomt.nl/wp-content/uploads/2018/11/Leaflet-terugdringen-DME.pdf>

	Mekanikere (bl.a. auto, lastbiler, landbrugsmaskiner og entreprenørmaskiner samt mekanikere i fly- og skibsbrancherne)
	<p>målte værdier over en tre-års periode var på 2.0 µg EC/m³. På karosseriværksteder blev der i 2012 i fire værksteder målt gennemsnit i intervallet fra 7,7 til 11,0 µg EC/m³ (Bakker, 2012). Minimumværdien for målinger med personbåret udstyr var på 6,6 µg EC/m³ og den laveste stationære måling var på 2,6 µg EC/m³. Minimumværdierne var således over 1 µg EC/m³ i alle de hollandske undersøgelser. Branchens egen norm i Holland er som tidligere nævnt stadig 7 µg EC/m³.</p> <p>Resultaterne kunne indikere, at mange værksteder ville kunne have vanskeligheder med at efterleve en grænseværdi på 5 µg EC/m³, selvom man må regne med, at koncentrationerne har været faldende på grund af udskiftning til køretøjer med mindre udledninger. Koncentrationerne vil dog næppe være over 10 µg EC/m³.</p> <p>På maskinstationer, der kun reparerer egne maskiner, er det almindeligt, at der hverken er generel ventilation eller udsugningslanger der sættes på udstødning ved tomgang inde i hallen. Når værkstederne kun reparerer egne maskiner, vil de ikke være omfattet af de samme regler som traktorværksteder, der servicerer andre. Der må derfor forventes en relativt høj koncentration. Der er litteraturen ikke fundet data, der specifikt vedrører reparation af landbrugsmaskiner, men ældre data vedrørende værksteder til reparation af busser og lastbiler viser midelværdier omkring 40 µg EC/m³.</p>
Baggrundsniveau	Der er ikke fundet data, der kan indikere bidraget fra udeluften.
Tekniske foranstaltninger taget for at mindske udsættelsen	<p>Krav til værksteder vedrørende ventilation følger de generelle krav i "Ventilation på faste arbejdssteder. Vejledning om krav til procesventilation At-vejledning A.1.1 - 1. maj 2001". Heraf fremgår det, at arbejdsprocesser, der udvikler sundhedsskadelige luftarter, skal foregå ved mekanisk udsugning. Udsugning skal fjerne forureningen dér, hvor den udvikles og samtidig tilføre frisk erstatningsluft med passende temperatur. Dette påpeges også i Arbejdstilsynets arbejdsmiljøvejviser for installation og reparation af maskiner og udstyr³⁴.</p> <p>I Industriens Branchearbejdsmiljøråds vejledning "Kemi på autoværkstedet trin for trin" nævnes, at procesventilation til udstødning altid skal aktiveres, og at rumventilation skal være aktiveret, så der hele tiden sikres et luftskifte i lokalet. (I-BAR, 2011). Ligeledes nævnes det i vejledning om udskiftning og rensning af partikelfiltre i tunge køretøjer, at der ved start af køretøjet efter rensning af partikelfiltre anvendes gasudsugning for fjernelse af udstødningsgas (I-BAR, 2014). Autoværkstedsbekendtgørelsen (BEK nr. 908 af 30/08/2019) stiller krav til autoværksteders miljøforhold, men ikke konkrete krav til nedbringelse af koncentrationer af partikler i værkstederne. Bekendtgørelsen er udstedt af Miljø- og Fødevarerministeriet og vedrører ikke arbejdsforhold.</p> <p>I følge Arbejdstilsynet har der 2009 til 2010 været intensivt sat ind over for autoværksteder, og eksponeringen er blevet mærkbart mindre siden. Det er opfattelsen, at der generelt er et ensartet niveau - og ikke en større gruppe der halter efter de øvrige. Der kan være små en-mandsfirmaer, som ikke har etableret tilstrækkelig ventilation, men hvis de ikke har nogen ansatte, er de ikke omfattet af reglerne.</p> <p>Bilværksteder er generelt udstyret med rumventilation, der sørger for et luftskifte på tre gange i timen i opholdszonen i arbejdstiden, samt 1 time før og 1 time efter.</p> <p>Langt de fleste større værksteder har slanger ophængt på ruller, med en udsugning, der kan placeres på udstødningen. De interviewede organisationer mente, at der vil være en del små værksteder uden sådan udsugning. Herved vil de ikke opfylde de gældende regler.</p> <p>Der blev af interviewede peget på, at udsugningen monteret på udstødningen ofte ikke havde tilstrækkelig kapacitet, hvis køretøjer - i forbindelse med, at de</p>

³⁴ <https://at.dk/arbejdsmiljoearbejdet/arbejdspladsvurdering/hvad-kan-i-goere-apv/arbejdsmiljoevejvisere/installation-reparation-af-maskiner-og-udstyr-arbejdsmiljoevejviser/>

Mekanikere (bl.a. auto, lastbiler, landbrugsmaskiner og entreprenørmaskiner samt mekanikere i fly- og skibsbrancherne)	
	<p>varmede op for at kunne justeres - startede regeneration af dieselfiltret. I sådanne tilfælde kunne der komme dieseludstødning ud i værkstedet.</p> <p>På både bil- og lastbilværksteder er det almindelig praksis, at bilerne kører ind og ud af værkstedet, uden at der er monteret udsugning på udstødningsrøret. På værksteder, hvor bilen ikke bare kører lige ud og ind, men skal omkring hjørner, kræver det særlige skinner til at føre slangen, og det er ikke er almindeligt at have sådanne.</p> <p>I bilsynshaller, hvor der er relativt mange ind- og udkørsler, er der ofte en slange på udstødningen ved ind og udkørsel.</p> <p>Der har tidligere været forhandlet nogle filtre, som kunne monteres på udstødningen ved ind- og udkørsel, men i følge de interviewede har der været usikkerhed om deres effektivitet, og er der ingen der i dag anvender en sådan løsning. Det har ikke været muligt at finde forhandlere af denne løsning.</p> <p>Der tages særlige forholdsregler ved rensning eller udskiftning af partikelfiltre. I mange tilfælde foregår rensningen i rum adskilt fra det øvrige værksted og med brug af værnemidler som bl.a. beskrevet i vejledning fra I-BAR (2014). I relation til lastbiler er der sket en mindskelse i eksponeringen, da filtre i ældre modeller blev rensset, mens filtre i motorer, som lever op til Euro VI normen (fra 2013), skiftes.</p> <p>I maskinstationer, der kun udfører reparation af eget materiel, er der i følge brancheforeningen DME typisk ikke rumventilation, og der er heller ikke udsugning, der kan sættes på udstødningen ved tomgang inde i hallerne. I følge brancheforeningen er der ofte en lugt af dieselos i hallerne. Om sommeren er der typisk naturlig ventilation ved, at portene er åbne, men disse lukkes typisk om vinteren.</p> <p>Der vil også foretages reparationsopgaver på landbrugsmaskiner på større gårde, og det kan ikke afvises, at der om vinteren kan være perioder hvor arbejdstagere er udsatte for høje niveauer, men i følge brancheforeningen DME vil udsættelsen på gårdene formentlig være mindre end på maskinstationerne.</p>
Organisatoriske foranstaltninger taget for at mindske udsættelsen	Ingen oplysninger modtaget.
Planlagte yderligere foranstaltninger	Det er fra interviews med aktører ikke indtrykket, at der generelt er planlagt med yderligere foranstaltninger til at mindske udsættelsen for dieseludstødning.
Antal eksponerede pr. arbejdssted og virksomhed	<p>Det vurderes, at der findes ca. 3.500 auto- og lastbilværksteder i Danmark. Branchestatistikker giver et højere tal (6.000-7.000), men der vil være en række af de registrerede virksomheder, der ikke er aktive værksteder. Antallet af arbejdstagere pr. arbejdsplads er typisk mellem 5 og 30.</p> <p>Der er i følge brancheforeningen DME 250-300 maskinstationer i Danmark, som typisk har 3-4 medarbejdere om vinteren og 1 om sommeren.</p>
Antal eksponerede i hele landet	<p>Ifølge en fælles overslag af 3F og Dansk Metal er antallet af automekanikere ca. 10.000, som arbejder med køretøjer på både benzin, diesel og el. Antallet af tungvognsmekanikere anslås til ca. 3.000 mens antallet af mekanikere, der reparerer landbrug og entreprenørmaskiner, er ca. 3.100. Af sidstnævnte grupper er der ifølge brancheforeningen DME 1,000-1,200 mekanikere, der arbejder på maskinstationer, som hovedsageligt udfører reparation af egne maskiner. Desuden vil der kunne være flere tusinde arbejdstagere, der i et vist omfang om vinteren vil kunne udføre reparationsopgaver på landbrugsmaskiner på større gårde, men disse er ikke indregnet i følgende overslag.</p> <p>Samlet anslås det således, at ca. 12.000 - 20.000 arbejdstagere vil kunne være udsatte for dieseludstødning i denne branche.</p>
Forventet udviklingstendens grundet ændringer baggrunds niveauer og i styrken af kilder	Der må forventes en tendens i udsættelsen, der følger den generelle faldende tendens som følge af udskiftning af ældre køretøjer.

	Mekanikere (bl.a. auto, lastbiler, landbrugsmaskiner og entreprenørmaskiner samt mekanikere i fly- og skibsbrancherne)
Yderligere foranstaltninger, for at efterleve en grænseværdi på 50 µg EC/m ³	Formentlig ikke behov for yderligere foranstaltninger, men grundet manglende data kan det ikke afvises, at der vil være maskinstationer, som kan have så høje koncentrationer, at der vil kræves visse foranstaltninger.
Yderligere foranstaltninger, for at efterleve en grænseværdi på 5 µg EC/m ³	På maskinstationer, der ofte ikke er forsynet med rumventilation og slanger til at montere på udstødningen, vil der i mangel af konkrete målinger af eksponeringskoncentrationer regnes med, at værkstederne skal forsynes med rumventilation og udsugning, der mindst svarer til det udstyr, der typisk er på lastbilværksteder. Det kan ikke afvises, at der yderligere skal etableres slanger til at montere på maskinerne ved ind- og udkørsel. På autoværksteder (herunder værksteder til busser og lastbiler) er det usikkert, om der vil være behov for yderligere foranstaltninger for at efterleve grænseværdien på 5 µg EC/m ³ . Hvis udsættelsen skal reduceres i relation til det nuværende niveau, vil den mest oplagte foranstaltning være, at der etableres et slangesystem, som kan monteres på køretøjerne ved ind- og udkørsel.
Yderligere foranstaltninger, hvis der etableres en grænseværdi på 1 µg EC/m ³	Hvis der etableres en grænseværdi på 1 µg/m ³ , vurderes det, at udsugning til montering på udstødningsrør ved ind- og udkørsel vil skulle etableres på størstedelen af alle autoværksteder (herunder også værksteder til lastbiler, busser, entreprenør og landbrugsmaskiner).

5.8 Arbejdstagere, som arbejder udendørs, hvor der er intensiv brug af dieseldrevne maskiner

Der er i forbindelse med dataindsamlingen rettet henvendelse til Dansk Byggeri, Asfaltindustrien, Danske Maskinstationer og Entreprenører, Aarsleff, NCC Danmark og Züblin A/S, men der er ikke modtaget oplysninger fra alle.

	Arbejdstagere som arbejder udendørs, hvor der er intensiv brug af dieseldrevne maskiner
Hvordan sker udsættelsen?	Arbejdstagere er udsatte for en kombination af koncentrationen i udeluften og dieseludstødning fra køretøjer og maskiner på arbejdspladsen.
Typer af forskellige arbejdspladser med eksponering inden for den enkelte virksomhed	Der vil være en række arbejdspladser med eksponering inden for bygge og anlæg herunder asfaltører, anlægsarbejdere, betonfolk, nedrivere, bygningshåndværkere m.fl. De højeste niveauer må forventes, når der anvendes dieseldrevne maskiner i lukkede eller delvist lukkede gaderum i midtbyzoner eller på trafikerede veje, hvor der også er et højt baggrundsniveau, samt hvor aktiviteterne foregår i udgravninger. Særligt høje niveauer kan forventes ved arbejde indendørs (f.eks. asfaltering i store haller eller i tunneller) eller i telte.
Eksponeringskoncentrationer og eksponeringstid	Der er fundet en enkelt dansk undersøgelse af en udgravning med overdækning, hvor der med stationært udstyr tre på hinanden følgende dage blev fundet en gennemsnitskoncentration (8-timers TWA) på 5,3 BC µg EC/m ³ (se afsnit 3.1.4). Den højeste målte dagsgennemsnit var på 11,7 µg BC/m ³ . Da der ikke er udført personlige målinger er det ikke muligt at sige, om der er forskel på udsættelsen af medarbejdere, der betjener maskinerne, og andre medarbejdere, der arbejder i udgravningen, og det er heller ikke muligt at vurdere, om der kan være enkelte medarbejdere, der er eksponeret for højere koncentrationer end koncentrationer, der er målt med den stationære udstyr. Nyere hollandske (Vollandis, 2018) undersøgelser har fundet koncentrationer (8-timers TWA) over 5 µg EC/m ³ i tre ud af 5 undersøgte virksomheder. Aktiviteterne omfattede fundering, betonbelægning i et telt og asfaltarbejde (se afsnit

	Arbejdstagere som arbejder udendørs, hvor der er intensiv brug af dieseldrevne maskiner
	<p>3.2.2). De højeste koncentrationer på over 50 µg EC/m³ blev fundet ved betonarbejde i et telt, mens der ved asfaltarbejde i en tunnel blev målt koncentrationer på op til 27 µg EC/m³. Der sås ikke væsentlige forskelle mellem medarbejdere der betjente maskinerne og medarbejdere der arbejdede i nærheden af maskinerne. Der blev også fundet koncentrationer over 5 µg EC/m³ hos en operatør, der betjente en ny maskine, men det er ikke klart om vedkommende kan være udsat for udstødning fra andre maskiner på arbejdsstedet. I to virksomheder, der arbejdede med henh. nedrivning og fundering var alle koncentrationer under 1,8 µg EC/m³. Undersøgelse af arbejde med dieseldrevne vibratorer viste ligeledes koncentrationer over 5 µg EC/m³.</p> <p>Tyske undersøgelser (BG BAU, 2018) fra de seneste 10 år af forskellige typer af anlægsarbejde har fundet koncentrationer væsentlig over 5 µg EC/m³ og i et enkelt tilfælde med en 95% fraktil over 50 µg EC/m³. De anvendte maskiner var ikke forsynede med filtre. Der blev ikke fundet væsentlige forskelle mellem byggemaskiner, der arbejdede i jordniveau, og byggemaskiner der arbejdede i skakte eller gruber, hvor der blev fundet 95% fraktiler på henh. 43 og 45 µg EC/m³.</p> <p>Både de tyske og hollandske målinger er foretaget i tæt samarbejde med brancheorganisationer inden for bygge- og anlægssektoren.</p> <p>Resultaterne tyder på, at det ofte forekommer, at der er koncentrationer væsentlig over 5 µg EC/m³, og der også i nogle tilfælde forekommer koncentrationer over 50 µg EC/m³. På det nuværende grundlag vil det antages, at koncentrationer over 5 µg EC/m³ kan forekomme inden for alle sektorer, hvor der er særlig risiko for udsættelse for dieseludstødning fra maskiner på arbejdspladsen f.eks. i udgravninger, delvist lukkede byrum, i telte, tunneller mm. Der er ikke et tilstrækkeligt grundlag til at vurdere om koncentrationerne altid vil være under 5 µg EC/m³ ved arbejder, der ikke foregår i delvist lukkede rum eller udgravninger. Der vil også meget muligt kunne forekomme værdier over 10 µg EC/m³.</p> <p>Det vil her antages, at risikoen for høje koncentrationer endvidere er knyttet til arbejdspladser, hvor der anvendes maskiner, som ikke er udstyret med filtre til begrænsning af udslip af partikler.</p> <p>I de hollandske undersøgelser var der enkelte af målingerne, der var under detektionsgrænsen, som var 1 µg EC/m³. Den laveste værdi angivet i de tyske målinger er 3 µg EC/m³.</p>
Baggrundsniveau	<p>Arbejdstagere, der arbejder udendørs, vil være konstant udsatte for udendørsniveauet på det sted, hvor arbejdet foregår, med de højeste værdier i midtbyzoner på omkring 2,2 µg EC/m³ som gennemsnit om dagen, mens den i mindre befærdede områder i byerne formentlig vil ligge lidt under 1 µg EC/m³</p> <p>Der vil formentlig også kunne være relativt høje baggrundskoncentrationer ved arbejde tæt på trafikerede veje uden for midtbyzoner.</p>
Tekniske foranstaltninger taget for at mindske udsættelsen	<p>I følge 3F er der kun sjældent gjort tiltag for at formindske dieseludstødning på arbejdspladserne, dog ses på flere områder en tendens væk fra brug af dieseldrevne maskiner. Der er kun sjældent eksplicit fokus på dieseludstødning, men oftere på støv på byggepladsen. Forebyggelse af støv vil ofte også kunne forebygge udsættelse for dieseludstødning.</p> <p>Der er i nogle tilfælde installeret partikelfiltre på ældre udstyr, men dette er ifølge videncentre ikke almindeligt. Muligheder for installering af partikelfiltre er nærmere beskrevet i afsnit 6.2.10</p> <p>Nogle virksomheder, f.eks. inden for asfaltbranchen, har udskiftet diesel med GTL (gas-to-liquids) (se nærmere beskrivelse i afsnit 6.2.1). GTL er et flydende brændstof til dieseldrevne motorer fremstillet af naturgas i stedet for råolie. Produktet brænder renere end råoliebaseret diesel, og der udledes derfor færre skadelige stoffer. Brug af GTL reducerer udledningerne af partikler med omkring</p>

	Arbejdstagere som arbejder udendørs, hvor der er intensiv brug af dieseldrevne maskiner
	18% fra ældre køretøjer (Euro 1 og 2) og 10-38% på nyere køretøjer ³⁵ . GTL kan anvendes direkte i eksisterende dieselmotorer uden investering i partikelfilter, motorjustering eller nyindkøb. Der foreligger en række eksempler på virksomheder, der har udskiftet diesel med GTL på deres køretøjer og anlægsmaskiner (DCC Energi, 2019).
Organisatoriske foranstaltninger taget for at mindske udsættelsen	Der er ikke fundet oplysninger om organisatoriske tiltag.
Planlagte yderligere foranstaltninger	Der er ikke fundet oplysninger fra aktører om planlagte yderligere foranstaltninger. Der er i København et ønske om en lovændring, der giver kommunen mulighed for at kræve, at både offentlige og private byggerier laves med miljøvenlige maskiner. I følge overborgmester Frank Jensen vil kravet i første omgang blive at bruge biobrændstof på maskinerne, men på sigt bliver det også krævet, at de skal være elektrificerede (Ejendomswatch.dk, 2019).
Antal eksponerede pr. arbejdssted og virksomhed	Der er stor variation mellem antallet af eksponerede per arbejdssted. Ved udgravninger vil der typisk være mindre end 10 eksponerede pr. arbejdssted, mens der ved store anlægsarbejder vil kunne være betydeligt flere. De største virksomheder vil kunne have adskillige tusinde ansatte, som kan være potentielt udsatte.
Antal eksponerede i hele landet	I følge et overslag fra 3F er der følgende antal arbejdstagere, der potentielt kan være udsatte ved disse aktiviteter: Asfaltører: ca. 1.800 ansatte, som bliver udsat for dieselos fra maskiner eller fra køretøjer på vejene. 3F vurderer, at denne gruppe er den mest udsatte på bygge- og anlægsområdet. Anlægsarbejdere: Ca. 13.000 ansatte, som alle vurderes at arbejde i nærheden af dieseldrevne maskiner i perioder. 3F vurderer, at denne gruppe er den næstmest udsatte på bygge- og anlægsområdet. Betonfolk: Ca. 8.500 ansatte, hvoraf en mindre del vil være udsat i perioder. Det er kun en del af tiden, de arbejder i udgravninger eller ved siden af dieseldrevne maskiner. Nedrivere: Ukendt antal, hvoraf mange arbejder nær lastbiler og nedbrydningsmaskiner. Bygningshåndværkere på byggepladserne: Ca. 50.000, herunder over 20.000 tømrere (arbejder skiftevis ude og inde), hvoraf de fleste arbejder ude og i den forbindelse udsættes sporadisk for dieseludstødning. En del vil i perioder kunne blive udsat i større omfang. En del bygningshåndværkere udsættes også for dieseludstødning, når der bruges dieseldrevne maskiner i kælderetager, p-huse, ved delvist inddækkede områder mv. Det skal her regnes med, at der samlet er 15.000 - 40.000 arbejdstagere der enten dagligt eller fra tid til anden vil kunne være udsatte for dieseludstødning over baggrundsniveauet på den pågældende lokalitet.
Forventet udviklingstendens grundet ændringer baggrundsniveauer og i styrken af kilder	Da kilderne til dieseludstødning vil være en bred vifte af køretøjer og maskiner, må der må som konsekvens af udskiftning af ældre maskiner forventes et fald i eksponeringsniveauerne, som svarer til det forventede fald ved tunnelarbejder (se afsnit 3.2.2). Det betyder, at gennemsnitskoncentrationen i 2023 vil være ca. halvdelen af 2018 niveauet.
Yderligere foranstaltninger, for at efterleve en grænseværdi på 50 µg EC/m ³	Der vil i særlige tilfælde kunne være behov for foranstaltninger for at sikre, at udsættelsen af alle arbejdstagere er under 50 µg EC/m ³ .

³⁵ https://www.dccenergi.dk/gtl.aspx?gclid=Cj0KCQiAl5zwBRCTARIsAIrukdozSnWEV9dWriIT4QSzrUnu3nkOt7IFODboxF7Tbew7ZOZXLho3T70aArcUEALw_wcB

Arbejdstagere som arbejder udendørs, hvor der er intensiv brug af dieseldrevne maskiner	
Yderligere foranstaltninger, for at efterleve en grænseværdi på 5 µg EC/m ³	<p>Der vurderes bredt at skulle tages foranstaltninger for at sikre, at udsættelsen af arbejdstagerne er under 5 µg EC/m³ for de typer af arbejder, hvor der er særlig risiko for udsættelse.</p> <p>Følgende foranstaltninger vurderes videre i afsnit 6.2.10:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Eftermontering af filtre på ældre maskiner - Brug af GTL eller andre drivmidler, der resulterer i mindre partikelemissioner - Punktudsugning på udstødningsrør, når der arbejdes i udgravninger eller under telt - Organisatoriske foranstaltninger, f.eks. brug af færre maskiner samtidig, brug af den nyere del af maskinparken til arbejder med risiko for høj eksponering, undgå arbejde tæt på maskiner uden filtre, arbejdsrotation, arbejde når der er minde baggrundskoncentration fra trafik, forhindre trafik nær arbejdssted. mm. - Luftrensning af køretøjers kabiner med filtre egnede til filtrering af ultrafine partikler - Udskiftning af dieseldrevet materiel med gas- eller eldrevet til arbejder med særlig risiko for høj eksponering - Brug af åndedrætsværn i særlige situationer, som f.eks. arbejde i tunneler, inde i bygninger, eller i telt. <p>Arbejdsmarkedets partnere inden for bygge- og anlægssektoren i Holland har udarbejdet vejledning vedrørende tiltag til at reducere udsættelsen af arbejdstagere for dieseludstødning (Volandis, 2018). Denne vejledning indeholder flere situationsspecifikke tiltag end de, der inden for rammerne af dette projekt er undersøgt.</p>
Yderligere foranstaltninger, hvis der etableres en grænseværdi på 1 µg EC/m ³	<p>En grænseværdi på 1 µg/m³, der i midtbyzoner er over koncentrationen i udeluften, vil formentlig indebære en kombination af eftermontering af katalysatorer og filtre på alle ældre maskiner, udfasning af dieseldrevet udstyr ved arbejde i udgravninger og andre steder med risiko for relativt høj eksponering, brug af lukkede kabiner med overtryk, og/eller at mange arbejdstagere skal anvende åndedrætsværn ved en stor del af de udendørs arbejder.</p>

5.9 Udvalgte typer af arbejdspladsers repræsentativitet

De udvalgte arbejdssteder vurderes at repræsentere områder med relativt høj risiko for udsættelse for dieseludstødning på et niveau over de vurderede grænseværdier.

Inden for togsektoren er arbejdstagere involveret i reparationsarbejde valgt bl.a. fordi dette område kan anvendes til også at pege på muligheder for reduktion af udsættelse inden for andre områder. Der vil muligvis kunne forekomme højere eksponeringer af arbejdstagere i tog, der trækkes af dieseldrevne ME lokomotiver, men disse vil snart udfases, og der er derfor ikke specifikt set på dette arbejdsområde.

Færgepersonale, der leder køretøjer ind og ind af færgerne, vurderes også at være repræsentative for andre personalegrupper som f.eks. færgepersonale, der varetager parkering af trailere.

Inden for landtransportsektoren repræsenterer de vurderede arbejdspladser de funktioner med potentielt højest risiko, og eksponeringssituationerne vil ikke være repræsentative for eksempelvis langturschauffører, der vurderes at være udsatte på lavere niveau.

Inden for luftfartsektoren er den vurderede personalegruppe den, som ved målinger er at have de højeste eksponeringsniveauer for ultrafine partikler, men der vil også være andre faggrupper, der arbejder på forpladserne i lufthavnene, og som kan være udsatte for næsten lige så høje niveauer. Det skal her vurderes,

at bagageportørerne kan regnes at være repræsentative for det samlede antal arbejdstagere på forpladsen i lufthavnene.

Inden for bygge- og anlægssektoren vurderes det her, at arbejdstagere, som arbejder udendørs, hvor der er intensiv brug af dieseldrevne maskiner, vil repræsentere de højeste eksponeringsniveauer. Der kan være enkeltstående tilfælde, hvor der anvendes dieseldrevne maskiner indendørs, enten ved bygge/anlæg eller i industrien, men ud fra de tilgængelige oplysninger vurderes dette kun, at kunne ske i særlige tilfælde, og det samlede antal arbejdstagere eksponeret for relativt høje niveauer ved indendørs arbejde vurderes at være lille.

Ingen af de valgte arbejdssteder repræsenterer eksponering i landbruget. Ud fra udenlandske undersøgelser vurderes det, at der i landbruget kan opstå situationer med høj eksponering, men at der typisk vil være tale om mere kortvarige situationer.

Grænsevagter, billetpersonale ved Storebæltsbroen, og lign. er ikke repræsenteret af de udvalgte arbejdspladser, men det samlede antal udsatte vurderes at være relativt lille og udsættelsen vil ikke være højere end de niveauer, man finder i trafikerede områder i større byer.

6 Erhvervsøkonomiske konsekvenser af indførelse af grænseværdier

Formålet med dette kapitel er at få et overblik over de erhvervsøkonomiske konsekvenser i Danmark af at indføre EU-grænseværdien på 50 µg EC/m³ eller en lavere national grænseværdi på 5 µg EC/m³. Dertil kommer en kvalitativ vurdering af konsekvenserne af etablering af en grænseværdi på 1 µg EC/m³. Grundet det meget begrænsede datagrundlag, hvad angår aktuelle målinger, er det for mange af arbejdspladserne vanskeligt at bestemme, i hvilken grad der vil være behov for at nedbringe udsættelsen for at kunne efterleve en grænseværdi på 5 µg EC/m³, se kapitel 5 for en nærmere gennemgang. Der vil derfor ved beregningerne arbejdes med intervaller, som angiver det mulige spænd i omkostningerne.

Vurderingen er lavet i overensstemmelse med Erhvervsstyrelsens retningslinjer for Erhvervsøkonomiske konsekvensvurderinger (Erhvervsstyrelsen 2015). Opgørelsen af de erhvervsøkonomiske konsekvenser er baseret på, hvad det vil koste at nedbringe emissionerne fra de otte konkrete typer af arbejdspladser; se kapitel 5 for en nærmere beskrivelse. Det vurderes, at omkostningerne knyttet til disse otte typer af arbejdspladser vil udgøre langt den største del af de erhvervsøkonomiske omkostninger på samfundsplan.

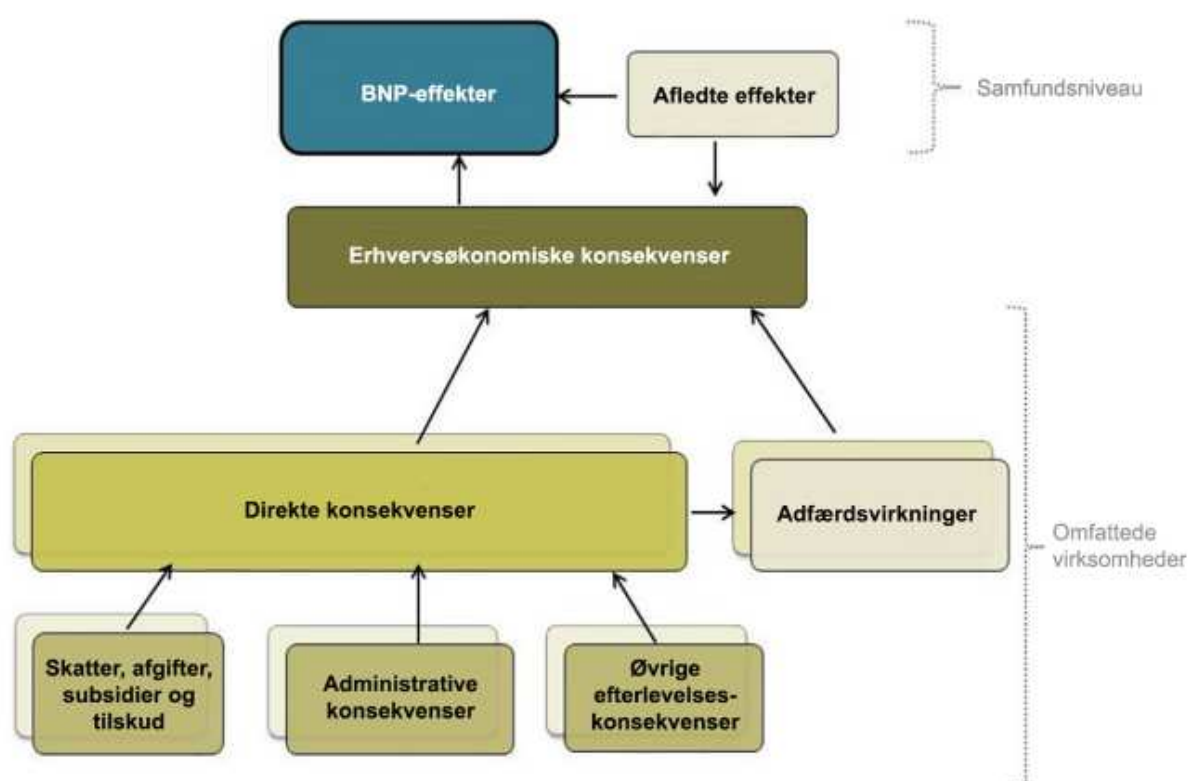
Beregningen er opdelt på følgende aktiviteter:

- › Identifikation af de relevante effekter/konsekvenser
- › Opgørelse af effekter/konsekvenser for de udvalgte typer af arbejdspladser
- › Samlet vurdering af erhvervsøkonomiske konsekvenser

6.1 Identifikation af de relevante effekter/konsekvenser

De erhvervsøkonomiske effekter er opgjort i henhold til metoderne i "Vejledning om erhvervsøkonomiske konsekvensvurderinger" (Erhvervsstyrelsen, 2015) og "Vejledning om konsekvensanalyser" (Erhvervsstyrelsen, 2018).

De erhvervsøkonomiske effekter opdeles som vist nedenfor.



Figur 6.1 Kategorisering af de erhvervsøkonomiske konsekvenser (Erhvervsstyrelsen, 2015 figur 1).

Analysen omfatter alle elementer, men fokus er på de direkte efterlevelseseomkostninger. Det er de omkostninger, som virksomhederne har til at nedbringe eksponeringen.

Der er ikke væsentlige skatte- eller afgiftsmæssige omkostninger. Der er visse administrative konsekvenser, som beskrives i det følgende.

De direkte omkostninger er det element, som er afgørende for, om der er adfærdsvirkninger. Jo større de direkte omkostninger er, jo større er sandsynligheden for adfærd ændringer.

Der er primært to forhold, som bør nævnes, når man skal vurdere de erhvervsøkonomiske konsekvenser. Det drejer sig om:

- › Mulige besparelser som følge af lavere sygefravær, når eksponeringen reduceres,
- › Andre politiske mål – først og fremmest klimamålsætninger.

Efterlevelseseomkostningerne omfatter både omkostninger og besparelse. Fokus i analysen er på vurderingen af omkostningerne ved de tiltag, som kan blive nødvendige for at sikre overholdelse af en grænseværdi. Nedbringelsen af eksponeringen for dieseludstødning vil forventes at reducere sygelighed hos de eksponerede arbejdstagere. Da opgaven ikke omfatter en vurdering af sundhedsgevinsterne ved at indføre en grænseværdi, foreligger der ikke skøn over, hvordan sygelighed og dødelighed vil blive reduceret. Derfor har det ikke været muligt at kvantificere den besparelse, som virksomheder måtte få. Det er dog vigtigt at have med i overvejelserne, at der vil være en sådan besparelse. De omkostningsskøn, som præsenteres, er derfor bruttoomkostninger, og nettoomkostningerne vil være mindre.

De klimapolitiske mål f.eks. 70% reduktion af klimagasudledninger i 2030 kan betyde en udfasning af dieseldrevne køretøjer. Virksomheder kan derfor blive nødt til at gennemføre tiltag for at opnå klimamål, som også vil medvirke til at overholde en grænseværdi for dieseludstødning. Den mulige synergi mellem tiltag i forhold til dieseludstødning og klima kan betyde, at nogle af de efterlevelseseffekter, som er skønnet i denne rapport som nødvendige for at overholde en grænseværdi for dieseludstødning, kan være omkostninger, som virksomheder alligevel skulle afholde for at nå klimamålsætningerne.

Begge de overfor beskrevne forhold peger på, at de reelle efterlevelseseffekter kan være mindre end, hvad der er beskrevet i denne rapport.

Figuren ovenfor illustrerer, at der kan være videre afledte effekter på samfundsniveau som følge af de direkte omkostninger og de mulige adfærdsændringer. Disse afledte effekter er ikke analyseret i denne rapport, men der gives en kort kvalitativ beskrivelse af, om der kan forventes sådanne effekter. Som udgangspunkt er tommelfingerreglen, at der kan være effekter på f.eks. BNP, hvis de erhvervsøkonomiske konsekvenser er større end 50 mio. kr. pr år.³⁶

I næste afsnit beskrives opgørelsen af efterlevelseseffekterne.

6.2 Omkostninger til at nedbringe emissionerne fra de otte udvalgte typer af arbejdspladser

Selve opgørelsen følger i store træk de trin, som vejledningen i erhvervsøkonomiske konsekvenser beskriver. Opgørelsen er organiseret i følgende trin:³⁷

- › Kortlægning og afgrænsning af behovet for foranstaltninger (baseret på analysen i kapitel 5)
- › Inddeling i løbende omkostninger og omstillingskonsekvenser
- › Kvantificering af konsekvenserne for de udvalgte typer af arbejdspladser
- › Beregning af de samlede øvrige efterlevelseseffekter for de udvalgte typer af arbejdspladser

Første led i beregningen af omkostningerne af at indføre nye grænseværdier er en analyse af behovet for at indføre yderligere beskyttelsesforanstaltninger. For hver af de 8 konkrete typer af arbejdspladser er de eksisterende foranstaltninger blevet beskrevet i kapitel 5, og det er i dette kapitel vurderet, hvilke foranstaltninger der vil være nødvendige for at nedbringe udsættelsen (8-timers gennemsnit) til henh. 50 µg EC/m³ og 5 µg EC/m³. Til dette formål er der indsamlet oplysninger fra de relevante virksomheder, leverandører af udstyr, vidensinstitutioner, m.fl.

Foranstaltninger, som er vurderet, omfatter:

- › Erstatning af dieseldrevne køretøjer og maskiner med andre løsninger (f.eks. el- eller gasdrevne);
- › Brug af renere brændstoffer;

³⁶ Vejledning om erhvervsøkonomiske konsekvensvurderinger (Erhvervsstyrelsen, 2015)

³⁷ I forhold til vejledningens 6 trin så indgår f.eks. et business as usual scenarie i hele analysen, idet det vurderes om udviklingen i de berørte sektorer og brancher vil øge eller mindske behovet for foranstaltninger.

- › Muligheder for at regulere anvendelsen af dieseldrevne køretøjer og maskiner f.eks. undgå, at der køres i lukkede rum eller at undgå at dieseldrevne maskiner anvendes under reparationsarbejder.
- › Forbedrede filtre eller katalysatorer på køretøjer og maskiner.
- › Forbedret ud-/indsugning og ventilation.
- › Indeslutning af kilder (adskillelse fra udsatte arbejdstagere).
- › Jobrotation (forkortet eksponeringstid)
- › Andre organisatoriske foranstaltninger.

Dertil kommer en vurdering af de administrative omkostninger med fokus på mulige omkostninger til måling af eksponeringsniveauer.

6.2.1 Enhedsomkostninger af tiltag, der går på tværs af flere sektorer

Der er en række tiltag, som vil være relevante i relation til flere typer af arbejdspladser, hvor tiltag og enhedsomkostninger til tiltagene beskrives her. Denne viden vil inddrages i de efterfølgende afsnit, hvor det er relevant.

Brug af renere brændstof

Nærværende rapports redegørelse for alternative brændstoffer omhandler alternative drivmidler til dieselmotorer. Redegørelsen omfatter drivmidler som kan substituere diesel 100% som drivmiddel i dieselmotorer, og inkluderer derfor ikke drivmidler, som skal blandes i konventionel diesel eller drivmidler, som kun kan anvendes ved ændring af dieselmotoren. Derfor er følgende drivmidler ikke inkluderet: Naturgas, biometangas, biodiesel FAME og ethanol.

På nuværende tidspunkt er der to alternative drivmidler til diesel på det danske marked, HVO og GLT. HVO står for "Hydrotreated Vegetable Oil" og GTL står for "Gas to Liquid". Råvarerne, som anvendes til at producere GTL og HVO, er forskellige. GTL er et fossilt brændstof, hvor der anvendes naturgas som råvare til at producere drivmidlet. HVO er et biodiesel, som kan produceres ud fra forskellige kilder af affalds- og restprodukter og vegetabiliske olier. Begge drivmidler er paraffinsk diesel, som, når de opfylder den europæiske standard for paraffinsk diesel, EN 15940, kan substituere diesel som drivmiddel i dieselmotorer 100%. Fælles for brændstoftyper, som opfylder EN 15940, er en høj kvalitet og en renere forbrænding sammenlignet med konventionel diesel. Overordnet har de to drivmidler, GTL og HVO, meget ens egenskaber, som varierer en smule afhængig af den specifikke produktionsmetode samt råvare.

GTL og HVO kan anvendes i dieselmotorer som eneste drivmiddel, men er desuden blandbar med diesel (fra 0-100%). Hermed er det muligt at tanke diesel den ene gang og GTL eller HVO den næste, uden at det påvirker motoren. Mht. effektiviteten af drivmidlerne, angiver leverandøren af GTL, at effektiviteten af GTL er den samme som effektiviteten af diesel. Der er en række virksomheder, der har skiftet til GTL, og i følge de eksempler, der er på leverandørens hjemmeside, har der ikke været problemer med udskiftningen.

På HVO leverandørens hjemmeside³⁸ bliver drivmidlet angivet at kunne reducere udledningen af partikler og NO_x med op til 30%, og røgdudviklingen bliver hertil betydeligt mindre. Anvendelse af GTL kan ifølge leverandørens hjemmeside reducere udledningen af partikler med op til 38%, samt reducere udledningen af NO_x, carbonhydrider og kulilte. Begge drivmidler har et højere cetantal³⁹ end konventionel diesel, hvilket giver en forbedret forbrænding. Leverandøren af GTL giver flere eksempler på, hvordan GTL's renere forbrænding har mindsket sodbelastningen.⁴⁰ Dog har det ikke været muligt ved henvendelse til leverandører af alternative drivmidler i Danmark at fremskaffe direkte målinger, der dokumenterer reduktionen i EC. Der vil her som udgangspunkt regnes med, at brugen af de alternative drivmidler vil kunne reducere udledningen af EC med en tredjedel, men med det forbehold, at dette ikke er dokumenteret.

De gennemsnitlige priser for GTL og HVO fremgår af Tabel 6.1. Priserne er baseret på listepriser fra to leverandører, og skal derfor tages med forbehold. Værdierne er gennemsnitsværdier for året 2019 og udregnet via oplysninger på leverandørernes hjemmesider. For at kunne sammenligne priser på alternative drivmidler med priser på konventionel diesel, fremgår to priseksempler på konventionel diesel fra de samme leverandører, som leverer GTL og HVO. De to konventionelle dieseltyper, 'off-road diesel' og 'transport diesel' som er angivet i Tabel 6.1 er anvendt, da GTL og HVO kan anvendes som alternativer til disse konventionelle dieseltyper. Transportdiesel opfylder Miljøministeriets krav for dieselbrændstof til brug i indregistrerede motorkøretøjer og opfylder Skatteministeriets krav til svovlfri dieselbrændstof. Off-road diesel/entreprenørdiesel er et ufarvet produkt, som anvendes til ikke vej-gående maskiner og produktet adskiller sig fra øvrige dieselprodukter ved at det f.eks. ikke er tilsat biodiesel. En estimeret prisstigning på 3-4% ved skift til GTL er i overensstemmelse med oplysninger fra brugere, der har skiftet til GTL. Eksempelvis har Nordjyske Jernbaner i 2018 udskiftet diesel med GTL og oplyser, at prisen er nogle få procent højere⁴¹.

³⁸ <https://www.ok.dk/erhverv/hjaelp/braendstof/hvo-biodiesel>

³⁹ Cetanantallet er et mål for brændstoffets evne til at selvantænde ved højt tryk og temperatur.

⁴⁰ https://www.dccenergi.dk/gtl.aspx?gclid=EAIaIQobChMI8a6kje395wIVjMmyCh2XtQUXEAAAY-ASABEgJeCPD_BwE

⁴¹ <https://www.kollektivtrafik.dk/nordjyske-dieseltog-kog248rer-pog229-naturgas/227>

Tabel 6.1. Gennemsnitlige priser for konventionel off-road diesel og transport diesel, samt de alternative drivmidler, HVO og GTL, i året 2019. Priserne er priseksempler på produkter uden brændstofoptimering eller andre former for tilkøb. Priserne er listepreiser fra to leverandører og er inkl. afgifter men uden mons.

Leverandør	Alternativt drivmiddel HVO/GTL	Off-road diesel		Transport diesel	
	Pris pr. liter	Pris pr. liter	Stigning i procent ved skift	Pris pr. liter	Stigning i procent ved skift
Leverandør af HVO (CPO) ^a	13,46 kr.	9,22 kr.	46,1 %	9,12 kr.	47,7 %
Leverandør af GTL ^b	9,49 kr.	9,21 kr.	3,0 %	9,11 kr.	4,2 %

^a Priserne er udregnet via oplysninger fra en dansk HVO-leverandørs hjemmeside⁴² og er gennemsnitlige priser for 2019. For HVO er beregningerne dog lavet med data fra maj 2019 og resten af året. CPO: crude palm oil.

^b Priserne er udregnet på en dansk GTL-leverandørs hjemmeside⁴³ og er gennemsnitlige priser for 2019.

Det fremgår af Tabel 6.1. at prisforskellen på de to alternative drivmidler er stor. HVO er op til 48% dyrere end konventionel diesel, mens GTL er 4,2% dyrere. For de videre beregninger af udgifter til brug af alternative drivmidler anvendes GTL, da dette er det billigste og dermed mest økonomisk favorable. Det bør noteres, at HVO muligvis har en bedre miljømæssig profil end GTL, da HVO er et biodiesel og GTL er et fossilt brændstof. Anvendelse af HVO reducerer f.eks. også udledningen af CO₂, men da udledning af CO₂ ikke er relevant for nærværende rapport, er denne problematik ikke inkluderet i vurderingen.

Kabinefiltre

For arbejdstagere, der bruger tid i bil- og lastbilkabiner, er det en mulighed at reducere ind sugningen af bl.a. fine partikler ved at anvende specifikke kabinefiltre. I Danmark er Bosch Danmark den største markedsudbyder af kabinefiltre med op til 95-98% af markedet. Bosch Danmark tilbyder tre forskellige serier indenfor kabinefiltre til personbiler. Den mest effektive serie af disse tre er Bosch FILTER⁺, hvilket er filtre som filtrerer op til 99% af PM_{2.5}. Bosch Danmark informerer, at filterne i denne serie også hindrer sod og pollen i at trænge ind i kabinen. Foruden at filtrere fine partikler, bortfiltreres ildelugtende og sundhedsskadelige gasser (ozon, smog og udstødningsgasser) ved brug af aktivt kul i filteret. Til sammenligning filtrerer et standard filter fra Bosch Danmark pollen og PM₁₀. FILTER⁺-serien, som udbydes på det danske marked, kan anvendes til personbiler, men ikke lastbiler. Standardfiltre kan monteres i lastbiler og disse oplyses at kunne filtrere nær 100% af alle finstøvpartikler (PM₁₀), samt sod og pollen.

FILTER⁺ har et lag med fine mikrofibre, som filtrerer finstøv-, sod- og snavspartikler. Testresultater for filterets effektivitet afhængig af partikelstørrelse viser, at effektiviteten for filteret falder med mindre partikelstørrelse. Den laveste effektivitet ses ved den mindste partikelstørrelse (< 0,1 µm), hvor effektiviteten er på 65%.

Følgende priseksempler er fastsat ved dialog med Bosch A/S suppleret med en internetsøgning.

FILTER⁺-filter til anvendelse i Mercedes Benz. Pris 243-500 kr.

Standard filter til anvendelse i Mercedes Benz: Pris 92 kr.

⁴² <https://www.ok.dk/prisudvikling?produkt=200#>

⁴³ <https://www.dccenergi.dk/erhverv/diesel/listepreiser.aspx>

Kabinefiltre skal udskiftes for hver ca. 15.000 km eller en gang om året, da de gradvist mister deres effektivitet.

Faglige brancheorganisationer er blevet adspurgt vedr. anvendelse af kabinefiltre i f.eks. taxaer. Alle bemærkede, at anvendelse af kabinefilter ikke er et fokusområde inden for branchen.

Fremrykning af investeringer i renere maskiner

For flere arbejdspladstyper er et af de mulige tiltag at udskifte eksisterende dieseldrevet materiel med enten nyere og mindre forurenende version eller med eldrevne maskiner. Det er derfor et spørgsmål om, hvad omkostningen er ved at fremrykke investeringer i nye maskiner.

Udgangspunktet for en økonomisk optimal udskiftning af maskiner er den økonomiske levetid. Over tid vil man forvente, at omkostninger til løbende vedligehold og drift er stigende. Omkostningen ved at beholde en maskine et år længere er summen af vedligeholdelses- og driftsudgifter og det årlige værditab. Når denne omkostning er større end de samme typer omkostninger for en ny maskine, vil man udskifte.

Det er ikke muligt at lave generelle beregninger over, hvad det koster at fremskynde en udskiftning, uden at kende profilerne for vedligehold, drift og værditab. Hvis et skifte til eldrevne maskiner er mulig, vil disse ofte have lavere drifts- og vedligeholdelsesomkostninger, men være dyrere i indkøb.

Jo tættere maskiner og anden dieseldrevet udstyr er på den normale udskiftning jo mindre er ekstraomkostningen ved en fremskyndet udskiftning. Derfor vil det i mange tilfælde kunne være den billigste måde at reducere dieselemmissionerne.

6.2.2 Konsekvenser, der går på tværs af alle sektorer

Skatter, afgifter, subsidier og tilskud

Indførelse af grænseværdier for dieseludstødning vil ikke i sig selv give anledning til ændringer i skatter, afgifter, subsidier og tilskud. Virksomheder vil som beskrevet nedenfor kunne få omkostninger til udstyr, ændrede driftsrutiner og lignende.

I det omfang der skiftes fra f.eks. brug af diesel til brug af el som drivmiddel beregnes omkostningerne til de forskellige drivmidler inklusiv de afgifter, som betales af erhvervene.

Administrative konsekvenser

Der kan opstå administrative omkostninger afhængigt af de specifikke krav til måling og rapportering af efterlevelse af grænseværdierne.

Den væsentligste administrative omkostning vil bestå i at gennemføre målinger af det aktuelle niveau af eksponering, hvor dette måtte skønnes påkrævet.

Virksomhederne vil have et tidsforbrug til at vurdere om virksomheden overholder en fastsat grænseværdi, og et tidsforbrug til at organisere og gennemføre målinger, hvis det skønnes påkrævet. Tidsforbruget til at vurdere efterlevelse af grænseværdien er dog ikke medregnet som en yderligere omkostning. Alerede ved gældende regulering skal virksomhederne vurdere overholdelse af arbejdsmiljøreglerne.

Gennemførelse af målinger

Da der endnu ikke er etableret en grænseværdi, er der stort set ingen virksomheder, der i dag foretager målinger af elementært kulstof, og der vil dermed være tale om en ekstraomkostning. Det forventes, at det kun er de større virksomheder, som skal lave målinger. For mindre virksomheder som f.eks. værksteder

vil det her antages, at der ikke vil blive stillet krav til dokumentationsanalyser. Det er dog et åbent spørgsmål, hvordan det vil afklares, om der er behov for yderligere tiltag, men det kunne eventuelt ske med et eller flere af de tiltag, der nævnes i kapitel 7.

For de større virksomheder antages følgende vedrørende omkostninger til måling af koncentrationen som led i test af overensstemmelse med grænseværdien. Priserne er ca. priser for det samlede måleprogram inkl. analyser.

Orienterende måling (kontinuert måling af black carbon (BC). BC kan anvendes som proxy for EC, og fordelene ved måling af BC er, at den kan foretages med direkte visende instrument (aethalometer). En orienterende måling forventes af samme grund at kunne foretages med et personbåret aethalometer, der kontinuert måler koncentrationen af BC (i mg/m^3) i luften. Målingen foretages over en 8 timers arbejdsdag (således at der opnås en 8-timers TWA), og giver et godt overblik over det eksponeringsniveau, som medarbejderen udsættes for. Ud over at belyse, om eksponeringen er tæt på den givne grænseværdi for EC, vil resultatet af den kontinuerte måling sammen med en logbog over medarbejderens aktiviteter også give god information om, hvilke arbejdssituationer og processer, der giver anledning til særlig høj eksponering, og hvor der dermed evt. er behov for efterfølgende foranstaltninger.

Den orienterende måling kan ikke umiddelbart anvendes til dokumentation for efterlevelse af grænseværdien i henhold til DS/EN 689:2018.

Ca. pris 25.000 kr. ekskl. moms for en enkelt måling over en arbejdsdag.

Dokumentationsmåling (måling af elementært kulstof). Opsamling af støv i luften foregår gennem personbåren filteropsamling på kvartfilter i 8 timer med efterfølgende analyse af elementært kulstof (EC, mg/m^3). Målingen skal som dokumentationsmåling følge DS/EN 689:2018, således at resultatet kan bruges som dokumentation for om grænseværdien efterleves. Afhængigt af den på forhånd estimerede koncentration vil der opsamles og analyseres på 3 til 6 filtre.

Ca. pris (3 filtre): 30.000 kr. ekskl. moms

Ca. pris (6 filtre): 35.000 kr. ekskl. moms

Virksomhederne vurderes at have et mindre tidsforbrug i forbindelse med at tilrettelægge og gennemføre målinger. Dette er skønnet til 5-10 timer og ved en time omkostning på 500 kr. bliver denne omkostning 2.500 til 5.000 kr. Derfor regnes der med en samlet omkostning til målinger pr. arbejdsplads på ca. 40.000 kr.

Øvrige efterlevelseseffekter

De væsentligste omkostninger vil optræde i denne kategori af øvrige efterlevelseseffekter. Det er omkostninger til tekniske og organisatoriske tiltag, som reducerer eksponeringen og bringer den under grænseværdien.

Disse omkostninger beskrives i det følgende for hver af de udvalgte typer af arbejdspladser. Hvert afsnit indledes med kort at beskrive, hvem der kan blive berørt og ikke mindst, om der kan forventes et behov for yderligere tiltag. Disse beskrivelser er baseret på og sammenfatter beskrivelserne i kapitel 5.

6.2.3 Reparation af tog

Sektorer og virksomheder, der vil kunne blive berørt

Reparation af dieseldrevne tog sker bl.a. på DSBs værksteder i København, Fredericia og Aarhus og på Arriva Togs værksteder i Struer og Varde.

Behov for yderligere tiltag ved en grænseværdi på 5 µg EC/m³

Det vurderes, at med de tiltag som er indført eller i gang med at blive indført, vil alle arbejdsstederne hos DSB kunne efterleve en grænseværdi på 5 µg EC/m³.

For Arrivas to værksteder kan det blive nødvendigt med forbedret udsugning. Der regnes med en investering på ca. 2 mio. kr. pr. værksted til forbedret udsugning⁴⁴. Der regnes med driftsomkostninger på 10%. Den samlede annualiserede omkostning pr. værksted bliver derfor ca. 330.000 kr. pr. år⁴⁵.

Udfasningen af diesellokomotiver vil på sigt reducere niveauerne helt ned til baggrundsniveauet.

Samlede efterlevelsedomkostninger af yderligere tiltag ved en grænseværdi på 5 µg EC/m³

Som beskrevet ovenfor kan det blive nødvendigt med tiltag på Arrivas to værksteder. Hvis det viser sig nødvendigt kan de samlede efterlevelsedomkostninger skønnes til ca. 660.000 kr. pr. år. Engangsinvesteringen er på ca. 4 mio. kr. og med årlige driftsomkostninger på 10% og levetid på 20 år fås en samlet årlig omkostning på 660.000 kr. Efterlevelsedomkostningerne vil være nul, hvis målinger viser, at grænseværdien er overholdt under de eksisterende forhold og der ikke er behov for yderligere tiltag. De samlede efterlevelsedomkostninger kan derfor skønnes til at ligge mellem 0 kr. og ca. 0,66 mio. kr. pr. år.

Da der ikke findes målinger af EC i værkstederne, og de her gengivne estimater er baseret på usikre omregningsfaktorer fra antal UFP, forventes det her, at det vil være nødvendigt at lave målinger for at demonstrere, at grænseværdien er overholdt.

Omkostningerne til måling for fem værksteder skønnes til ca. 200.000 kr. Det er baseret på de ovenfor beskrevne omkostninger. Det antages, at der gennemføres én dokumentationsmåling på hver af de fem værksteder som supplement til de eksisterende målinger af ultrafine partikler på nogle af værkstederne. Der er regnet med, at målingerne kun foretages en gang, og at der i øvrigt fortsættes med målinger af ultrafine partikler, som der også gøres i dag.

Andre konsekvenser ved en grænseværdi på 5 µg EC/m³

Der forventes ikke andre konsekvenser for DSB og Arriva. Omkostninger som Arriva måske skal afholde er relativt begrænsede og forventes ikke at påvirke konkurrenceforholdene i branchen. Dertil kommer, at overholdelse af grænseværdierne er et ens krav til alle operatører.

Den eksponering af lokoførere, togførere og andet personale, som er blevet demonstreret i en række undersøgelser, har været knyttet til de ældre typer af dieseldrevne lokomotiver, som antages at være udfaset inden en grænseværdi træder i kraft.

⁴⁴ Dette er et ekspertskøn baseret på erfaringer fra en række studier. Se bl.a. RPA (2018).

⁴⁵ Investeringen er på 1,9 mio. kr. per værksted – i alt 3,8 mio.kr. Den årlige drift af den forbedrede udsugning svarer til ca. 0,38 mio.kr. Med en levetid på 20 år er den annualiserede investeringsomkostning ca. 0,28 mio. kr. Samlede årlige omkostninger er derfor ca. 0,66 mio. kr.

Konsekvenser ved en grænseværdi på 1 µg EC/m³

Hvis der etableres en grænseværdi på 1 µg EC/m³ vil der muligvis kunne være behov for forbedret udsugning over udstødningen på alle værksteder, men det er vanskeligt at vurdere, om det vil kunne være nødvendigt, hvis togene (DSB) ikke længere kører ud og ind af hallerne, men trækkes af elektriske rangérmaskiner. De mulige omkostninger er ikke estimeret. Hos Arriva vil der formentlig være behov for at investere i elektrisk udstyr, der kan trække togsættene ud og ind af hallerne, ud over forbedret udsugning som muligvis også vil være nødvendig ved etablering af en grænseværdi på 5 µg EC/m³.

6.2.4 Nyanlæg af og reparationsarbejder i tunneller

Sektorer og virksomheder, der vil kunne blive berørt

Der er tale om eksponering ved eksisterende tunnelanlæg, hvor der udføres vedligeholdelsesarbejder, samt ved bygning af nye tunnelanlæg. De største eksisterende tunnelanlæg er tunnelerne under Storebælt og Øresund, Københavns Metro, Boulevardbanen ml. Kbh. Hovedbanegård og Østerport Station og Nordhavnsvej i Kbh., som vurderes tilsammen at udgøre over 95% af den samlede længde af tunneler i Danmark. Det største igangværende tunnelanlæg er Kbh. Metro M4 til Sydhavn. Der er ca. 6 større tunnelanlæg. Det største igangværende nyanlæg er Kbh. Metro M4 til Sydhavn.

I alt vurderes det, at der kan være mellem 430 og 900 eksponerede arbejdstagere, hvor af en stor del kun er eksponeret i kortere perioder, mens de udfører vedligeholdelsesarbejde.

Behov for yderligere tiltag ved en grænseværdi på 5 µg EC/m³

Der forventes ikke et behov for yderligere tiltag ved en grænseværdi på 50 µg EC/m³.

Udenlandske målinger tyder på, at det kan det blive nødvendigt med yderligere tiltag for at kunne efterleve en grænseværdi på 5 µg EC/m³, men det er uklart, i hvilket omfang de eksisterende målinger er repræsentative for nuværende danske forhold, idet der kun er fundet en enkelt måling foretaget i Danmark. Det er derfor usikkert, om det vil være nødvendigt med yderligere foranstaltninger.

Foranstaltninger, der kan reducere udsættelsen yderligere

Tekniske foranstaltninger. I forbindelse med reparationsarbejder på togtunneller bruges bl.a. dieseldrevne troljer, som kan give anledning til eksponering for dieseludstødning. Ud fra de tilgængelige oplysninger vil der være flest eksponerede arbejdstagere der arbejder i togtunneler. I princippet er de mest relevante tekniske tiltag:

- › Brug af renere brændsler
- › Eftermontering af filtre mv. på ældre troljer
- › Brug af nyere maskiner med katalysatorer og filtre, som reducerer emissionerne eller brug af el-drevne maskiner.

Ved arbejder i vej-tunneller anvendes der en række forskellige dieseldrevne køretøjer og tiltag vil kunne være at eftermontere katalysatorer og filtre, anvende udstyr der lever op til nyeste Euronorm eller anvende el-drevet udstyr. Reparationsarbejder i vej-tunneller forgår typisk som kampagner med brug af lejet udstyr.

Organisatoriske foranstaltninger. Organisatoriske tiltag, som kan anvendes, er bl.a. jobrotation, der sikrer, at de eksponerede arbejdstagere arbejder i situationer med høj eksponering i kortere tid end et helt skifte. Der vil ligeledes kunne arbejdes med, at der anvendes et mindre antal dieseldrevet materiel på

samme tid. Der er ikke regnet på omkostninger til organisatoriske tiltag, der antages at være relativt små sammenlignet med tekniske tiltag.

Enhedsomkostninger af forskellige tiltag

Brug af renere drivmidler vil resultere i en øget løbende omkostning, idet disse brændsler er lidt dyrere. Det vurderes som en meromkostning på i størrelsen 3-4%, se afsnit 6.2.1. Som nævnt andetsteds er det endnu ikke dokumenteret, at udledninger af EC reduceres med samme rate som udledninger af partikler (som er ca. 30%).

Det er muligt at sætte filtre på troljer og omkostningen pr. trolje er på basis af oplysninger i jernbanetidende (2014) skønnet til ca. 0,5 mio. kr. Dertil kommer årlige driftsomkostninger som er skønnet til 5% svarende til 25.000 pr. trolje. Ved en restlevetid på 10-15 år betyder det en årlig omkostning på 75.000-85.000 kr. per trolje. Eftermontering af filtre er allerede foretaget på mange troljer og er planlagt for andre, så det er spørgsmålet, om etablering af en grænseværdi vil ændre på dette forhold.

Samlede efterlevelsomkostninger af yderligere tiltag ved en grænseværdi på 5 µg EC/m³

Det vurderes, at hvis yderligere tiltag er nødvendige for at efterleve en grænseværdi på 5 µg EC/m³, vil det kun være et begrænset antal troljer, som skal have eftermonteret filter, og for at få et mål for mulige årlige omkostninger antages det, at der er op til 30 troljer, der skal have eftermonteret udstyr, så de årlige omkostninger vil være i størrelsen 0,0 – 2,6 mio. kr.⁴⁶

Der anvendes andre typer af udstyr i vejttunneler. Vedligeholdelsesarbejder i vejttunneller foregår typisk som kampagner, hvor der anvendes lejet udstyr. Mulige foranstaltninger kunne være at anvende nyt udstyr, som lever op til seneste Euronorm, at anvende ældre udstyr med eftermonterede katalysatorer og filtre eller eldrevet udstyr. For en del af udstyret, vil det p.t. ikke være muligt at erstatte med eldrevet udstyr. Da det er uklart, i hvilken grad det vil være nødvendigt at udskifte udstyr, er det ikke muligt at estimere den mulige meromkostning. Der anvendes typisk op til 25 køretøjer pr. kampagne og de potentielle samlede årlige ekstraudgifter er her groft estimeret til 0-1,0 mio. kr.

Dertil kommer, at det her antages, at der vil være nødvendigt at fortage målinger for at demonstrere at grænseværdien er overholdt.

Omkostningerne til måling skønnes til ca. 40.000 kr. pr. arbejdssted. Hvis der skal måles i alle de fem største tunneler, bliver den samlede omkostning ca. 200.000 kr. Der er regnet med ét sæt dokumentationsmålinger.

Andre konsekvenser ved en grænseværdi på 5 µg EC/m³

Der forventes ikke andre konsekvenser.

Konsekvenser ved en grænseværdi på 1 µg EC/m³

Hvis der etableres en grænseværdi på 1 µg EC/m³, vil der højst sandsynligt være behov for en række både tekniske og administrative tiltag for at efterleve denne. I sin yderste konsekvens vil det ikke være muligt at anvende dieseldrevet materiel ved arbejde i tunneller, og omkostningerne til udskiftning af materiel

⁴⁶ Hvis der eksempelvis er 30 troljer så vil investeringen være på 15 mio. kr. og den annualiserede omkostning være på 1,85 mio. kr. hvis levetiden er 10 år. Der til kommer de årlige driftsomkostninger på 30 gange 25.000 kr. alt 750.000 kr.

vurderes potentielt at kunne være væsentligt højere end de maksimale omkostninger estimeret her for etablering af en grænseværdi på $5 \mu\text{g EC/m}^3$.

6.2.5 Bagagehåndtering i lufthavne

Sektorer og virksomheder, der vil kunne blive berørt

Eksposering vil kunne ske i Københavns Lufthavn, Billund Lufthavn og flere små lufthavne i provinsen.

Det samlede antal bagageportører på lufthavne i Danmark vurderes at være 500 – 1.000. Københavns Lufthavn udgør omkring 83% af antallet af flypassagerer i Danmark og formentlig en tilsvarende andel af bagageportører.

Behov for yderligere tiltag ved en grænseværdi på $5 \mu\text{g EC/m}^3$

Det vurderes ikke nødvendigt med yderligere tiltag for at efterleve grænseværdierne på hhv. 50 og $5 \mu\text{g EC/m}^3$. De tiltag, som er igangsat, har fokuseret på reduktion af emissionerne, herunder udfasning af dieseldrevne køretøjer, hvilket har ledt til faldende eksponeringskoncentrationer og vil lede til fortsatte reduktioner i koncentrationerne.

Foranstaltninger, der kan reducere udsættelsen yderligere

Udskiftning af dieseldrevne køretøjer med eldrevne pågår og vil fortsætte, således at der på sigt ikke anvendes dieseldrevne køretøjer.

Enhedsomkostninger af forskellige tiltag

Ikke relevant.

Samlede efterlevelsomkostninger af yderligere tiltag ved en grænseværdi på $5 \mu\text{g EC/m}^3$

Der forventes således ikke efterlevelsomkostninger fra yderligere tekniske eller organisatoriske tiltag. Derimod antages det, at det vil være nødvendigt med målinger, som kan demonstrere at grænseværdien efterleves. De koncentrationer, der er estimeret i denne rapport, er baseret på målinger af ultrafine partikler og en usikker omregning til EC og usikre antagelser om døgnvariationen i EC.

Som skøn for omkostninger til måling antages det, at der gennemføres både en orienterende måling og en dokumentationsmåling per lufthavn, og at det kun omfatter København og Billund lufthavne. Det betyder engangsomkostninger på ca. 60.000 kr. pr. lufthavn som supplement til de målinger af ultrafine partikler, der er foretaget. Der er regnet med, at der i første omgang ikke udføres målinger, der kan indikere, hvor stor en del af udsættelsen der skyldes dieseldrevet udstyr, og hvor meget der skyldes udledninger fra fly. Hvis dokumentationsmålingerne viser, at der kan være problemer med at overholde grænseværdien (hvad der her ikke forventes) vil det evt. kunne være relevant at foretage målinger, der indikerer, hvor meget af udsættelsen der skyldes dieseldrevet udstyr, men der er her antaget at der ikke vil være udgifter til dette.

Andre konsekvenser ved en grænseværdi på $5 \mu\text{g EC/m}^3$

Der forventes ikke andre konsekvenser.

Konsekvenser ved en grænseværdi på $1 \mu\text{g EC/m}^3$

Hvis der etableres en grænseværdi på $1 \mu\text{g/m}^3$ vil bidrag fra flyene højst sandsynlig være over grænseværdien, og konsekvenserne vil være meget afhængig af, om der kan skelnes mellem bidrag fra dieselmotorer og andre kilder. Der vurderes, at der med en grænseværdi på $1 \mu\text{g/m}^3$ vil være behov for at indføre foranstaltninger, herunder at fremskynde udskiftningen af dieseldrevet udstyr, eller at medarbejderne anvender åndedrætsværn i alle situationer, hvor der kan forekomme høje eksponeringsniveauer. Det har ikke været muligt at få estimater på omkostninger af at fremskynde udskiftningen af dieseldrevet udstyr. Hvis alle de berørte medarbejdere skulle anvende åndedrætsværn, vil omkostningen svare til ca. 1,3 til 2,5 mio. kr. pr.

år. Viser det sig nødvendigt med andre og mere omkostningsfyldt tiltag kunne der være erhvervsmæssige konsekvenser for lufthavnene, hvis de er i international konkurrence med udenlandske lufthavne.

6.2.6 Færgedrift

Sektorer og virksomheder, der vil kunne blive berørt

De omfattede sektorer er drift af bil- og lastbilfærger, hvor udsættelsen sker, når personalet leder køretøjer ud og ind af færgerne i relativt lukkede rum, eller når personalet kører med trucks på området. Det er primært for større færger med lukkede vogndæk, at der vil kunne ske en væsentlig udsættelse.

Det er skønnet (se afsnit 5.4) at der er mellem 500 og 1.000 medarbejdere, som potentielt er udsat for eksponering i niveauer, hvor en grænseværdi på $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ vil kunne blive overskredet, selvom medarbejderne kun er udsatte i omkring 1/3 af arbejdsdagen.

Behov for yderligere tiltag ved en grænseværdi på $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$

For at efterleve grænseværdien på $50 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ vurderes det ikke nødvendigt med yderligere tiltag.

For en grænseværdi på $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ eller lavere kunne der opstå et behov for yderligere tiltag. Den generelle udvikling i bilparken, hvor andelen af dieslbiler forventes at falde, og de ældre dieslbiler udskiftes, betyder dog, at hvis der opstår et behov for yderligere tiltag, vil det med en grænseværdi på $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ sandsynligvis være i en kortere periode indtil andelen af (ældre) dieslkøretøjer er reduceret så meget, at grænseværdien kan efterleves. For færger, der kun sejler med lastbiler, må faldet i koncentration ventes at være mindre.

Foranstaltninger, der kan reducere udsættelsen yderligere

Tekniske foranstaltninger. Givet at der nok kun vil være tale om et behov for foranstaltninger i en kortere periode, er der lavet en beregning, som angiver omkostningsniveauet, hvis alle eksponerede skal anvende åndedrætsværn, mens de dirigerer køretøjer på og af færgerne.

Et færgeselskab har oplyst, at det ikke kan afvises, at der vil være behov for yderligere ventilation på lukkede bildæk. Omkostningen vil afhænge af færgens størrelse, men er for en enkelt færge oplyst overslagsmæssigt, at kunne være en investering i størrelsen 1 mio. kr. Der er mindst 25 større færger med lukkede vogndæk. Der er ingen oplysninger der kan indikere, hvor mange af disse der eventuelt skulle udstyres med kraftigere ventilationsanlæg, men ved en grænseværdi på $1 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ vil det formentlig kunne være en stor del af færgerne.

Organisatoriske foranstaltninger. Medarbejderne arbejder i forvejen kun omkring 1/3 af tiden på vogndækket og det vil næppe være muligt at foretage væsentlige organisatoriske foranstaltninger, som f.eks. jobrotation, for at sikre efterlevelse af en grænseværdi på $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$. Der er derfor ikke regnet på organisatoriske foranstaltninger

Enhedsomkostninger af forskellige tiltag

Omkostningen ved brug af åndedrætsværn (motoriseret turbofilter) er skønnet til at koste ca. 2.500 kr. per maske pr. år. Masken koster ca. 7.500 kr. og har en levetid på ca. 3 år. Der er regnet med denne løsning, fordi det vil være muligt at bruge udstyret i en større del af arbejdsdagen og udstyret er mere behageligt at anvende end billigere alternativer. Sidstnævnte er der ikke regnet på.

Samlede efterlevelsomkostninger af yderligere tiltag ved en grænseværdi på $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$

De samlede omkostninger afhænger af, hvor mange ansatte som ville skulle anvende åndedrætsværn. Hvis det er nødvendigt, at alle, som skønnes at kunne være eksponeret for høje koncentrationer, skal anvende åndedrætsværn med turbofilter, vil de årlige omkostninger blive i størrelsesordenen 2,5 mio. kr. De

samlede omkostninger afhænger af, hvor mange ansatte som ville skulle anvende åndedrætsværn, og det er også muligt, at dette ikke vil være nødvendigt.

Hvis det også viser sig nødvendigt med investeringer i yderligere ventilation på visse færges vil efterlevelsesomkostningerne blive større. Hvis det antages, at der i værste fald er 15 færges, hvor der skal laves yderligere ventilation til en omkostning på 1 million pr. færge, vil investeringen (en omstillingsomkostning) være 15 mio. kr. I det tilfælde at ventilation forbedres, vil det dog ikke være nødvendigt med åndedrætsværn. Derfor vil de samlede årlige omkostninger være i den størrelsesorden som er estimeret ovenfor.

Andre konsekvenser ved en grænseværdi på 5 µg EC/m³

De mulige efterlevelsesomkostninger har en størrelse, der ikke vurderes at påvirke de omfattede virksomheder yderligere. Det er tale om marginal ekstra omkostning i kortere periode. Det vurderes ikke at føre til adfærdsendringer, som har yderligere konsekvenser.

Konsekvenser ved en grænseværdi på 1 µg EC/m³

Hvis der etableres en grænseværdi på 1 µg EC/m³ vil der formentlig være behov for yderligere reduktion i eksponeringskoncentrationerne, som kan ske ved forbedret ventilation. Om øget ventilation i sig selv ville kunne reducere koncentrationer tilstrækkeligt, er ikke klart. Det er også muligt, at en grænseværdi på 1 µg EC/m³ vil indebære, at medarbejderne skal bære åndedrætsværn i den del af arbejdsdagen, hvor de befinder sig på vogndækket. Brug af åndedrætsværn vil dog begrænse medarbejdernes mulighed for at kommunikere verbalt med passagererne. Det er muligt, at der vil kunne findes løsninger for dette, eksempelvis montering af mikrofon og højttaler.

6.2.7 Taxa, buskørsel og anden transport i midtbyzoner

Sektorer og virksomheder, der vil kunne blive berørt

Denne arbejdspladstype omfatter flere sektorer og virksomheder. Primært er der tale om forskellige slags chauffører, og som beskrevet i kapitel 5 vurderes taxachauffører, på basis af nye undersøgelser fra London, at være de mest udsatte.

Der skønnes at være op til 7.000 - 10.000 personer, som kan være udsat for en relativt høj eksponering.

Behov for yderligere tiltag ved en grænseværdi på 5 µg EC/m³

Udfasningen af dieselkøretøjer er langsomt i gang og på sigt vil dette reducere eksponeringen i byområder ganske betydeligt. Der forventes ikke behov for yderligere tiltag for at efterleve en grænseværdi på 50 µg EC/m³.

For grænseværdien på 5 µg EC/m³ kan det blive nødvendigt med yderligere tiltag.

Foranstaltninger, der kan reducere udsættelsen yderligere

Tekniske foranstaltninger. De mulige tekniske foranstaltninger, som kan reducere eksponeringen, omfatter udskiftning af dieselkøretøjer med køretøjer med mindre forurenende drivmidler samt brug af kabinefiltre, som renses luften inde i kabinen for ultrafine partikler.

For at illustrere de mulige omkostninger beregnes her omkostningen ved anvendelse af filtre, som reducerer koncentrationen ultrafine partikler i kabinen.

Organisatoriske foranstaltninger. Der er forskellige foranstaltninger, som kan reducere eksponeringen: slukke motoren mest muligt, slukke motoren, når kunder hjælpes ind og ud, og der håndteres bagage, intern cirkulation i bilen og sørge for at holde vinduerne lukkede i midtbyzoner. Der vil kunne være behov for udarbejdelse af en vejledning, der beskriver de forskellige foranstaltninger.

Enhedsomkostninger af forskellige tiltag

Antallet af køretøjer – taxaer og lastbiler – hvor det kunne blive nødvendigt at installere et filter kendes ikke præcist.

Omkostning pr. taxa er skønnet og beregnet. Det antages, at et effektivt kabinefilter koster ca. 200 kr. mere end et normalt filter til 100 kr. Filtret skal udskiftes hvert år eller efter 15.000 km. Antages det, at en taxa kører mindst 100.000 km per år, skal der bruges 6-7 filtre per år. Det betyder en omkostning på 6-7 gange 200 kr. i alt 1.200-1.400 per bil pr år. Der regnes videre med en omkostning på 1.300 kr. per taxa per år. Denne omkostning forudsætter, at udskiftningen foregår i forbindelse med normal service. Hvis det er nødvendigt med flere værkstedsbesøg for alene at skifte filtret, vil omkostningen være højere i form af udgift til mekanikerløn samt eventuel tabt indtægt (mindre køretid).

Samlede efterlevelsomkostninger af yderligere tiltag ved en grænseværdi på 5 µg EC/m³

De beregnede omkostninger udtrykker en størrelsesorden af mulige efterlevelsomkostninger. Som diskuteret ovenfor vil det muligvis være muligt at sikre efterlevelse af selv en grænseværdi på 5 µg EC/m³, hvis luftkvaliteten i de mest trafikerede gader i de største byer forbedres som følge af udbredelse af lavemissionskøretøjer.

Det samlede antal taxaer i Danmark er ca. 4.000 og heraf kører ca. 2.250 i hovedstadsregionen⁴⁷. Den høje eksponering finder sted i de største byer og nok primært i København. Det skønnes, at der højst vil være tale om ca. 2.000 taxaer, hvor det kunne blive relevant at udskifte kabinefilterne til de mest effektive.

Baseret på de ovenfor beskrevne forudsætninger er omkostningerne for denne arbejdsplads type beregnet til at være i størrelsesorden på 0-2,6 mio. kr. pr. år.

Andre konsekvenser ved en grænseværdi på 5 µg EC/m³

Baseret på data fra Eurostat er det muligt at sætte de estimerede efterlevelsomkostninger i forhold til omsætning, overskud og investeringer i branchen. De statistiske data inkluderer ikke antallet af køretøjer, så det er antaget, at antal biler svarer til antallet af fuldtidsansatte. Baseret på den antagelse er omsætningen pr vogn ca. 0,9 mio. kr., og så svarer omkostningerne til lidt under 0,2 % af den årlige omsætning. Sat i forhold til bruttooverskuddet udgår omkostningen ca. 0,7%, mens den udgør ca. 3% af de årlige investeringer. Der er således tale om en begrænset omkostning, som ikke yderligere forventes at påvirke branchen og dens konkurrenceforhold.

Konsekvenser ved en grænseværdi på 1 µg EC/m³

Hvis der etableres en grænseværdi på 1 µg EC/m³ vil det helt sikkert være nødvendigt med yderligere tiltag, da eksponeringskoncentrationen skal bringes under baggrundkoncentrationen i midtbyzoner. Dette vil indebære etablering af effektive kabinefiltre, som frafiltrerer ultrafine partikler i den luft, der trækkes ind i kabinen. Samtidig skal kørsel med åbent vindue undgås. Arbejdstagere, der arbejder udendørs (som eksempelvis renovationsarbejdere eller parkarbejdere), vil meget sandsynligt skulle anvende åndedrætsværn, når der arbejdes i nærheden af meget trafikerede gader, eventuelt kombineret med organisatoriske

⁴⁷ Danmarks Statistik

tiltag der sikrer, at der kun i en kortere tid af arbejdsdagen er ophold i områder med en høj koncentration i udeluften. Alternativt skal der ske en yderligere reduktion i de samlede udledninger fra dieseldrevne køretøjer fra midtbyzoner. Efterlevelselsesomkostningerne vil i dette tilfælde kunne være højere end de beregnede maksimale omkostninger ved etablering af en grænseværdi på $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ angivet i det nedenstående.

6.2.8 Lagerdrift

Sektorer og virksomheder, der vil kunne blive berørt

Alle medarbejdere der arbejder i haller, hvor der kører dieseldrevne køretøjer, vil kunne være udsatte. Medarbejdere, f.eks. i byggecentre, vil ofte veksle mellem at arbejde indendørs i haller og arbejde udendørs, men der kan være medarbejdere, der arbejder en hel dag i haller, hvor der er kørsel.

For at efterleve en grænseværdi på $50 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ vurderes der ikke at være brug for yderligere tiltag.

Behov for yderligere tiltag ved en grænseværdi på $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$

For at efterleve en lavere grænseværdi på $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ eller endnu lavere vil der muligvis være behov for yderligere tiltag i nogle tilfælde.

Der må forventes et løbende fald i koncentrationsniveauerne i takt med udfasningen af dieseldrevne køretøjer.

Foranstaltninger, der kan reducere udsættelsen yderligere

Tekniske foranstaltninger. Der er ikke regnet med, at der er behov for tekniske foranstaltninger for at efterleve de vurderede grænseværdier.

Organisatoriske foranstaltninger. Efterlevelse af regler, så som at køretøjer inde i haller ikke må have motoren gående, er vigtig. Det kunne derfor være nødvendigt med øget skiltning, øget instruktion af medarbejderne i vigtigheden af de forskellige regler. Jobrotation hvor medarbejdere ikke hele dagen arbejder i en hal med dieseldrevne køretøjer vil også kunne nedbringe eksponeringen.

Enhedsomkostninger af forskellige tiltag

Der kan være behov for forbedret ventilation, men det er ikke muligt at give et overslag over omkostninger til en sådan forbedret ventilation, da det afhænger af de konkrete forhold i den enkelte hal. Omkostninger til de organisatoriske tiltag kan overslagsmæssigt skønnes ud fra et timeforbrug til instruktion af de berørte medarbejdere. Der regnes med timeomkostning på ca. 250 kr. og en time pr. ansat, hvor denne instruktion vil være relevant.

Samlede efterlevelselsesomkostninger af yderligere tiltag ved en grænseværdi på $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$

Baseret på den vurdering, at der kan være tale om nogle hundrede ansatte (se afsnit 5.6), kan omkostning skønnes til ca. nogle få hundredetusinde kr. pr. år.

Andre konsekvenser ved en grænseværdi på $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$

Det vurderes, at der ikke er andre konsekvenser.

Konsekvenser ved en grænseværdi på $1 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$

Hvis der etableres en grænseværdi på $1 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ vil der muligvis skulle foretages yderligere tiltag, der betyder, at dieseldrevne køretøjer under ingen omstændigheder må køre indendørs, og tiltag der sikrer en god ventilation på overdækkede ramper.

6.2.9 Værksteder til vedligehold af køretøjer

Sektorer og virksomheder, der vil kunne blive berørt

De muligt berørte virksomheder er autoværksteder og værksteder, som vedligeholder lastbiler, busser, landbrugsmaskiner, mm. Det er ca. 12.000 - 20.000 arbejdstagere, der vil kunne være udsatte for dieseludstødning i denne branche. Værksteder er ofte relativt små arbejdssteder med 5-30 ansatte. Der skønnes at være ca. 3.500 værksteder, der reparerer biler, lastbiler, maskiner mm. og 250-300 værksteder på maskinstationer, der udelukkende reparerer egne maskiner.

Som beskrevet ovenfor i afsnit 5.7, tyder udenlandske målinger på, at en grænseværdi på 50 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$ kan overholdes uden yderligere tiltag.

Behov for yderligere tiltag ved en grænseværdi på 5 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$

Den generelle udfasning af dieselskøretøjer vil gradvist reducere koncentrationerne i alle typer af værksteder. Om det vil gå hurtigt nok til at sikre også overholdelse af en grænseværdi på 5 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$ på alle værksteder, når en grænseværdi vil træde i kraft i 2023, er mere tvivlsomt.

For maskinstationer, der udfører reparationer på egne maskiner, vurderes der under alle omstændigheder at være behov for yderligere tiltag.

Foranstaltninger, der kan reducere udsættelsen yderligere

Tekniske foranstaltninger. Forbedret udsugning er det primære tekniske virkemiddel. Der er her tale om at installere et system, så der kan monteres udsugning på udstødningen også under ind og udkørsel. Der findes allerede på stort set alle værksteder udsugning, som sættes på udstødningen, mens køretøjet er i værkstedshallen. Hvis koncentrationerne af dieseludstødning skal længere ned skal dette suppleres med et skinnesystem der muliggøre, at denne udsugning også anvendes ved ind- og udkørsel.

Det vurderes her, at maskinstationer, der udelukkende reparerer egne maskiner, mindst vil skulle installere ventilation og udsugning svarende til et almindeligt lastbilværksted.

Organisatoriske foranstaltninger. Effekten af det ovennævnte udsugningssystem afhænger af, at det faktisk anvendes i praksis. Dette kan kræve instruktion af medarbejderne.

Enhedsomkostninger af forskellige tiltag

Omkostningen til forbedring af udsugningsanlæg i autoværksteder (inkl. lastbil- og busværksteder) med skinner i loftet er skønnet til mellem 50.000 og 100.000 kr. pr. værksted. Omkostninger til forbedring af udsugning og ventilation for maskinstationer vurderes at kunne være i størrelsen 100.000 - 200.000 kr. pr. maskinstation.

Samlede efterlevelsomkostninger af yderligere tiltag ved en grænseværdi på 5 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$

Antallet af værksteder, hvor det vil være nødvendigt med den forbedrede udsugning, kendes ikke, da der ikke foreligger målinger af eksponeringskoncentrationerne. Det antages primært at være værksteder med en stor andel af dieselskøretøjer herunder tunge køretøjer og maskiner. For at give en illustration af niveauet af mulige omkostninger, er det antaget, at 10% til 20% af værkstederne skal investere i et sådant udstyr.

Det giver, at 350 til 700 værksteder skal foretage en sådan investering. De samlede investeringsomkostninger for autoværksteder (inkl. lastbil- og busværksteder) vil derfor ligge i en størrelsesorden på 17 - 70

mio. kr. Regnes der med en levetid på anlægget på 15 år vil den årlige omkostning være på 1,5- 6,3 mio. kr.⁴⁸.

For de 250 til 300 maskinstationer vil investeringen i forbedrede udsugningsanlæg kunne beløbe sig til mellem 25 og 60 mio. kr. Der er her ikke regnet med løbende udgifter. Hvis investeringen annualiseres over en 15 års levetid, bliver de årlige omkostninger mellem 2,2 og 5,4 mio. kr.

Andre konsekvenser ved en grænseværdi på 5 µg EC/m³

Baseret på regnskabsdata fra Danmarks Statistik for værksteder kan de estimerede omkostninger sættes i forhold til omsætning og indtjening. Omsætningen pr. værksted er ca. 6,5 mio. kr. og overskuddet ca. 0,37 mio. kr. pr. år. Det betyder, at den estimerede engangsinvestering udgør ca. 1% af den årlige omsætning eller ca. 20% af det årlige overskud for et gennemsnitligt værksted. Ser man på de årlige investeringer, så udgør den dog mere end det dobbelte af de samlede årlige investeringer for et gennemsnitsværksted. Autoværksteder er i et vist omfang udsat for international konkurrence så meromkostningen kan ikke i alle tilfælde overvælttes i prisen på værkstedernes ydelser.

For maskinstationer vil investeringen være større, da de i dag ofte ikke har udsugningsanlæg. Regnes der med en omsætning i gennemsnit på 10 mio. kr. pr. maskinstation⁴⁹, vil investeringen udgøre mellem 1% og 2% af et års omsætning. Der forligger ikke tal for overskud og investeringer specifikt for maskinstationer. Billedet vil nok ligne situation for autoværkstederne, dvs. at omkostningerne kan udgøre en høj andel af overskuddet og dermed påvirke indtjeningen i branchen. Maskinstationer er ikke i international konkurrence og derfor vil – i hvert fald en del af omkostningen - kunne overvælttes i prisen på maskinstationernes ydelser.

Konsekvenser ved en grænseværdi på 1 µg EC/m³

Hvis der etableres en grænseværdi på 1 µg EC/m³, vil der meget sandsynligt være behov for etablering af forbedret udsugning til montering på udstødningsrøret ved ind- og udkørsel på en lang række værksteder. Det vil meget vel være 50% til 75% af værkstederne, som skal have denne type af udstyr installeret. Ud fra de samme forudsætninger som anvendt ovenfor, vil investeringsomkostningen hvis 50% til 75% af værkstederne skal investere 50.000-100.000 kr. i forbedret udsugning være 87 til 260 mio. kr. Omregnet til årlige omkostninger svarer det til mellem 10 og 32 mio. kr. pr. år.

6.2.10 Udendørs bygge- og anlægsaktiviteter

Sektorer og virksomheder, der vil kunne blive berørt

Der vil være en række arbejdspladser med eksponering inden for bygge og anlæg herunder asfaltører, anlægsarbejdere, betonfolk, nedrivere, bygningshåndværkere m.fl.

Det ikke muligt at skønne over antal af specifikke arbejdssteder, da denne type af eksponering kan finde sted på alle byggepladser. Det skal her regnes med, at der samlet er 15.000 - 40.000 arbejdstagere, der enten dagligt eller fra tid til anden vil kunne være udsatte for dieseludstødning over baggrundsniveauet på den pågældende lokalitet.

⁴⁸ Investeringen annualiseres med en diskonteringsfaktor (rente) på 4% og levetiden på 15 år. Der skønnes ikke at være yderligere årlige omkostninger ud over omkostningerne til den eksisterende ventilation.

⁴⁹ Landbrugsavisen <https://landbrugsavisen.dk/maskiner/i-%C3%B8gning-landm%C3%A6nd-bruger-maskinstationer-28-mia-kr> Her angives omsætningen for maskinstationer til 2,8 mia. kr. i 2018. Med 250-300 maskinstationer giver det en gennemsnitlig omsætning på ca. 10 mio. kr. pr. år.

Der forventes ikke nogen efterlevelseseffekter ved en grænseværdi på 50 µg EC/m³.

Behov for yderligere tiltag ved en grænseværdi på 5 µg EC/m³

Det vurderes ikke at være nødvendigt at gennemføre yderligere tiltag for at nå en grænseværdi på 50 µg EC/m³. Derimod vurderes det, at der i nogle arbejdssituationer formentlig skal tages foranstaltninger for at sikre, at udsættelsen af arbejdstagerne er under 5 µg EC/m³.

Foranstaltninger, der kan reducere udsættelsen yderligere

Tekniske foranstaltninger.

Følgende tekniske foranstaltninger kan tænkes anvendt:

- › Eftermontering af filtre på ældre maskiner
- › Brug af GTL eller andre drivmidler, der resulterer i mindre partikelemissioner (som tidligere nævnt med forbehold for manglende dokumentation for reduceret udledning af EC)
- › Luftrensning af køretøjers kabiner med filtre egnede til filtrering af ultrafine partikler
- › Udskiftning af dieseldrevet materiel med gas- eller eldrevet til arbejder med særlig risiko for høj eksponering
- › Brug af åndedrætsværn i særlige situationer
- › Etablering af punktudsugning over udstødning, når der arbejdes i udgravninger

Det er vanskeligt at sige, hvilke af disse foranstaltninger som branchen vil tage i anvendelse, hvis det viser sig nødvendigt med yderligere tiltag for at efterleve en grænseværdi på 5 µg EC/m³. Der vil formentlig tages forskellige foranstaltninger afhængig af den konkrete eksponeringssituation.

Eftermontering af filtre vil være en dyr løsning, og det vurderes derfor, at det vil være mere relevant at udskifte de ældste maskiner eller kun bruge dem i situationer, hvor koncentrationen vil være lav – f.eks. i områder med lav baggrundskoncentration og i åbne områder. Der er dog foretaget en beregning af, hvad det kunne koste at eftermontere filtre. Da det først er med Trin III normerne, at kravene til partikler blev væsentligt reduceret, gennemføres beregningen for maskiner fra før Trin III normerne.

Brug af renere brændsler eller udskiftning af dieselmaskiner og køretøjer til el-drift er også relevante tekniske virkemidler. Brug af renere brændstof kan anvendes for alle typer af maskiner uden krav til ændring af motorerne. Om dette tiltag vil være tilstrækkeligt og sikre overholdes af lave grænseværdier er vanskeligt at vurdere.

Udskiftning af dieselmaskiner med eldrevne vil fuldstændigt eliminere partikelemissionerne. På sigt er dette tiltag også relevant i forhold til klimamålsætningerne. Men tilgængelighed af eldrevne maskiner og evt. meromkostning betyder, at der vil gå en del år, før eldrevne maskiner vil dominere i branchen.

Organisatoriske foranstaltninger.

Organisatoriske foranstaltninger omfatter bl.a. brug af færre maskiner samtidig på samme tidspunkt, brug af den nyere del af maskinparken til arbejder med risiko for høj eksponering, undgå arbejde tæt på maskiner uden filtre, mm.

De organisatoriske tiltag vil typisk være de billigste, og man må derfor forvente, at branchen vil anvende disse tiltag. De vil nok ikke i alle tilfælde være tilstrækkelige til at sikre efterlevelse af en grænseværdi på 5 µg EC/m³.

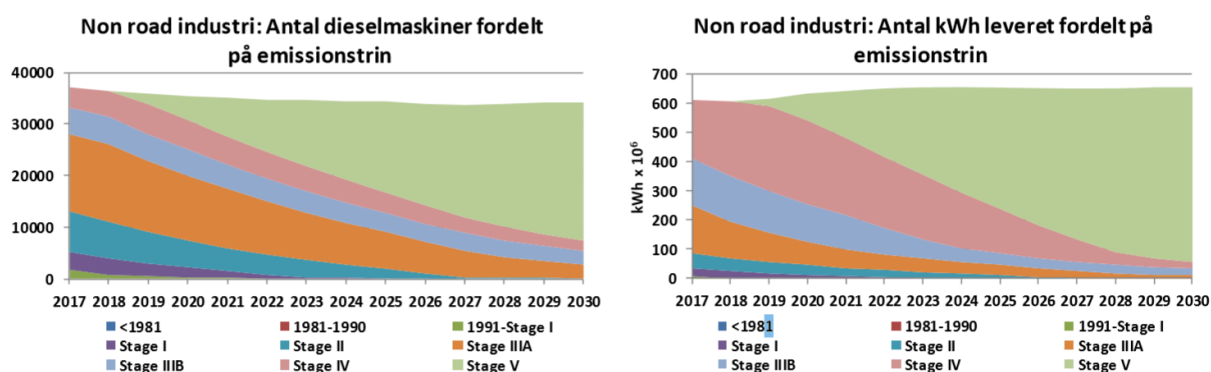
Enhedsomkostninger af forskellige tiltag

Nedenfor er lavet beregninger af nogle de overfor beskrevne tiltag. Den store usikkerhed er knyttet til, i hvor stort et omfang de forskellige tiltag skal anvendes for at sikre efterlevelse af en grænseværdi på 5 µg EC/m³. Beregningerne er baseret på et skøn over, hvor meget der skal til for at sikre efterlevelse af grænseværdien. Det giver en ide om størrelsesordenen af de erhvervsøkonomiske omkostninger.

De mulige tekniske foranstaltninger er alle rettet mod de ældste dieselkøretøjer. Med de seneste EU emissionsnormer for ikke-vejgående køretøjer er kravene til reduktion af partikeludledningen strammet markant. De udledninger, som kan give størst problemer, er derfor fra de ældre maskiner. Som udgangspunkt er det maskiner fra før Trin III (Stage III) der primært udgør et problem (se Bilag 1, afsnit om EU krav til ikke-vejgående maskiner for detaljer om de forskellige normer).

Der foreligger estimater af antallet af ikke-vejgående maskiner til bygge- og anlægsopgaver. DCE har lavet en analyse og en fremskrivning af bestanden af ikke-vejgående maskiner (Nielsen et al., 2018). Bestanden er opdelt efter, hvilken EU norm maskinerne lever op til.

Det ses, at der i 2023 vil være relativt få maskiner som er Trin II tilbage. Det er nok primært de mindste maskiner der er tilbage, da der først nu indføres en norm (Stage V i figuren). Det kan også aflæses i figuren til højre, som viser den leverede effekt. Her ses, at Trin II (Stage II) udgør en meget lille del af den leverede effekt. Ud fra DCEs fremskrivning skønnes antallet af Trin II (Stage II) maskiner i 2023 at være på ca. 5.000.



Figur 6.2 Antal af ikke-vejgående bygge- og anlægsmaskiner efter emissions norm – antal og leveret kWh (Olsen et al., 2013)

Fremskrivningen viser, at der i 2027 stort set ikke vil være nogen af de ældre og mest forurenende maskiner tilbage. Der er derfor tale om, at problemet med for høj eksponering primært vil være til stede i en periode fra en ny grænseværdi finder anvendelse i 2023 og frem til 2027.

Beregning af omkostning ved brug af GLT eller lignende renere drivmiddel

Der tages som tidligere nævnt forbehold for, at det endnu ikke er dokumenteret, at udledningerne af EC reduceres i samme grad som udledningerne af partikler. Hvis det viser sig ikke at være tilfældet, vil skift til GTL ikke være en mulighed for at reducere udsættelsen. Beregningerne her er således illustrative for det tilfælde, at brugen af GTL væsentlig reducerer udledningerne af EC.

Beregningen tager udgangspunkt i skøn over det samlede energiforbrug til ikke-vejgående maskiner på 12,678 PJ⁵⁰. Det vil især være nødvendigt at anvende den renere GLT til maskiner fra før Trin III, da disse har de klart højeste partikelemissioner.

Baseret på DCEs fremskrivning vil disse maskiner i 2023 udgøre mellem 10 til 15% af det samlede antal maskiner, som illustreret i ovenstående figur. Da der primært er tale om mindre maskiner, vil deres andel af det samlede energiforbrug være lavere. Det er skønnet til mellem 5 og 10%.

Til beregningen omregnes energiforbruget til liter, og der regnes med, at 5-10% af forbruget skal omlægges til GLT. Det beregnede forbrug i liter er ca. 17 til 35 mio. kr. pr. år⁵¹. Ved en merpris på 0,3 kr. pr liter for GLT vil omkostningen svare til mellem 5 og 10 mio. kr. pr. år. Denne årlige merudgift vil gradvist falde med den naturlige udskiftning til maskiner, som lever op til de nye normer. Med den ovenfor beskrevne fremskrivning forventes merudgiften at forsvinde i 2027.

Forbedrede filtre eller katalysatorer på køretøjer og maskiner

Eftermontering af partikelfilter er et tiltag, som kan reducere udledningerne fra ældre dieseldrevne maskiner og ikke-vejgående køretøjer.

For at reducere udledningen af partikler fra maskiner er det muligt at eftermontere et partikelfilter. Branchen oplyser, at fokus i udviklingen af disse filtre, har været at kunne få ældre maskiner til at efterleve Euro V normen. Det vurderes, at de tilgængelige partikelfiltre på det danske marked kan reducere udledningen af partikler med op til 99,9% (både i antal og masse).

Før eftermontering af partikelfiltre på ældre maskiner skal der laves en økonomisk vurdering. F.eks. er det oftest ikke økonomisk favorabelt at eftermontere partikelfiltre på mindre motorer, da disse ofte har en indkøbspris, som gør, at en erstatning af hele motoren er en billigere løsning. Det er også vigtigt at vurdere den resterende levetid for den konkrete maskine. Ved køb af en ny motor er det vigtigt, at denne efterlever Euro V i normen, således at den efterlever de mest restriktive krav for udledning af partikler. Ved kontakt med en dansk virksomhed, som sælger og monterer partikelfiltre, er følgende priseksempler modtaget:

- › Lille motor (f.eks. en gravemaskine m. 50 hestekræfter) ~ 30.000 kr.
- › Stor motor (f.eks. 500-600 hestekræfter) ~ 100.000 kr.
- › Årligt service er skønnet til at koste mellem 4.500 kr. og 7.000 kr.

Ovenstående priseksempler er for enkelt-montering af partikelfiltre. Ved montering af partikelfiltre på en større pakke af ens maskiner, vurderer udbyder, at prisen vil reduceres.

⁵⁰ Helge Rørdam Olesen, Morten Winther, Marlene Schmidt Plejdrup, Jørgen Brandt, Matthias Ketzler & Thomas Ellermann. 2013. Luftforurening fra mobile ikke-vejgående maskiner i byområder. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 39s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 65 <http://dce2.au.dk/Pub/SR65.pdf>

⁵¹ Der regnes med et energiindhold i diesel på 42,70 GJ per tons og en massefylde på 845 liter pr tons.

Det antages her, at alle maskiner fra Euro II og tidligere skal have eftermonteret et filter. Det drejer sig om ca. 5.000 maskiner. Som diskuteret ovenfor er der en overvægt af mindre maskiner. Der regnes derfor med en gennemsnitsomkostning på ca. 30.000 kr. pr. maskine. Dertil kommer årligt vedligehold som skønnes til den lave omkostning på 4.500 kr.

Baseret på disse antagelser beregnes en engangsomkostning på ca. 150 mio. kr. Dertil kommer årligt vedligehold på ca. 22,5 mio. kr. Dette giver en samlet årlig omkostning på 36 mio. kr.⁵²

Da antallet af disse maskiner med højere emissioner forventes reduceret og helt udfaset frem mod 2027, er det et spørgsmål, om ikke der i stedet vil blive anvendt andre tiltag. Fremskyndet udskiftning af dieselmaskiner er også et tiltag, som vil have stor effekt på reduktion af partikelemissionerne. Udskiftning til el-drift er endvidere et tiltag, som kan forventes brugt mere og mere, idet det er et tiltag, som har stor betydning for at nå Regeringens klimamål for 2030. Da der ikke er eldrevne alternativer til alle ikke-vejgående maskiner, er brug af alternative biobaserede brændsler en anden vej til klimamålet. Sådanne biobrændsler vil medføre reduktion af partikelemissionerne og formentlig også emissioner af EC.

Hvorvidt det er billigere at fremskynde investering i nye og renere maskiner afhænger af, hvor mange år der er tilbage af maskinens levetid. Ud fra figuren ovenfor om fremskrivning af bestanden af maskiner kan der være tale om at fremrykke udskiftningen op til 4 år. Om en sådan fremskyndt investering på fire år vil være billigere end at eftermontere partikelfiltre afhænger af restværdien af de maskiner som skal udskiftes. Hvis det bedre kan betale sig at udskifte frem at eftermontere partikelfiltre også i lyset af andre målsætninger vil dette ske. Den ovenfor beregnede omkostning er derfor et overkantsskøn.

Det er vanskeligt at prissætte de organisatoriske tiltag. De kan omfatte forskellige tiltag for eksempel kun brug af de nyeste maskiner ved opgaver, hvor der kunne opstå høje eksponeringsniveauer, eller begrænsning på antallet af maskiner som kører på samme tid. Sådanne tiltag kan fordyre bygge og anlægsarbejdet, men det er ikke muligt at skønne over omkostningerne.

Organisatoriske tiltag vil dog som minimum kræve instruktion af medarbejdere og løbende opfølgning på byggepladsen. For at give en indtryk af den mulige størrelsesorden er følgende antaget: Der anvendes en time pr. ansat, og der regnes med en omkostning pr. time på 250 kr. Det antages endvidere, at der er 1.500 til 4.000 arbejdstagere, som kunne blive eksponeret for høje koncentrationer. Det betyder som minimum omkostninger pr år på mellem 0,4 og 1,0 mio. kr. til organisatoriske tiltag i denne branche. Dette er et minimumsskøn, idet de organisatoriske tiltag - som diskuteret ovenfor - sandsynligvis indebærer et øget tidsforbrug ud over instruktion af de berørte medarbejdere.

Samlede efterlevelsomkostninger af yderligere tiltag ved en grænseværdi på 5 µg EC/m³

Ved en grænseværdi på 5 µg EC/m³ kan der være tilfælde, hvor det vil være nødvendigt med yderligere tiltag. I nogle tilfælde kan organisatoriske tiltag være tilstrækkeligt.

Hvis det er nødvendigt med tekniske foranstaltninger, kan disse medføre efterlevelsomkostninger. Der er ovenfor lavet beregninger for alternative tekniske tiltag. Brug af renere brændstof antages at kunne reducere partikelemissionerne med op til 30%. Det er skønnet at koste i størrelsesordenen 5-10 mio. kr. pr.

⁵² Investeringsomkostningen annualiseres med en diskonteringsfaktor på 4% og en levetid på 15 år. Det giver en årlig annualiseret omkostning på 13,5 mio. kr.

år, hvis de renere brændstoffer anvendes i de ikke-vejgående maskiner, som ikke lever op til Trin III i Euronormen. En beregning af omkostningerne ved eftermontering af partikelfiltre på ældre maskiner (alle før trin III norm) viser omkostninger på omkring 36 mio. kr. pr. år.

For organisatoriske tiltag er de skønnede minimumsomkostninger på 0,4 til 1 mio. kr. pr. år.

Samlet indikerer disse beregninger, at bygge- og anlægsbranchen potentielt kan stå over for væsentlige omkostninger til efterlevelse af grænseværdi på 5 µg EC/m³ eller mindre. Hvis organisatoriske tiltag er tilstrækkelige, vil omkostningerne være mindst 1 mio. kr. pr. år. Er tekniske tiltag nødvendige, kan omkostninger blive væsentlig større helt op til 5-36 mio. kr. pr. år.

Andre konsekvenser ved en grænseværdi på 5 µg EC/m³

For denne type arbejdspladser er der mulighed for, at efterlevelsedomkostningerne kan være af en væsentlig størrelse. Det vurderes dog ikke, at det vil påvirke aktiviteten i bygge- og anlægsbranchen, og det vil derfor ikke få yderlige konsekvenser. Omsætningen i bygge- og anlægsbranchen er ca. 1,5 mio. kr. pr. år pr. ansat⁵³. De ovenfor beregnede efterlevelsedomkostninger svarer til maksimalt ca. 9.000 kr. pr. person, som skønnes at kunne blive udsat for høje koncentrationer⁵⁴. Det betyder, at efterlevelsedomkostningerne højest svarer til ca. 0,6% af omsætningen. Omkostningen vil dog kunne udgøre en større andel af virksomheders overskud. Med en gennemsnitlig overskudsgrad omkring 4-5% svarer de årlige efterlevelsedomkostninger til 12-15% af det årlige overskud⁵⁵. På virksomhedsniveau vil omkostningerne udgøre en mindre andel, da det typisk kun vil være en del af virksomhedens ansatte som er eksponeret over grænseværdien, og hvor der derfor skal gennemføres tiltag. Da der ikke er tale om produktion af eksportvarer, vil en stigning i omkostningerne kunne overvælttes i prisen på bygge- og anlægsaktiviteterne.

Konsekvenser ved en grænseværdi på 1 µg EC/m³

Hvis der etableres en grænseværdi på 1 µg EC/m³ vil der meget sandsynligt skulle tages en lang række tekniske og organisatoriske foranstaltninger. For arbejdstagere, der arbejder i nærheden af trafikerede gader og veje, vil baggrundskoncentrationen være højere end grænseværdien, og der vil derfor skulle tages forskellige foranstaltninger til at bringe niveauet under baggrundskoncentrationen. Et af disse kunne være yderligere begrænsning af brugen af dieseldrøjet i midtbyzoner. For arbejdstagere, der ikke befinder sig i et køretøj, vil det formentlig også kunne være nødvendigt at anvende åndedrætsværn. Det er uklart, om udfasningen af de ældste maskiner med (Trin II eller ældre) vil være tilstrækkeligt eller det vil være nødvendigt at lave tiltag også i forhold til maskiner med Trin III norm. De tilgængelige data muliggør ikke at afgøre dette, men ved en grænseværdi på 1 µg EC/m³ øges sandsynligheden for, at det er nødvendigt med tiltag som eftermontering af filtre på en række maskiner. Derfor skønnes det, at omkostninger meget vel kan være højere end de 5-36 mio. kr. der er regnet med til tekniske tiltag, hvis der etableres en grænseværdi på 5 µg EC/m³.

⁵³ Beregnet på baggrund af tal fra Danmarks Statistik. Omsætning for 2018 fra BYGOMS2 og antal ansatte i 2018 fra BYG1.

⁵⁴ Baseret på det ovenfor angivne skøn over omkostninger pr. år på ca. 36 mio. kr. og ca. 4.000 ansatte, som kan være eksponeret for høje koncentrationer.

⁵⁵ Danmarks Statistik Udtræk fra tabel: REGN1A. Gennemsnitlig overskudsgrad for bygge- og anlægsentreprenører over 5 år (2013-2017)

6.2.11 Andre aktiviteter

I afsnit 5.9 er repræsentativiteten af de udvalgte arbejdspladstyper diskuteret. De udvalgte typer vurderes at repræsentere de steder, hvor der størst risiko for høj eksponering.

Ingen af de valgte arbejdssteder repræsenterer eksponering i landbruget. Ud fra udenlandske undersøgelser vurderes det, at der i landbruget kan opstå situationer med høj eksponering, men at der typisk vil være tale om mere kortvarige situationer. En undtagelse er dog reparation af maskiner på egne værksteder, hvor arbejdstagere fra tid til anden om vinteren vil kunne være udsatte for væsentlige koncentrationer.

Grænsevagter, billetpersonale ved Storebæltsbroen, og lign. er ikke repræsenteret af de udvalgte typer af arbejdspladser, men det samlede antal udsatte vurderes at være relativt lille og udsættelsen vil ikke være højere end de niveauer, man finder i trafikerede områder i større byer.

Et område, som er blevet nævnt af aktører, er produktion af juletræer, hvor der vil kunne være eksponering for dieseludstødning fra de maskiner der anvendes, da der typisk køres mellem træerne og der muligvis vil kunne opstå lokalt forhøjede koncentrationer. En løsning kunne evt. være højere udstødningsrør på maskinerne, men de samlede omkostninger til denne type af arbejdspladser er ikke vurderet.

Samlet er der ikke grundlag for at antage, at der er et væsentligt antal arbejdssteder og dermed væsentlige efterlevelsels omkostninger, som ikke er dækket af de typer som er beskrevet ovenfor.

Konsekvenser ved en grænseværdi på 1 µg EC/m³

Med en grænseværdi på 1 µg EC/m³ stiger sandsynligheden for at der er flere arbejdssteder, hvor der kunne være tale om eksponering over dette niveau.

6.3 Sammenfatning af de erhvervsøkonomiske omkostninger

Nedenfor sammenfattes resultater af analysen i kvalitativ form. For hver af de udvalgte typer af arbejdspladser angives, om det vurderes, at der er et behov for yderligere foranstaltninger for at sikre overholdelse af de undersøgte grænseværdier på henh. 50, 5 og 1 µg EC/m³.

6.3.1 Sammenfatning for de 8 udvalgte typer af arbejdspladser

Tabel 6.2 Sammenfatning af konsekvenser for de otte udvalgte typer af arbejdspladser – behov for foranstaltninger.

Type af arbejdsplads	Behov for yderligere tiltag ved grænseværdi på 50 µg EC/m ³	Behov for yderligere tiltag ved grænseværdi på 5 µg EC/m ³	Behov for yderligere tiltag ved grænseværdi på 1 µg EC/m ³
Reparation af tog	Ikke noget behov og derfor ingen omkostninger.	DSB: Ikke noget behov og derfor ingen omkostninger. Arriva: Måske behov for forbedret ventilation på to værksteder.	Sikre at tog ikke kører ind og ud værksteder for egen kraft. Måske behov for øget ventilation og udsugning.
Arbejdstagere involveret i reparationsarbejder o. lign. i tog- og metrotunneller	Ikke noget behov og derfor ingen omkostninger.	Måske behov, men løbende forbedring af troljer så begrænset behov i en begrænset periode.	Formentlig behov for udskiftning af dieseldrevet materiel med eldrevet. Måske behov for brug af åndedrætsværn.

Type af arbejdsplads	Behov for yderligere tiltag ved grænseværdi på 50 µg EC/m ³	Behov for yderligere tiltag ved grænseværdi på 5 µg EC/m ³	Behov for yderligere tiltag ved grænseværdi på 1 µg EC/m ³
Bagage-portører i lufthavne	Ikke noget behov og derfor ingen omkostninger.	Ikke noget behov og derfor ingen omkostninger.	Fremskyndet udfasning af dieseldrevet udstyr og/eller brug af åndedrætsværn. Hvis der ikke kan skelnes mellem EC fra fly og dieselmotorer: behov for også at mindske udsættelsen fra flymotorer.
Færgespersonale, der leder biler og lastbiler på plads	Ikke noget behov og derfor ingen omkostninger.	Måske behov i udsatte situationer. Kan dækkes ved f.eks. brug af personlige værnemidler	Der er formentlig en række færges, som vil have behov for forbedret ventilation eller brug af åndedrætsværn.
Taxa-, bus-, og lastbilchauffører, renovationsarbejdere, ansatte ved vej & park/facility services, mm, der opholder sig i midtbyzoner	Ikke noget behov og derfor ingen omkostninger.	Behov for yderligere tiltag i forhold til taxa-chauffører. Kan måske dækkes ved simple procedurer eller kabinefiltre, som filtrerer for UFP.	Generelt behov for alle erhvervsgrupper for brug af kabinefiltre, som filtrerer for UFP. For arbejdstagere, der arbejder udendørs evt. brug for åndedrætsværn, når der arbejdes i områder med høj koncentration i udeluften.
Lagre, drive-in haller, mm.	Ikke noget behov og derfor ingen omkostninger.	Ikke noget behov og derfor ingen omkostninger.	Formentlig nødvendigt at forbyde brug af dieseldrevne køretøjer i drive-in haller og i andre lagerbygninger eller brug af åndedrætsværn.
Mekanikere (bl.a. auto, lastbiler, landbrugsmaskiner og entreprenørmaskiner samt mekanikere i fly- og skibsbrancherne)	Ikke noget behov og derfor ingen omkostninger.	Sandsynligvis behov for yderligere foranstaltninger. Beregning for udstyr til udsugning ved ind og udkørsel for 10-20% af værksteder.	Behov for yderligere foranstaltninger. Flere værksteder vil få behov for udstyr til udsugning ved ind og udkørsel og evt. yderligere udsugning/ventilation
Maskinstationer	Ikke noget behov og derfor ingen omkostninger.	Behov for yderligere foranstaltninger. Beregning for generel rumventilation og udsugning til udstødningsrør for alle maskinstationer.	Behov for yderligere foranstaltninger.
Arbejdstagere som arbejder udendørs, hvor der er intensiv brug af dieseldrevne maskiner (f.eks. arbejde i gruber og områder med trang plads, anlægsarbejde ved motorveje og tæt befærdede områder, brug af materiel til byggeri)	Ikke noget behov og derfor ingen omkostninger.	Behov for yderligere foranstaltninger i forhold til ældre maskiner. Disse udfases løbende og måske kun mindre behov, indtil de er helt udfasede.	Behov for yderligere foranstaltninger. Sandsynligvis behov i flere situationer og dermed krav til reduktion af emissioner fra større andel af maskiner.

Grænseværdi på 50 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$

Resultatet er, at det ikke forventes at være behov for yderligere foranstaltninger ved en grænseværdi på 50 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$.

Grænseværdi på 5 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$

For den lavere grænseværdi på 5 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$ vil nogle af typerne af arbejdspladser formentlig skulle fortage investeringer i tekniske og/eller organisatoriske tiltag. Det drejer sig primært om taxachauffører, værksteder (inklusiv maskinstationer), færgepersonale og arbejdstagere i visse udendørs bygge- og anlægsaktiviteter, hvor der anvendes dieselmaskiner.

For chauffører og værksteder gælder, at behovet for yderligere foranstaltninger vil aftage i takt med at dieseldrevne køretøjer enten lever op til strengere emissionsnormer eller helt udfases. Der vil dog være en periode fra 2023 og 5-10 år frem, hvor der kan være behov for yderligere foranstaltninger. For bygge- og anlægsområdet forventes de mest forurenende maskiner at være udfaset omkring 2027, og derfor vil behovet primært være til stede frem til dette tidspunkt. For maskinstationer vil behovet være til stede i en længere periode, idet udfasning af dieseldrevne landbrugsmaskiner må forventes at strække sig over en lang periode.

Hvis grænseværdien sættes væsentlig under 5 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$, vil der kunne være yderlige behov for eksponeringsreduktion. Dette diskuteres nedenfor efter tabel med kvantitative estimater af de mulige omkostninger ved en grænseværdi på 5 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$.

For de typer af arbejdspladser, hvor der er identificeret et muligt behov for yderligere foranstaltninger, er der lavet beregninger over de mulige erhvervsøkonomiske konsekvenser. Resultatet er sammenfattet i nedenstående tabel.

Efterlevelseseftersomkostningerne er opgjort dels som omstillingsomkostninger dvs. investeringsomkostninger, dels som de løbende efterlevelseseftersomkostninger. Omstillingsomkostningerne er omregnet til årlige omkostninger ved at annualisere investeringsomkostningerne⁵⁶. På basis af disse er de samlede årlige omkostninger beregnet.

Som vist ovenfor er det kun for en grænseværdi på 5 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$ eller lavere, at der er identificeret et behov. Kvantificeringen af de mulige efterlevelseseftersomkostninger er kun gennemført for grænseværdien på 5 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$. Som tidligere anført, er det muligt at efterlevelse af grænseværdien på 5 $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$ kan ske uden væsentlige meromkostninger. Derfor angives i nedenstående tabel et interval, som i flere tilfælde går fra nul og op til hvad, der vurderes at være det højeste niveau for de mulige efterlevelseseftersomkostningerne.

⁵⁶ Annualiseringen sker ud fra en diskonteringsfaktor (rente) på 4% jf. Finansministeriets vedledning. Levetiden er for de fleste af de tekniske tiltag skønnet til 10-15 år.

Tabel 6.3 Sammenfatning af skønnede efterlevelseseomkostninger ved grænseværdi på 5 µg EC/m³ for de otte udvalgte arbejdssteder.

Type af Arbejdsplads		Omstillingsomkostninger i 1000 kr.	Løbende efterlevelseseomkostninger i 1000 kr. pr. år	Samlede omkostninger ⁵⁷ i 1000 kr. pr. år.
Togdrift, herunder reparation af tog	Muligvis behov for yderligere udsugning på to værksteder	0 – 3.800	0 - 380	0 - 660
Arbejdstagere involveret i reparationsarbejder o. lign. i tog- og metrotunneller	Omkostning ved eftermontering af filtre på 30 troljer.	0 – 15.000	0 - 750	0 – 2.600
Bagage-portører i lufthavne	Ikke noget behov og derfor ingen omkostninger.	≈ 0	≈ 0	≈ 0
Færgepersonale, der leder biler og lastbiler på plads	Måske behov i udsatte situationer. Kan dækkes ved f.eks. brug af personlige værnemidler	≈ 0	≈ 0- 2.500	≈ 0- 2.500
Taxa-, bus-, og lastbilchauffører, renovationsarbejdere, ansatte ved vej & park/facility services, mm, der opholder sig i midtbyzoner	Behov for yderligere tiltag i forhold til taxa-chauffører. Kan måske dækkes ved simple procedure eller kabinefiltre.	≈ 0	0 – 2.600	0 – 2.600
Lagre, drive-in haller, mm.	Ikke noget behov og derfor ingen omkostninger.	≈ 0	≈ 0	≈ 0
Mekanikere (bl.a. auto, lastbiler, landbrugsmaskiner og entreprenørmaskiner samt mekanikere i fly- og skibsbrancherne)	Behov for yderlige udsugning. På værksteder system til udsugning når køretøjer køre ind og ud.	0 – 70.000	≈ 0	0 – 6.300
Maskinstationer	Behov for yderlige udsugning. System til udsugning når køretøjer bliver serviceret og når de køre ind og ud.	25.000 – 60.000	≈ 0	2.250 – 5.400
Arbejdstagere som arbejder udendørs, hvor der er intensiv brug af diesel-drevne maskiner (f.eks. arbejde i gruber og områder med trang plads, anlægsarbejde ved motorveje og tæt befærdede	Behov for yderligere foranstaltninger i forhold til ældre maskiner. Disse udfases løbende og måske kun mindre behov indtil de er helt udfasede.	0 – 150.000	400 – 22.900	400 – 36.340

⁵⁷ Sum af annualiserede omstillingsomkostninger og løbende omkostninger

Type af Arbejdsplads		Omstillingsomkostninger i 1000 kr.	Løbende efterlevelseshomkostninger i 1000 kr. pr. år	Samlede omkostninger ⁵⁷ i 1000 kr. pr. år.
områder, brug af materiel til byggeri)				
I alt for de 8 typer af arbejdspladser		25.000 - 298.800	400 - 29.130	2.650 - 56.400

Samlet for de 8 typer af arbejdspladser ligger de skønnede efterlevelseshomkostninger i et interval fra ca. lidt under 3 til næsten 60 mio. kr. pr. år. Disse årlige omkostninger er beregnet som summen løbende efterlevelseshomkostninger på 0,4 -29,1 mio. kr. og de annualiserede engangsomkostninger til omstilling på 2,3 - 27 mio. kr. Omstillingsomkostningerne, dvs. engangsomkostningen til de identificerede investeringer, er estimeret at kunne være i størrelsesorden på op til 25 - 299 mio. kr. Om de bliver så høje afhænger af, om mere omkostningseffektive organisatoriske eller tekniske tiltag vil være tilstrækkelige.

Sektorer som vil blive særlig berørt

Det er særligt maskinstationer og autoværksteder (inkl. lastbiler, maskiner, mm.) og udendørs bygge- og anlægsaktiviteter, hvor efterlevelseshomkostningerne potentielt kan blive store. Disse typer af arbejdspladser tegner sig for ca. 90% af de skønnede efterlevelseshomkostninger, hvis der tages udgangspunkt i et gennemsnit. Da efterlevelseshomkostninger for alle typer af arbejdspladser er meget usikkert bestemt, er der dog også en meget stor usikkerhed på denne procentangivelse.

Der er betydelig usikkerhed på den samlede vurdering. Manglen på målinger af koncentrationer på danske arbejdspladser betyder, at det er usikkert, hvor mange virksomheder og arbejdspladser inden for de analyserede sektorer hvor der vil være behov for mere omfattende tekniske og organisatoriske tiltag. De sektorer, som bliver særligt berørt, vil dog næppe helt kunne undgå at skulle indføre yderligere tiltag. For flere typer af arbejdssteder vil der være en lang række af forskellige tiltag, som kan anvendes, og der er stor usikkerhed omkring, hvilke tiltag der faktisk vil blive taget for at efterleve en grænseværdi på 5 µg EC/m³.

Adfærdsændringer og afledte konsekvenser

De skønnede efterlevelseshomkostning har en størrelse, hvor der må forventes begrænsede adfærdsændringer. De fleste af de berørte brancher er ikke i international konkurrence – forstået sådan, at det de producerer ikke kan produceres i lande med ingen eller en højere grænseværdi. Der er i de fleste tilfælde tale om ydelser, der leveres i Danmark. Der kan så være tale om konkurrence fra varer og ydelser som kan substituere det den berørte branche leverer. Mulige påvirkninger af konkurrenceforhold er diskuteret for de enkelte brancher nedenfor.

- › Taxakørsel mv.: Der er her tale om en meget begrænset meromkostning, som ikke forventes at påvirke branchen i nogen væsentlig grad.
- › Autoværksteder: Her kan der i princippet være konkurrence til udenlandske værksteder. Der er dog et stort ekstra tidsforbrug ved at skulle benytte et udenlandsk værksted, så effekten vurderes at være begrænset.
- › Maskinstationer: Der ikke international konkurrence, men ikke klart om virksomhederne kan overvælte omkostningen i prisen på deres ydelser, eller de vil se en lavere indtjening.

- › Udendørs bygge og anlægsvirksomhed: Kravene vil gælde alle virksomheder, som udfører denne type arbejde, dvs. også udenlandske bygge og anlægsfirmaer som udfører arbejde i Danmark. Derfor vil der ikke være en påvirkning af konkurrenceforhold. Omkostningerne vil gøre bygge og anlægsgiften marginalt større, men det forventes ikke at påvirke omfanget af bygge og anlægsvirksomhed.
- › Øvrige brancher: Her er efterlevelseseomkostningerne mindre og udgør typisk en lille del af omsætning og overskud.

Samlet er de opgjorte efterlevelseseomkostninger sandsynligvis under de 50 mio. kr. pr. år, som er tommelfingerreglen for, hvornår man kan forvente afledte effekter på samfundsniveau. Diskussion ovenfor af mulige påvirkninger af konkurrencesituationen i de forskellige brancher tyder heller ikke på afledte effekter på samfundsniveau.

Effekter ved grænseværdi på 1 µg EC/m³

Hvis der fastsættes en grænseværdi væsentligt på 1 µg EC/m³ øges sandsynligheden for, at de mest berørte sektorer vil skulle gennemføre tiltag, der betyder erhvervsøkonomiske omkostninger i den størrelsesorden, som er angivet ovenfor. Det betyder, at omkostningerne for de udvalgte arbejdspladstyper kan være i størrelsesordenen på 50 mio. kr. pr. eller endnu højere. For alle typer af chauffører, som kører byområder, vil det kunne være nødvendigt med tiltag som f.eks. effektive kabinefiltre. For værksteder gælder at den andel som kunne få behov for udsugning ved ind og udkørsel kunne stige fra 10-20% til måske 50-75%.

Også for flere af de øvrige typer af arbejdspladser vil der opstå behov for tekniske og organisatoriske tiltag. En grænseværdi på 1 µg EC/m³ vil kunne indebære, at det på mange arbejdspladser skal sikres, at koncentrationen af dieseludstødning på arbejdspladsen er lavere end koncentrationen i udeluften i mange byområder. Der er i undersøgelsen regnet på omkostninger til at bringe koncentrationerne inde i køretøjer under udekonzentrationen, men der er ikke regnet med mulige omkostninger til at nedbringe koncentrationen i butikker, kontorer mm. i byområder.

Samlet set vil en grænseværdi på 1 µg EC/m³ betyde, at det er meget sandsynligt, at de tiltag, som er vurderet til måske at være nødvendige for at nå 5 µg EC/m³, vil skulle gennemføres. Derfor vil omkostningerne kunne forventes at ligge i et interval, som begynder ved de ca. 56 mio. kr. pr. år som angivet i Tabel 6.3. Eksemplet med værksteder viser, at omkostningerne kunne blive 4-7 gange højere ved 1 µg EC/m³ sammenlignet med omkostningerne ved 5 µg EC/m³.

Administrative omkostninger

De administrative omkostninger omfatter udgifter til målinger. Det er antaget, at det kun vil være nødvendigt at lave dokumentationsmåler én gang for hver af de arbejdspladser, hvor målinger vurderes med høj sandsynlighed at blive gennemført. For arbejdspladstyper som f.eks. værksteder antages der ikke at skulle gennemføres målinger på hvert værksted, men der skal muligvis gennemføres nogle branchetiltag med målinger, som kan belyse, hvorvidt der er behov for yderligere foranstaltninger. Det kan ikke afvises, at der skal gennemføres mange flere målinger, eksempelvis inden for bygge- og anlægssektoren, hvor der er mange forskellige arbejdssituationer og usikkerhed om de faktiske eksponeringsniveauer.

Nedenfor er angivet forudsætninger om antal af arbejdssteder, hvor det skønnes at der vil kunne blive foretaget målinger. Det er antaget, at der hvert sted foretages dokumentationsmåling med 6 filtre til en enhedsomkostning på 40.000 kr.; se afsnit 6.2.1.

Tabel 6.4 Omkostninger til gennemførelse af dokumentationsmålinger ved en grænseværdi på 5 µg EC/m³ – antal og samlet omkostning i 1000 kr.

Type af Arbejdsplads	Behov for at gennemføre målinger	Antal steder der skal laves målinger	Samlet omkostning til målinger i 1000 kr.
Togdrift, herunder reparation af tog	Måling på alle værksteder	5	200
Arbejdstagere involveret i reparationsarbejder o. lign. i tog- og metro-tunneller	Målinger i alle store tunneler	5	200
Bagage-portører i lufthavne	Måling i store lufthavne	2	80
Færgespersonale, der leder biler og lastbiler på plads	Måske målinger på udvalgte færger	10	400
Taxa-, bus-, og lastbilchauffører, renovationsarbejdere, ansatte ved vej & park/facility services, mm, der opholder sig i midtbyzoner	Forventes ikke at gennemføre målinger som dokumentation for den enkelte virksomhed. Målinger vil muligvis foretages i forbindelse med udarbejdelse af branche-retningslinjer, men de er ikke medtaget her.	0	0
Lagre, drive-in haller, mm.	Ikke behov for måling.	0	0
Mekanikere (bl.a. auto, lastbiler, landbrugsmaskiner og entreprenørmaskiner samt mekanikere i fly- og skibsbrancherne, maskinstationer)	Formentlig ingen målinger ved den enkelte virksomhed. Målinger vil muligvis foretages i forbindelse med udarbejdelse af branche-retningslinjer, men de er ikke medtaget her.	0	0
Arbejdstagere som arbejder uden-dørs, hvor der er intensiv brug af dieseldrevne maskiner (f.eks. arbejde i gruber og områder med trang plads, anlægsarbejde ved motorveje og tæt befærdede områder, brug af materiel til byggeri)	Større entreprenører i forbindelse med mest udsatte arbejdspladser	10	400
I alt for de 8 typer af arbejdspladser		32	1.280

Omkostninger til målinger er samlet skønnet til 1.3 mio. kr., og dette antages at være en engangsomkostning. Der er i Danmark ikke tradition for i større omfang at kræve målinger af overensstemmelse med grænseværdier for arbejdsseksponering, og der er derfor stor usikkerhed om, hvor mange målinger, der faktisk vil blive gennemført eller krævet for at undersøge, om grænseværdien efterleves.

Det vurderes, at der, hvis der etableres en grænseværdi på 1 µg EC/m³, vil skulle foretages flere målinger, da de mulige omkostninger til forskellige foranstaltninger vil være større, og der derfor vil være relevant at have et bedre grundlag for at vurdere, hvad der vil være nødvendigt for at kunne efterleve grænseværdien.

6.3.2 Samlet vurdering for alle typer af arbejdspladser

Grænseværdi på 5 µg EC/m³

Tabellen nedenfor sammenfatter både antal af eksponerede, vurdering af behov for yderligere tiltag ved en grænseværdi på 5 µg EC/m³ og de skønnede samlede årlige omkostninger ved denne grænseværdi. Tabellen angiver både de arbejdsfunktioner, som er undersøgt, og øvrige relevante funktioner inden for hver type af arbejdsplads. Endelig er antallet af muligt eksponerede på andre typer af arbejdspladser antaget.

De udvalgte arbejdspladser vurderes at udgøre langt den største del af omkostningerne. De er udvalgt ud fra, hvor eksponeringen kan være høj, og hvor der kan være et større antal arbejdstagere, som er udsat for den høje eksponering.

Tabel 6.5 Sammenfatning af konsekvenser for de otte udvalgte arbejdssteder (markeret fed og enkelte opdelt i underfunktioner) med indikation af antal arbejdere i ikke-udvalgte typer af arbejde. Behov for yderligere tiltag er eksklusiv behov for målinger.

Sektor/område	Type af arbejdsfunktion	Antal potentielt udsatte arbejdstagere, udvalgte	Behov for yderligere tiltag ved grænseværdi på 5 µg EC/m ³	Estimat over de direkte efterlevelsomkostninger ⁵⁸ mio kr./år
Togsektoren	Arbejdstagere involveret i reparation af tog	900 - 1.200	Det vurderes, at der muligvis kan være yderligere tiltag.	≈ 0 - 0,7
	Andre funktioner	1.300 - 5.600	Formentlig ingen behov	-
Skibsfart	Færgepersonale, der leder biler og lastbiler på plads	500 - 1.000	Der kan muligvis være et behov. Der er regnet på brug af åndedrætsværn.	0 - 2,5
	Andre funktioner	200 - 800	Behov formentlig svarende som ovenstående	-
Landtransport og tilhørende eksponeringssituationer	Taxa-, bus-, og lastbilchauffører, renovationsarbejdere, ansatte ved vej & park/facility services, mm, der opholder sig i midtbyzoner	7.000 - 10.000	Der kan muligvis blive tale om yderligere tiltag for primært taxachauffører. Der er regnet på mere effektive kabinefiltre på egne køretøjer.	≈ 0 - 2,6

⁵⁸ Her er angivet de samlede årlige omkostninger som er summen af de løbende efterlevelsomkostninger og de annualiserede investeringsomkostninger (omstillingsomkostninger).

Sektor/område	Type af arbejdsfunktion	Antal potentielt udsatte arbejdstagere, udvalgte	Behov for yderligere tiltag ved grænseværdi på 5 µg EC/m ³	Estimat over de direkte efterlevelsomkostninger ⁵⁸ mio kr./år
	Langturschauffører og portvagter	2,000 - 20,000	Eksponeringsniveauer lavere end ovenstående - formentlig ingen behov	≈ 0
	Mekanikere (bl.a. auto, lastbiler, landbrugsmaskiner og entreprenørmaskiner samt mekanikere i fly- og skibsbrancherne) Ekskl. maskinstationer	12.000 - 20.000	Det vurderes, at det muligvis vil være nødvendigt med yderligere tiltag. Her er regnet på omkostning til forbedret udsugning på 10-20% af alle værksteder.	≈ 0 - 6,3
Lagre, drive-in haller, mm	Lagerarbejdere, hvor lastbiler kører ind i lagerrum eller der benyttes trucks	200 - 1.000	Der forventes ikke noget behov for yderligere tiltag.	≈ 0
	Arbejdstagere i drive-in haller (til kunder) i byggemarkeder og lignende steder	100 - 400	Det vurderes, at der ikke er behov for yderligere tiltag.	≈ 0
Landbrug	Maskinstationer, der reparerer egne maskiner	1.000 - 1.200	Det vurderes, at det vil være nødvendigt med yderligere tiltag. Her er regnet på omkostning til ventilation og udsugning til 250 til 300 maskinstationer.	≈ 2,2 - 5,4
	Ansatte i landbruget	20.000 - 50.000	Kan ikke afvises, at der i enkelte funktioner (f.eks. reparation af maskiner) kan være behov for tiltag	≈ 0
Lufthavne	Bagage-portører	500 - 1.000	Det vurderes, at der formentlig ikke er behov for yderligere tiltag.	≈ 0
	Andre funktioner	1.500 - 3.000	Eksponeringsniveauer lavere end ovenstående. Formentlig ingen behov for tiltag.	≈ 0

Sektor/område	Type af arbejdsfunktion	Antal potentielt udsatte arbejdstagere, udvalgte	Behov for yderligere tiltag ved grænseværdi på 5 µg EC/m ³	Estimat over de direkte efterlevelsomkostninger ⁵⁸ mio kr./år
	Arbejdstagere som arbejder udendørs, hvor der er intensiv brug af dieseldrevne maskiner	15.000 - 40.000	Det vurderes, at der muligvis vil være et behov for yderligere tiltag. Der er regnet på forskellige tiltag. Organisatoriske, renere brændstof og eftermontering af partikelfiltre på ældre maskiner.	≈ 0,4 - 36
	Arbejdstagere involveret i reparationsarbejder o. lign. i tunneller	430 - 900	Der kan muligvis være et behov. Der er bl.a. regnet på brug eftermontering af partikelfiltre på troljer	≈ 0 - 2,6
	Arbejdstagere i byggeri og ved anlæg, hvor der anvendes dieselgeneratorer, minigravere, mm. indendørs f.eks. under totalinddækning	400-2.000		
Andre	Grænsevagter, brandmænd, billetpersonale på broer, mm.	500-2.500	Formentlig ikke behov for yderligere tiltag, men ikke undersøgt i detaljer	Ikke undersøgt
I alt for udvalgte		38.000-77.000		2,6 - 56,4
I alt, alle		84.400 - 221.000		≈ 3 - 60

Effekter ved grænseværdi på 1 µg EC/m³

Hvis der fastsættes en grænseværdi væsentligt på 1 µg EC/m³ øges som nævnt ovenfor sandsynligheden for, at de mest berørte sektorer vil skulle gennemføre tiltag, der betyder erhvervsøkonomiske omkostninger i den størrelsesorden, som er angivet ovenfor. Mulige effekter for de otte udvalgte typer af arbejdspladser er nævnt i ovenstående afsnit.

For arbejdspladser ud over de otte udvalgte typer vil der meget sandsynligt også opstå behov for tekniske og organisatoriske tiltag. Hvis der etableres en grænseværdi på 1 µg/m³, vil der formentlig skulle etableres en række tiltag for disse grupper af arbejdstagere af samme type som er nævnt for de 8 udvalgte typer af arbejdspladser såsom etablering af effektive kabinefiltre (langturschauffører), installation af udsugning og ventilation (landbrug), eller etablering af lukkede kabiner med overtryk (portvagter, billetpersonale, mm). Hvis der etableres en grænseværdi, som er under koncentrationen i udeluften i midtbyzoner, vil dette kunne indebære, at det på mange arbejdspladser skal sikres, at koncentrationen af dieseludstødning på arbejdspladsen er lavere end koncentrationen i udeluften. Der er i undersøgelsen regnet på omkostninger til at bringe koncentrationerne inde i køretøjer under udekonzentrationen, men der er ikke regnet med mulige omkostninger til at nedbringe koncentrationen i butikker, kontorer mm. i byområder.

Samlet set vil en grænseværdi på $1 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ betyde, at det er meget sandsynligt, at de tiltag, som er vurderet til måske at være nødvendige for at nå $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$, vil skulle gennemføres. Derfor vil omkostningerne kunne forventes at ligge i et interval, som begynder et stykke over de ca. 56 mio. kr. pr. år som angivet i Tabel 6.3.

6.3.3 Følsomhedsanalyse

Vurdering af de erhvervsøkonomiske konsekvenser er baseret på det foreliggende datagrundlag. Relativt få måledata betyder, at der er stor usikkerhed om behovet for tiltag til at overholde en grænseværdi.

Der er ved en grænseværdi på $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ stor usikkerhed om det faktiske behov for yderligere tiltag. Der er række faktorer som spiller ind:

- › Den generelle udfasning af diesel som brændstof til maskiner og køretøjer. Både krav til luftkvalitet og ikke mindst målet om klimaneutralitet betyder at dieselforbruget må forventes at være faldende. Hvorvidt denne generelle reduktion er tilstrækkelig til at en grænseværdi kan overholdes i 2023 er usikkert.
- › Mulighederne for ved organisatoriske tiltag at reducere eksponeringen er vanskelig at vurdere. Det vil afhænge af de helt specifikke forhold på hver arbejdsplads.
- › Disse forskellige former for usikkerhed er taget i betragtning ved estimering af de erhvervsøkonomiske konsekvenser. For de fleste af de analyserede arbejdspladstyper er der skønnet et interval for efterlevelsomkostningerne, som går fra nul og til et maksimumsskøn.

For specifikke arbejdspladstyper er der følgende overvejelse:

- › Bagagehåndtering i lufthavne: Det er på det foreliggende grundlag vurderet, at der ikke vil være omkostninger til efterlevelse af en grænseværdi på $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$, men vurderingen bygger på usikre omregninger mellem måleenheder. Hvis det viser sig, at koncentrationerne i EC er højere end her antages, vil der kunne være omkostninger forbundet med at overholde grænseværdien på $5 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$. Der er ikke omkostningsdata som muliggør en kvantificering af, hvad dette måtte betyde, og derfor ikke muligt at vurdere, hvor følsom beregningen af de samlede erhvervsøkonomiske omkostninger er over for denne antagelse.

7 Andre måder at begrænse udsættelsen for dieseludstødning i arbejdsmiljøet

Formålet med denne delaktivitet er at vurdere, om der vil være supplerende tiltag, der er relevante i forhold til myndigheders og virksomheders arbejde med at reducere udsættelsen for dieseludstødning i arbejdsmiljøet. Tiltagene er i det følgende samlet i et katalog.

Kataloget er en samling skitserede og begrundede idéer, som skal ses i sammenhæng med indførslen af en grænseværdi. Der er således kun i begrænset omfang taget stilling til, om de forskellige forslag vil have større eller mindre effekt end en grænseværdi, og tilsvarende er der heller ikke gennemført detaljerede vurderinger af forslagernes økonomiske konsekvenser.

Der er tale om COWIs forslag til mulige aktiviteter, som ikke er diskuteret med de mulige parter og interessenter.

Frivilligt branchesamarbejde i relation til dieseludstødning i regi af Branchefællesskabet for arbejdsmiljø i Bygge & Anlæg	
Kort beskrivelse af tiltaget	<p>Nærværende undersøgelse indikerer, at der i særlig grad kunne være risiko for udsættelse for dieseludstødning ved visse typer af udendørs arbejde i bygge- og anlægssektoren og et behov for mere viden om udsættelse og tiltag til at reducere udsættelsen.</p> <p>Tiltaget henter inspiration fra det samarbejde, der har været i Københavns Lufthavn. Siden 2007 har Københavns Lufthavn, SAS, groundhandlere, fagforeninger, Naviair og myndigheder samarbejdet om at reducere sundhedsskadelige udledninger i lufthavnen og deltaget i en række forskningsprojekter. Som led i programmet er bl.a. dieseldrevet udstyr gradvis blevet erstattet af andet udstyr; en proces der stadig er i gang.</p> <p>Branchesamarbejdet kunne have en række elementer:</p> <ul style="list-style-type: none"> > Målinger af udsættelse for dieseludstødning i bygge- og anlægssektoren. Der er endnu stor usikkerhed om, hvilke arbejdssituationer, der giver anledning til høje eksponeringskoncentrationer. > Vurdering af effektiviteten af forskellige tiltag rettet mod forskellige eksponeringssituationer. Der er en række mulige tiltag til at nedbringe udsættelsen, og der vil være forskel på, hvilke der vil være mest omkostningseffektive til den enkelte arbejdssituation. > Udarbejdelse af vejledning over mulige tiltag inkl. strategier til at bestemme de mest omkostningseffektive tiltag. > Fastsættelse af mål for nedbringelsen af udsættelsen. <p>Som eksempel kan det nævnes, at der i Holland i et samarbejde mellem arbejdsmarkedets parter inden for bygge- og anlægssektoren er blevet udarbejdet undersøgelser og udarbejdet aftaler og retningslinjer vedrørende tiltag til at reducere udsættelsen af arbejdstagere for dieseludstødning (Vollandis, 2018).</p>
Mulige parter og interessenter	Branchefællesskabet for arbejdsmiljø i Bygge & Anlæg ⁵⁹ er sammensat af:

⁵⁹ <https://www.bfa-ba.dk/>

Frivilligt branchesamarbejde i relation til dieseludstødning i regi af Branchefællesskabet for arbejdsmiljø i Bygge & Anlæg	
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 8 arbejdsgiverforeninger (Asfaltindustriens Arbejdsgiverforening, Dansk Byggeri, Dansk Industri, Danske Malermestre, Glarmesterlauget, Bygningsstyrelsen, Tekniq Arbejdsgiverne Industri & Installation), ➤ 9 fagforbund/organisationer (BAT-Kartellet, Blik- og Rørarbejderforbundet, Dansk El-Forbund, Dansk Metal, Faglig Fælles Forbund (3F), HK, Konstruktørforeningen, Malerforbundet i Danmark, Teknisk Landsforbund) og ➤ 2 lederorganisationer (Dansk Formands Forening, Ledernes Hovedorganisation). <p>Parterne kunne være motiveret for et sådant tiltag, fordi det vil resultere i øget opmærksomhed på eksponeringen og kunne pege på omkostningseffektive løsninger.</p>
Mulig effekt af tiltaget	<p>Det er forfatterne af denne rapport indtryk, at der indtil videre har været et begrænset fokus på nedbringelse af udsættelsen af arbejdstagere for dieseludstødning ved udendørs aktiviteter. Der har således været en langt mere målrettet indsats mod at nedbringe udsættelsen ved indendørsaktiviteter, ved at sikre at der ikke anvendes dieseldrevet udstyr indendørs.</p> <p>Et større fokus og mere viden om udendørs eksponeringssituationer, og implementering af omkostningseffektive reduktionstiltag, vurderes at kunne bidrage til en meget væsentlig reduktion i udsættelsen inden for denne sektor, og kunne meget vel resultere i en markant lavere udsættelse for dieseludstødning ved udendørs arbejde i bygge- og anlægsbranchen.</p>
Erhvervsøkonomiske konsekvenser	<p>Mere viden om eksponeringssituationer og om omkostningseffektive måder at nedbringe udsættelsen på vil kunne bidrage til at nedbringe eksponeringskoncentrationerne uanset om der etableres en grænseværdi eller ej. For bygge- og anlægssektoren vurderes en frivillig brancheaftale at kunne mindske de erhvervsøkonomiske konsekvenser af etableringen af en mulig grænseværdi på 5 µg EC/m³.</p>

Udvidelse af krav til miljøzoner i de større byer	
Kort beskrivelse af tiltaget	<p>Der er med bekendtgørelse nr. 1059 af 22/10/2019 indført skærpede krav vedrørende dieseldrevne lastbiler, busser og varebiler i miljøzonerne, der betyder at ældre køretøjer ikke har adgang til miljøzonerne i København, Frederiksberg, Aalborg, Odense og Aarhus med mindre de har monteret et partikelfilter.</p> <p>Et tiltag kunne omfatte udvidelse af de eksisterende krav til miljøzoner i kommuner til at omfatte ikke-vejgående maskiner.</p>
Mulige parter og interesser	<p>København, Frederiksberg, Aalborg, Odense, og Aarhus kommuner. Miljø- og Fødevarerministeriet.</p> <p>Det er uklart om parterne vil være motiverede, fordi effekten på den generelle belastning i byzonerne er begrænset.</p>
Mulig effekt af tiltaget	<p>Tiltaget ville kunne bidrage til at nedsætte eksponeringen af arbejdstagere der arbejder på bygge- og anlægsprojekter i områder med høje baggrundskoncentrationer og dermed forøget risiko for at udsættes for høje niveauer af dieseludstødning.</p> <p>Tiltaget vil ligeledes kunne bidrage til at nedbringe den generelle belastning med dieseludstødning i midtbyzonerne.</p> <p>DCE undersøgte i 2013 hvilken indflydelse tog samt mobile ikke-vejgående maskiner har på luftkvaliteten i byområder med fokus på København og Aarhus og opstiller forskellige scenarier for mindskelse af udledningerne fra de mobile ikke-vejgående maskiner (Olesen et al., 2013). Undersøgelsen omfatter ikke elementært kulstof. For NO₂ når undersøgelsen frem til, at reduktionen i koncentrationen på H.C. Andersens Boulevard vil være beskeden med de forskellige scenarier.</p>

Udvidelse af krav til miljøzoner i de større byer	
	Det vurderes på den baggrund, at effekten af at udvide kravene til at omfatte mobile ikke-vejgående maskiner formentlig primært vil være i relation til arbejdsmiljøet
Erhvervsøkonomiske konsekvenser sammenlignet med at etablere nationale grænseværdier	De erhvervsøkonomiske konsekvenser af tiltaget vil være relativt store fordi det der vil kunne være væsentlige omkostninger til etablering af filtre eller udskiftning af materiel, som under alle omstændigheder ville skulle udskiftes inden for en kortere årrække.

Øget viden om udsættelse for dieseludstødning i arbejdsmiljøet og muligheder for at reducere denne udsættelse	
Kort beskrivelse af tiltaget	Der har de senere år været særligt forskningsmæssig fokus på udsættelse for ultrafine partikler og elementært kulstof (eller black carbon) i tilknytning til togdrift og lufthavne. En aktivitet kunne være at iværksættelse af et forskningsprojekt for nogle af de områder, hvor der er tvivl om de faktiske niveauer i arbejdsmiljøet f.eks. bygge og anlæg, færger, tunnelarbejde og autoværksteder, og hvilke tiltag der yderligere skal tages for at reducere eksponeringen.
Mulige parter og interessenter	Arbejdstilsynet Arbejdsmarkedet parter inkl. Branchefællesskabet for arbejdsmiljø i Bygge & Anlæg Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø Teknologisk Institut og Force Projektet kunne eventuelt gennemføres med støtte af Arbejdsmiljøforskningsfonden Parterne kunne være motiveret for et sådant tiltag, fordi det vil resultere i øget opmærksomhed på eksponeringen og kunne pege på omkostningseffektive løsninger.
Mulig effekt af tiltaget	Gennem mere viden om de faktiske eksponeringskoncentrationer og forhold af betydning for eksponering af arbejdstagerne ville der komme øget fokus på problemstillingen i relation til nogle af de områder, hvor der vurderes at kunne være udfordringer med eksponering for dieseludstødning. Dette fokus vil kunne bidrage til at virksomhederne tager yderligere skridt til at nedbringe udsættelsen, på de områder, hvor det viser sig at der er behov for det. Det øgede viden vil også kunne bruges af Arbejdstilsynet i forbindelse med tilsyn og vejledning til virksomheder i relation til at nedbringe eksponeringen i arbejdsmiljøet.
Erhvervsøkonomiske konsekvenser	De erhvervsøkonomiske konsekvenser vurderes at være små. Det vurderes at øget viden kunne øge mulighederne for at identificere omkostningseffektive tiltag til at nedbringe koncentrationerne. I det tilfælde at der etableres en grænseværdi på 5 µg EC/m ³ vurderes øget viden og at kunne have en positiv erhvervsøkonomisk konsekvens.

Frivillig brancheaftale om brug af GTL eller lignende alternative drivmidler eller udskiftning til eldrevet materiel	
Kort beskrivelse af tiltaget	Der er allerede en lang række virksomheder, der har helt eller delvist skiftet til GTL inden for togsektoren, asfaltbranchen, entreprenørbranchen, færgefart, mm. (DCCenergi, 2019). Frivillig brancheaftale om brug af GTL eller lignende alternative drivmidler ved arbejde i miljøzoner i de større byer og til arbejdsituationer, hvor der er særlig risiko for udsættelse i arbejdsmiljøet. Øget brug af eldrevet materiel til lignende arbejdsituationer. Inden en sådan aftale indgås, er det dog nødvendigt at få dokumentation for, i hvilken grad brug af GTL reducerer udledningerne af EC.

	Frivillig brancheaftale om brug af GTL eller lignende alternative drivmidler eller udskiftning til eldrevet materiel
	Som omtalt tidligere i rapporten er der i København et ønske om en lovændring, der giver kommunen mulighed for at kræve, at både offentlige og private byggerier laves med miljøvenlige maskiner. I følge overborgmester Frank Jensen vil kravet i første omgang blive at bruge biobrændstof på maskinerne, men på sigt bliver det også, at de skal være elektrificerede. Det skal dog bemærkes, at baggrunden for krav om biobrændstof i højere grad er klimarelateret end relateret til arbejdsmiljøet.
Mulige parter og interessenter	Branchefællesskabet for arbejdsmiljø i Bygge & Anlæg
Mulig effekt af tiltaget	I følge oplysninger fra leverandører vil brug af GTL og visse andre alternative drivmidler kunne reducere udledningen af partikler med op til 38%. Det er dog ikke helt klart, om der kan opnås en tilsvarende reduktion i udledningen af elementært kulstof. Med brug af eldrevet materiel vil udledningen af dieseludstødning helt elimineres. Tiltaget vil både have en effekt i relation til udsættelse i arbejdsmiljøet og bidrage til at nedbringe koncentrationen i udeluften og dermed også nedbringe udsættelsen af den generelle befolkning. Dette vil i særlig grad have betydning i byområder, hvor udsættelse for dieseludstødning i dag giver anledning til betydelige helbredseffekter.
Erhvervsøkonomiske konsekvenser	Prisen på GTL er ca. 3-4% højere end konventionel diesel mens prisen på HVO, som er en biodiesel, er ca. 47% højere end prisen på konventionel diesel.

	Udarbejdelse af branchespecifikke vejledninger
Kort beskrivelse af tiltaget	For nogle af de områder, hvor der har været fokus er der udarbejdet vejledninger. BAU transport og engros har således udarbejdet vejledninger til reduktion af eksponering for dieseludstødning i lukkede banerum, i lagre og vareterminaler, i trælast og i tog (BAU, 2014a; 2014b; 2018a; 2018b). Der findes ingen vejledninger vedrørende eksponering for dieseludstødning på færger eller i færgeterminaler eller ved kørsel i byzoner med høj baggrundskoncentration af dieseludstødning. Branchefællesskabet for arbejdsmiljø i Bygge & Anlæg har udarbejdet en lang række Branchevejledninger men ingen specifikt rettet mod eksponering for dieseludstødning. Tiltaget vil omfatte udarbejdelse af én eller flere vejledninger rettet mod eksponering for dieseludstødning ve eksempelvis følgende typer af arbejde: <ul style="list-style-type: none"> > Arbejde i udgravninger og andre steder, hvor der dannes delvist lukkede rum (f.eks. supplement til vejledning om " Gravearbejde ved byggeri og anlæg" > Kørsel i midtbyzoner med højt baggrundsbidrag af dieseludstødning > Arbejde på lukkede vogndæk på færger
Mulige parter og interessenter	Branchefællesskabet for arbejdsmiljø i Bygge & Anlæg BAU transport og engros
Mulig effekt af tiltaget	Gennem mere viden om de faktiske eksponeringskoncentrationer og forhold af betydning for eksponering af arbejdstagerne ville der komme øget fokus på problemstillingen i relation til nogle af de områder, hvor der vurderes at kunne være udfordringer med eksponering for dieseludstødning. Det øgede viden vil også kunne bruges af Arbejdstilsynet i forbindelse med tilsyn og vejledning til virksomheder i relation til at nedbringe eksponeringen i arbejdsmiljøet.
Erhvervsøkonomiske konsekvenser	De erhvervsøkonomiske konsekvenser vurderes at være små.

8 Referencer

Andersen, M.H.G., Frederiksen, M., Saber, A.T., Wils, R.S., Fonseca, A.S., Koponen, I.K., Johannesson, S., Roursgaard, M., Loft, S., Møller, P., Vogel, U. (2019a). Health effects of exposure to DEEE in diesel-powered trains. *Part Fibre Toxicol.* 11;16(1):21.

Andersen, M.H.G., Johannesson, S., Fonseca, A.S., Clausen, P.A., Saber, A.T., Roursgaard, M., Loeschner, K., Koponen, I.K., Loft, S., Vogel, U., Møller, P. (2019b). Exposure to air pollution inside electric and diesel-powered passenger trains. *Environ Sci Technol*; 53(8): 4579-4587.

AT (1995). Gaffeltruck. Krav til indretning af gaffeltrucks, til brug og vedligeholdelse, til brugsanvisninger til gaffeltrucks og til truckførercertifikat. At-meddelelse nr. 2.01.1 - 1. november 1995.

Bakker, M. (2010). DME-onderzoek in de Mobiliteitsbranche, 3-meting 2010, Brancherapport. Udført for KeurCompany, IJmuiden.

Bakker, M. (2012). DME-onderzoek bij FOCWA aangesloten bedrijven. Nul-meting 2011/2012. Udført for KeurCompany, IJmuiden.

Bendtsen, K.M., Brostrøm, A., Koivisto, A.J. et al. (2019). Karakterisering og toksicitet af lufthavnspartikler. *Miljø og sundhed* 25. årgang, nr. 3: 15- 20.

Bendtsen, K.M., Brostrøm, A., Koivisto, A.J. et al. (2019). Airport emission particles: exposure characterization and toxicity following intratracheal instillation in mice. *Particle and Fibre Toxicology* 16, Article number: 23 (2019).

Berlinger (2014). Oslo Airport particulate measurement strategy and intermediate results. Præsentation på Forum AE workshop 9-10 januar 2014. http://www.forum-ae.eu/system/files/06_nioh_berlinger_oslo_airport_particulate_measurement_strategy_and_results_0.pdf

Berlinger, B., Ellingsen, D.G., Romanova, N., Friisk, G., Daae, H.L., Weinbruch, S., Skaugset, N.P., Thomassen, Y. (2019). Elemental carbon and nitrogen dioxide as markers of exposure to DEEE in selected Norwegian industries. *Ann Work Expo Health.* 63(3):349-358.

Bond, T.C., Doherty, S. J., Fahey, D.W. et al. (2013). Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment. *J. Geophys. Research: Atmospheres*; 188: 5380-5552.

BG BAU (2018). Expositionen gegenüber Dieselmotoremissionen (DME) von Baumaschinen und -fahrzeugen, 18. Juli 2018. Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft.

Bott, R.C., Kirk, K.M., Logan, M.B., Reid, D.A. (2017). Diesel particulate matter and polycyclic aromatic hydrocarbons in fire stations. *Environ Sci Process Impacts.* 19(10):1320-1326.

CAREX Canada (2019). Diesel engine exhaust occupational exposures. CAREX Canada, Simon Fraser University. https://www.carexcanada.ca/profile/diesel_engine_exhaust-occupational-exposures/

DCC Energi (2019). Hvad er Shell GTL Fuel?. https://www.dcce-energi.dk/gtl.aspx?gclid=Cj0KCQIA15zwBRCTARIsAIrukDzSnWEV9dWriIT4QSzrUnu3nkOt7IFOD-boxF7Tbew7ZOZXLho3T70aArcUEALw_wcB

Dieselnet (2016). Emission Standards – EU: Nonroad Engines. Lokaliseret november 2019: <https://dieselnet.com/standards/eu/nonroad.php>

Dieselnet (2019a). Emission Standard – EU: Heavy-Duty Truck and Bus Engines.

<https://dieselnet.com/standards/eu/hd.php>

Dieselnet (2019b). Emission Standard – EU: Cars and Light Trucks. <https://dieselnet.com/standards/eu/ld.php>

Ejendomswatch.dk (2019). København vil forbyde dieselmaskiner i byggeriet. <https://ejendomswatch.dk/Ejendomsnyt/article11671952.ece>

Ellermann, T., Massling, A., Løfstrøm, P., Winther, M., Nøjgaard, J. K., Ketznel, M. (2011a). Undersøgelse af luftforureningen på forpladsen i Københavns Lufthavn Kastrup i relation til arbejdsmiljø. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. Teknisk rapport fra DCE nr. 5.

Ellermann, T., Jacob Klenø Nøjgaard, J.K., Bossi, R. (2011b). Supplerende målinger til luftovervågning under NOVANA – benzen og PAH. Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 3.

Ellermann, T., Brandt, J., Rasmussen, L.M.F., Geels, C., Christensen, J.H., Ketznel, M., Jensen, S.S., Nordstrøm, C., Nøjgaard, J.K., Nygaard, J., Monies, C., Nielsen, I.E. (2019). Luftkvalitet og helbredseffekter i Danmark, status 2018. Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi.

Ellermann, T., Nygaard, J., Nøjgaard, J.K., Nordstrøm, C., Brandt, J., Christensen, J., Ketznel, M., Massling, A., Bossi, R., Frohn, L.M., Geels, C. & Jensen, S.S. (2020). The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2018. Aarhus University, DCE– Danish Centre for Environment and Energy, Scientific Report No. 360.

EMEP/EEA (2019). EMEP/EEA air pollution emission inventory guidebook 2019, 1.A.3.b.i, 1.A.3.b.ii, 1.A.3.b.iii, 1.A.3.b.iv Passenger cars, light commercial trucks, heavy-duty vehicles including buses and motor cycles. European Monitoring and Evaluation Programme og European Environment Agency.

Erhvervsstyrelsen (2015). Vejledning om erhvervsøkonomiske konsekvensvurderinger. <https://erhvervsstyrelsen.dk/vejledning-erhvervsøkonomiske-konsekvensvurderinger>

Erhvervsstyrelsen (2018). Vejledning om konsekvensanalyser. <https://erhvervsstyrelsen.dk/vejledning-konsekvensanalyser>

Esswein, E.J., Alexander-Scott, M., Snawder, J., Breitenstein, M. (2018). Measurement of area and personal breathing zone concentrations of diesel particulate matter (DPM) during oil and gas extraction operations, including hydraulic fracturing. *J Occup Environ Hyg.* 15(1):63-70.

Galea, K.S., Mair, C., Alexander, C., de Vocht, F, van Tongeren, M. (2016). Occupational exposure to respirable dust, respirable crystalline silica and diesel engine exhaust emissions in the london tunnelling environment. *Ann Occup Hyg.* 60(2):263-269.

Hebisch, R., Fröhlich, N. Karmann, J., Prott, U. (2017). Exposition gegenüber Abgasen von Dieselmotoren in Abstellbereichen für Fahrzeuge von Feuerwehren und Rettungsdiensten. Vergleichende Betrachtung der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen in: Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft, Volume 77, Nr. 11-12 2017: 473-477.

Hedmer, M., Wierzbicka, A., Li, H., Albin, M., Tinnerberg, H., Broberg, K. (2017). Diesel exhaust exposure assessment among tunnel construction workers-correlations between nitrogen dioxide, respirable elemental carbon, and particle number. *Ann Work Expo Health*. 61(5):539-553.

Hvidberg, R.L., Andersen, J.S., Vang, K., Sørensen, P.K., Eskerod, B., Hansen, O., Bertel, S.N. (2017). LowCarbon. Brændkammer. MUDP-rapport, Juni 2017. Miljøstyrelsen.

IARC (2014). Diesel and gasoline engine exhausts and some nitroarenes. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 105. International Agency of Cancer Research.

I-Bar (2011). Kemi på autoværkstedet trin for trin. Industriens Branchearbejdsmiljøråd.

I-Bar (2014). Partikelfiltre i tunge køretøjer. Udskiftning og rensning. Industriens Branchearbejdsmiljøråd.

Jensen, S.S., Christensen, J.H., Frohn, L.M., Brandt, J., Ketzel, M., Nielsen, O.-K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Hertel, O., Ellermann, T. (2019). Udvikling i luftkvalitet og helbredseffekter for 2020 og 2030 i relation til Nationalt program for reduktion af luftforurening (NAPCP). Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. Videnskabelig rapport nr. 300.

Jernbanetidende (2014). Teknologi kan løse problemer med dieselpartikler. Jernbane Tidende nr. 4, 2014. https://issuu.com/dansk_jernbaneforbund/docs/jbt_20141010/14

Karotki, G., Loft, S. (2015). Rapport vedrørende måling af udsættelse for ultrafine partikler blandt ansatte i DSB. Institut for Folkesundhedsvidenskab, Københavns Universitet for DSB.

Kim, J., Peters, C.E., Arrandale, V.H., Labrèche, F., Ge, C.B., McLeod, C.B., Song, C., Lavoué, J., Davies, H.W., Nicol, A.M., Pahwa, M., Demers, P.A. (2018). Burden of lung cancer attributable to occupational diesel engine exhaust exposure in Canada. *Occup Environ Med*. 75(9):617-622.

Larsen, P.B. Kjølholt, J. (2015). Exposure to nanomaterials from the Danish Environment. Environmental project No. 1633. Miljøstyrelsen.

Lewne, M., Plato, N., Gustavsson, P. (2007). Exposure to particles, elemental carbon and nitrogen dioxide in workers exposed to motor exhaust. *Ann Occup Hyg*, 51:693–701.

Lim, S., Barratt, B., Holliday, L., Griffiths, C., Mudway, I. (2019). Professional drivers exposure to black carbon in London, the Diesel Exposure Mitigation Study. *European Respiratory Journal* 2019; 54: Suppl. 63, OA486.

Linnainmaa, M., Kanerva, T., Törmänen, S., Taxell, P., Santonen, T., Hyytinen, E.-J. Hyvärinen, V., Oksa, P. (2016). Hiukkaset ja melu kestävässä kaivosympäristössä (HIME). Loppuraportti. Finnish Institute of Occupational Health, FIOH.

Long, C.M., Nascarella, M.A., Valberg, P.A. (2013). Carbon black vs. black carbon and other airborne materials containing elemental carbon: Physical and chemical distinctions. *Environ Pollut*. 181:271-286.

Miljø- og Fødevareministeriet (2019). Nationalt program for reduktion af luftforurening. <https://www.ft.dk/samling/20181/almdel/MOF/bilag/514/2041649/index.htm>

Miljøpunkt Nørrebro (2018). Dieselforurening på Nørrebro og i Bispebjerg. Udgivet af Bispebjerg Lokaludvalg og Nørrebro Lokaludvalg.

MST (2019 b). Regulering af brændstof. Lokaliseret 25-11-2019: <https://mst.dk/luft-stoej/luft/saerligt-for-borgere-om-luftforurening/biler-busser-og-andre-koeretoer/ regulering-af-braendstoffer/>

Mudway, I. (2019). Diesel Mitigation Study (DeMIST). Measuring professional driver exposures. Præsentation af foreløbige resultater af Ian Mudway, King's College London. London Air Quality Network Conference – 25th June 2019. http://www.londonair.org.uk/london/asp/LAQNSeminar/pdf/June2019/DeMIST_measuring_professional_driver_exposure.pdf

Møller, K.L., Thygesen, L.C. Mikkelsen, S. Brauer, C. (2016). Helbredsskader og partikelforurening i Københavns Lufthavn, Kastrup. Statens Institut for Folkesundhed og Arbejds- og Miljømedicinsk Afdeling, Bispebjerg Hospital. Slutrapport til Arbejdsmiljøforskningsfonden.

Møller, K. L., Brauer, C., Mikkelsen, S., Loft, S., Simonsen, E. B., Baldvinsson, H. K. et al. (2017). Copenhagen Airport Cohort: air pollution, manual baggage handling and health. *B M J Open*, 7:1-11.

Møller, K.L., Thygesen, L.C., Schipperijn, J., Loft, S., Bonde, J.P., et al. (2014). Occupational exposure to ultrafine particles among airport employees - combining personal monitoring and global positioning system. *PLoS ONE* 9(9): e106671.

NFA (2019a). Tegn på sundhedsskadelige effekter efter 3 gange 6 timers ophold i togvogne trukket af dieseltog. Ny forskning 70. Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø.

Nielsen, O.-K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Nielsen, M., Hjelgaard, K., Mikkelsen, M.H., Albrektsen, R., Thomsen, M. (2018). Fremskrivning af emissioner. SO₂, NO_X, NMVOC, NH₃, PM_{2,5} og sod. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, Videnskabelig rapport nr. 298. <http://dce2.au.dk/pub/SR298.pdf>

NIOSH (2003a). NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition. Elemental Carbon (Diesel Particulate): Method 5040, Issue 3, dated 15 March (2003).

NIOSH (2003b). NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM). O'Connor, P.F., Schlecht, P.C., Monitoring of Diesel Particulate Exhaust in the Workplace, Chapter Q, Third Supplement to NMAM, 4th Edition, NIOSH, Cincinnati, OH. DHHS (NIOSH) Publication No. 2003-154.

Nøjgaard, J. K., Massling, A., Ellermann, T. (2017). The Particle Project 2014-2016. Aarhus Universitet, DCE – Dansk Center for Miljø og Energi. DCE rapport Nr. 233. <http://dce2.au.dk/pub/SR233.pdf>

Nøjgaard, J.K., Massling, A., Ellermann, T. (2018). The Particle Project 2017-2018. Scientific Report from DCE No 285 – Danish Centre for Environment and Energy.

Olesen, H.R., Winther, M., Plejdrup, M.S., Brandt, J., Ketznel, M, Ellermann, T. (2013). Luftforurening fra mobile ikke-vejgående maskiner i byområder. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. - Videnskabelig rapport fra DCE nr. 65 <http://dce2.au.dk/Pub/SR65.pdf>

Palmgren F., Christensen, J., Ellermann, T., Hertel, O., Illerup, J.B., Ketznel, M., Loft, S., Palmgren, F., Winther, M., Wåhlin, P. (2009). Luftforurening med partikler – et sundhedsproblem. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet.

Plato, N., Lewné, M., Gustavsson, P. (2019). A historical job-exposure matrix for occupational exposure to DEEE using elemental carbon as an indicator of exposure. *Arch Environ Occup Health*. 2019, Aug 1:1-12.

- Press-kristensen, K., Møberg, A.S. (2019). Luftforurening med partikler fra vejtrafik på Østerbro. Det Økologiske Råd.
- Pronk, A., Coble, J., Stewart, P.A. (2009). Occupational exposure to diesel engine exhaust: a literature review. *J Expo Sci Environ Epidemiol.* 19(5): 443-457.
- RPA (2017). Second study to collect updated information for a limited number of chemical agents with a view to analyse the health, socio-economic and environmental impacts in connection with possible amendments of Directive 2004/37/EC (CMD 2). RPA, FoBiG m.fl. for Europakommissionen, DG EMPL. <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/ef8b6106-da92-11e9-9c4e-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-104800702>
- RPA (2018). Methodological note accompanying the six substance-specific reports under Contract VC/2017/0011. Third study on collecting most recent information for a certain number of substances with the view to analyse the health, socio-economic and environmental impacts in connection with possible amendments of Directive 2004/37/EC on the protection of workers from the risks related to exposure to carcinogens or mutagens at work. RPA, COWI, FoBiG og EPRD for Europakommissionen, DG EMPL
- Saber, A.T., Hadrup, N., Poulsen, S.S., Jacobsen, N.R, Vogel, U. (2019). Diesel exhaust particles: Scientific basis for setting a health-based occupational exposure limit. The National Research Centre for the Working Environment, Copenhagen.
- SCOEL (2017). Diesel Engine Exhaust. SCOEL/OPIN/403. Opinion from the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits.
- Stapleton, E.M., O'Shaughnessy, P.T., Locke, S.J., Altmaier, R.W., Hofmann, J.N., Beane Freeman, L.E., Thorne, P.S., Jones, R.R., Friesen, M.C. (2018). A task-based analysis of black carbon exposure in Iowa farmers during harvest. *J Occup Environ Hyg.* 15(4):293-304.
- Syd- og Sønderjyllands Politi (2016). Notat vedr. luftforurening fra køretøjer i forbindelse med paskontrol ved den dansk-tyske grænse. 3. juni 2016. (upubliceret)
- Taxell, P. (2017). Workplace exposure to dusts and aerosols - DEEE. OSH Wiki på https://osh-wiki.eu/wiki/Workplace_exposure_to_dusts_and_aerosols_-_diesel_exhaust
- Taxell, P., Santonen, T. (2016). Diesel engine exhaust. The Nordic Expert Group for Criteria Documentation of Health Risks from Chemicals and the Dutch Expert Committee on Occupational Safety. *Arbete och Hälsa* 49(6).
- Teknologisk Institut (2018). Partikelmåling i dobbeltdækkervogn. Analyserapport 817869, 22. august 2018. Teknologisk Institut for DSB. (upubliceret)
- Työterveyslaitos (2015). Deisselpakokaasujen tavoitetasoperustelumuistion. Tavoitetaso TY01-2009. Finsk Institut for Arbejdsmiljø (FIOH).
- Ulfvarson, U., Alexandersson, R., Aringer, L., Svensson, E., Hedenstierna, G., Hogstedt, C., Holmberg, B., Rosen, G., Sorsa, M. (1987). Effects of exposure to vehicle exhaust on health. *Scand J Work Environ Health*;13(6):505-512.

Venkatachari, P., Zhou, L., Hopke, P. K., Schwab, J.J., Demerjian, K.L., Weimer, S., Hogrefe, O., Felton, D., and Rattigan, O. (2006). An intercomparison of measurement methods for carbonaceous aerosol in the ambient air in New York City. *Aerosol Sci. Technol.*, 40:788–795.

Volandis (2018). A-blad. Dieselmotoremissie (DME). Volandis i samarbejde med en række organisationer inden for bygge- og anlægssektoren i Holland. <https://www.volandis.nl/media/2752/18000617-a-blad-dieselmotormissie.pdf>

Yu, N., Shu, S., Lin, Y., She, J., Ip, H.S.S., Qiu, X., Zhu, Y. (2017). High efficiency cabin air filter in vehicles reduces drivers' roadway particulate matter exposures and associated lipid peroxidation. *PLoS One*, 12(11):e0188498.

Det Økologiske Råd (2016). Frisk luft og mindre kemi på børneværelset. <https://rgo.dk/wp-content/uploads/2019/11/Projektrapport-for-pilotprojekt-Frisk-luft-og-mindre-kemi-p%c3%a5-b%c3%b8rnev%c3%a6relset.pdf>

Bilag 1 Andre regler vedrørende dieseludstødning

Den europæiske grænseværdi for dieseludstødning på $50 \mu\text{g EC}/\text{m}^3$ (målt som elementært kulstof), bliver det første regulatoriske krav vedrørende elementært kulstof for dieselmotorer. Elementært kulstof er en delkomponent af partikulært stof (PM), hvorfor regulering vedrørende udledning af PM også er relevant i denne sammenhæng.

Sidst i dette kapitel er de gældende regler vedr. PM som luftforureningskomponent sammenfattet, og det vurderes, hvordan bestemmelserne kan have betydning for fastsættelsen, efterlevelsen og/eller håndhævelsen af grænseværdier for dieseludstødning i arbejdsmiljøet.

B.1 Regler vedr. luftforurening

Som EU-medlemsland er Danmark underlagt to forskellige overordnede regelsæt vedr. luftforurening: Luftkvalitetsdirektivet og NEC-direktivet, og derudover er Danmark part til Konventionen for Langtransporteret grænseoverskridende luftforurening under FNs Kommission for Europa.

B.1.1 Luftkvalitetsbekendtgørelsen

Luftkvalitetsdirektivet⁶⁰ er et EU-direktiv med det overordnede formål at sikre, at den luft, vi indånder, ikke udgør et sundhedsproblem. I Danmark er direktivet og ændringer til dette gennemført i dansk lov via Luftkvalitetsbekendtgørelsen (BEK nr. 1472 af 12/12/2017).

Direktivet fastsætter mål- og grænseværdier for luftkoncentrationen af specifikke stoffer og partikler, samt krav om overvågning af luftforurening. Bekendtgørelsen omfatter følgende luftforureningskomponenter: svovldioxid (SO_2), nitrogendioxid (NO_2), nitrogenoxider (NO_x), bly (Pb), ozon (O_3), benzen, kulilte/carbonmonoxid (CO), polycyklisk aromatiske kulbrinter (PAH), cadmium (Cd), arsen (As), nikkel (Ni), kviksølv (Hg) og partikler (PM_{10} og $\text{PM}_{2,5}$).

Mht. koncentrationer af partikler i udeluften fremgår kravene og reduktionsmålene for udledning i Danmark af Tabel 0.1.

B.1.2 NEC-bekendtgørelsen

NEC-direktivet⁶¹ er et EU-direktiv, som har det overordnede formål at reducere skadesomkostninger og andre negative effekter ved luftforurening, såsom klimaforandringer og tab af biodiversitet. I Danmark er NEC-direktivet implementeret i dansk lov via Bekendtgørelse om nedbringelse af emissioner af svovldioxid, nitrogenoxider, flygtige organiske forbindelser, fine partikler og ammoniak (NEC-bekendtgørelsen, BEK nr. 491 af 16/05/2018). Bekendtgørelsen indeholder bl.a. krav om at indberette emissioner af black carbon (BC), hvis data foreligger.

Direktivet stiller krav til EU's medlemslande om at reducere emissionen af specifikke luftforurenende stoffer: nitrogenoxider (NO_x), svovldioxid (SO_2), ammoniak (NH_3), flygtige organiske forbindelser undta-

⁶⁰ EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2008/50/EF af 21. maj 2008 om luftkvaliteten og renere luft i Europa

⁶¹ EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV (EU) 2016/2284 af 14. december 2016 om nedbringelse af nationale emissioner af visse luftforurenende stoffer, om ændring af direktiv 2003/35/EF og om ophævelse af direktiv 2001/81/EF

gen metan (NMVOC), samt fine partikler (PM_{2,5}). Kravene i NEC-direktivet er formuleret som to reduktionsmål for luftforureningskomponenterne i 2020 og 2030. Reduktionsmålene er sat i forhold til niveauet i 2005. Danmarks mål for perioden 2020-2030 og perioden 2030 og frem, fremgår af Tabel 0.1.

I direktivet stilles der yderligere krav om, at der hvert fjerde år skal udarbejdes et planlægningsprogram, der beskriver landets arbejde med at reducere luftforurening, samt bidrager til efterlevelse af Luftkvalitetsdirektivet. Hertil skal medlemslandene afrapportere deres samlede nationale emissioner, samt deres fremskrevne emissioner, hvert år. Det er DCE, Aarhus Universitet, som udarbejder og indberetter disse.

B.1.3 Sammenfatning

Af Tabel 0.1 fremgår en opsummering af krav til PM i udeluften og reduktionsmål for emissioner. Som det fremgår af Figur 4.1, udgør black carbon fra trafik kun en lille del massen af PM_{2,5} og PM₁₀. For PM_{2,5} var Luftkvalitetsbekendtgørelsens grænseværdi 25 µg EC/m³ som årsmiddelværdi på overholdt på alle målestationer i 2017 (Miljø- og Fødevareministeriet, 2019). Da udledninger fra dieselmotorer kun udgør en lille del af de samlede emissioner af PM_{2,5}, og da dette bidrag under alle omstændigheder vil falde som konsekvens af udskiftning af ældre køretøjer og maskiner (omtales i næste afsnit) vil NEC-bekendtgørelsens reduktionsmål for PM_{2,5} i sig selv næppe have nogen større indflydelse på tendensen i koncentrationerne af elementært kulstof i udeluften.

Tabel 0.1 Reduktionsmål og grænseværdier for partikler.

Regulering	PM _{2,5}	PM ₁₀
Luftkvalitetsbekendtgørelsen	Grænseværdier: Fra 1. Januar 2015: 25 µg EC/m ³ Fra 1. Januar 2020: 20 µg EC/m ³ (i følge bekendtgørelsen, men værdien er stadig 25 µg EC/m ³)	Grænseværdier: Døgnmiddelværdi: 50 µg EC/m ³ (må ikke overskrides mere end 35 gange pr. kalenderår) Årsmiddelværdi: 40 µg EC/m ³
NEC-bekendtgørelsen -	Reduktionsmål for emissioner sammenlignet med 2005: 33 % for hvert enkelt år i perioden 2020-2029	-
	Reduktionsmål for emissioner sammenlignet med 2005: 55 % for hvert enkelt år i fra 2030	-

B.2 Europæiske krav til udledning fra dieselmotorer

De europæiske udledningsstandarder, også kendt som "Euronormer" og "Europæiske Standarder", sætter grænser for forurening udledt fra nye motorer. Motorer omfattet af euronormer er overordnet inddelt i følgende grupper:

- i) ikke vejgående mobile maskiner (NRMM)
- ii) tunge køretøjer og busmotorer
- iii) biler og lette trucks

Euronormer sætter grænser for udledninger af en række forureningsstoffer, herunder nitrogenoxider og partikler, fra dieselmotorer. Disse udledningskrav er for hver af de tre ovennævnte kategorier indført som

gradvise skærpelser for forskellige forureningskomponenter. Følgende underafsnit gennemgår euronormerne for hver af de tre kategorier vedr. krav til udledning af PM fra dieselmotorer.

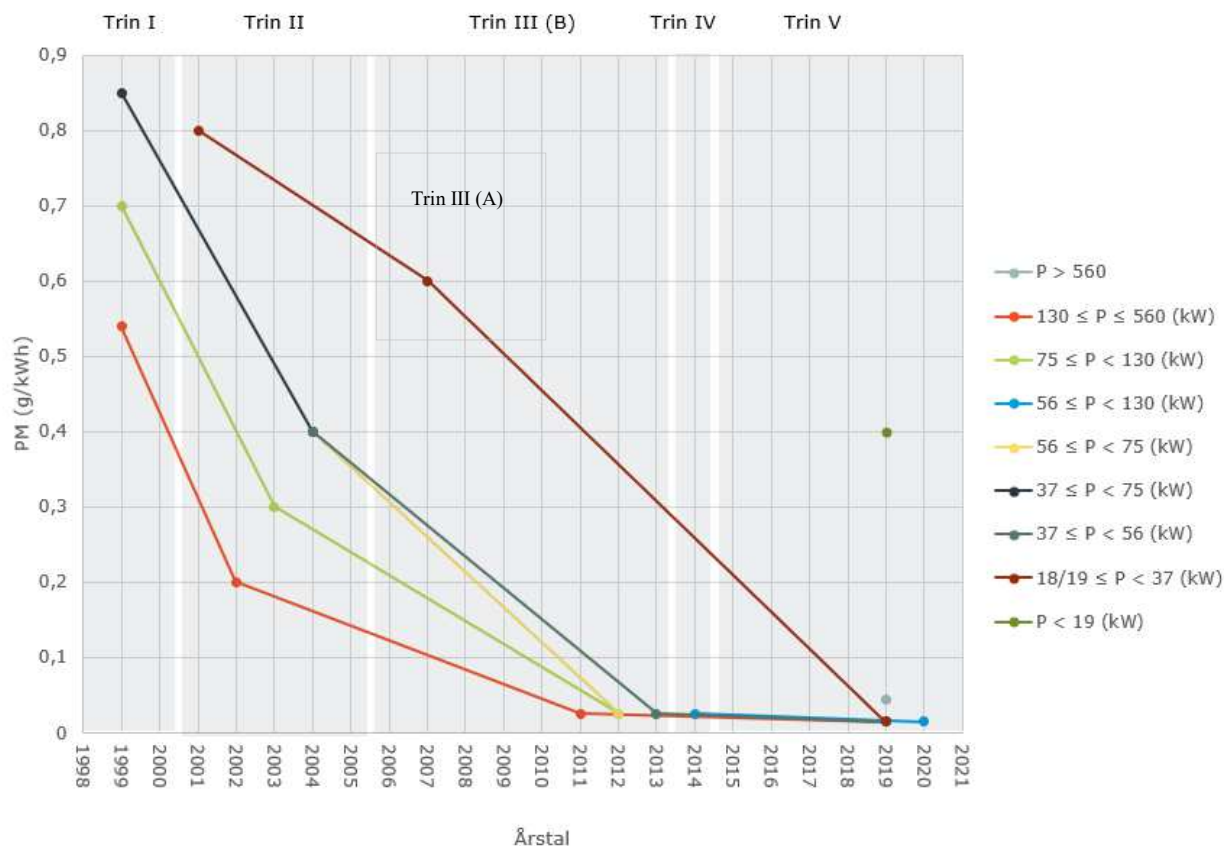
Normerne er gældende for motorer i ny-producerede køretøjer og maskiner, og der er således ikke krav om at ældre udstyr skal leve op til de nyeste krav.

B.2.1 Ikke-vejgående mobile maskiner

Ikke-vejgående mobile maskiner (NRMM) er en bred kategori af maskiner, som bl.a. inkluderer bulldozere, vejvedligeholdelses udstyr, sneplove, ”ground support equipment” i lufthavne og mobile kraner.

Euronormer for denne kategori af motorer kaldes ”stages”, hvilket er oversat til ”trin” i indeværende rapport. Det første trin, Trin 1, blev specificeret i Direktiv 97/68/EF. Dette direktiv blev efterfulgt af flere ændringsdirektiver, som specificerede efterfølgende Trin (2-4). De nuværende gældende euronormer er specificeret i forordning 2016/1628 (Trin 5 og Trin 6).

Af de seks trin, vedrører fem af disse bl.a. udledning af PM fra dieselmotorer. I Figur 0.1 fremgår tidsforløbet for implementeringen af disse fem fastsatte grænseværdier for PM afhængig af motorstørrelsen for ikke-vejgående dieseldrevne mobile maskiner. Trin, som vedrører andre skærpelses-parametre end PM, er ikke medtaget i grafen. Årstallene er for den første registrering af maskinen og ikke for nye typegodkendelse, som typisk er et år før.



Figur 0.1 Implementering af udledningskrav for ikke vej-gående dieseldrevne motorer. Årstal (x-akse) og PM udledningskrav (y-akse). Hver motorstørrelse er repræsenteret med en farve. P = netto motorkraft (power) (Datakilde: Dieselnat, 2016).

I Trin 5 blev partikelfiltre obligatoriske og en udledningsgrænse på $1 \cdot 10^{12}$ partikler per kWh indført.

Udledningskravene er ved fuld implementering i 2020 på følgende niveauer (P = netto motorkraft):
 $P > 560 \text{ kW} = 0,045 \text{ g/kWh}$, $19 \leq P \leq 560 \text{ kW} = 0,015 \text{ g/kWh}$ og $P < 19 \text{ kW} = 0,4 \text{ g/kWh}$.

Ovenstående inkluderer ikke udledningsnormer for generatorer med en motorkapacitet over 560 kW. Denne er skærpet og ligger på $P > 560 \text{ kW} = 0,035 \text{ g/kWh}$, og har ingen grænse for udledning af PM.

Som det fremgår af figuren, var det først i 2011-2103 (afhængig af motorkraft), at der for alvor skete et markant fald i udledningerne fra niveauer på 0,2 g/kWh eller højere, og der vil derfor stadig være meget materiel i brug, som har markant højere udledninger end nyt udstyr. Ældre målinger af udsættelsen for dieseludstødning kan derfor godt bruges til at illustrere potentialet for udsættelse for dieseludstødning når der anvendes ældre udstyr.

B.2.2 Tunge køretøjer og busmotorer

Euronormer for nye tunge køretøjer og busmotorer er kendt som "Euro I-VI". Euro I-V dækker bl.a. alle dieselmotordrevne køretøjer med teknisk tilladte maksimal belastning på $> 3.500 \text{ kg}$, og er fastsat i Direktiv 88/77 EØF, efterfulgt af en række ændringsdirektiver. Det nugældende direktiv er 595/2009/EF. Euro VI er gældende for køretøjer i kategorien M_1^{62} , M_2^{63} , N_1^{64} og N_2^{65} , med en teknisk tilladt maksimal belastning $> 2610 \text{ kg}$, samt alle M_3^{66} og N_3^{67} køretøjer. Euro VI er fastsat i en forordning og ikke et direktiv, som de tidligere euronormer for tungekøretøjer og busmotorer (dvs. kravene er umiddelbart gældende i alle EU medlemslande).

Af de seks skærpelser vedrører fem udledningen af PM fra dieselmotorer. Figur 0.2 viser tidsforløbet for implementering af netop disse; Euro I-IV og Euro VI, for nye typegodkendelser af diesel-drevne motorer i tunge køretøjer og busser med PM krav sat ved brug af "Steady-State Testing"⁶⁸. På grafen fremgår også et udledningskrav, fastsat i Euro III, som var et frivilligt strengere krav mht. udledning for ekstra lave udledende køretøjer, kendt som "Enhanced Environmentally Friendly Vehicles" (EEV). EURO V fremgår ikke på grafen da PM udledningskrav for tunge køretøjer og busser med dieselmotorer ikke blev skærpet i denne euronorm.

Udledningskravene var ved fuld implementering i 2013, $0,01 \text{ g/kWh}$ for alle kategorier. Euro VI medførte også udledningskrav til partikelantal på $8,0 \cdot 10^{11}$ per kWh.

⁶² Klasse M_1 : Køretøjer til personbefordring med mindst fire hjul (Direktiv 2007/46/EF).

⁶³ Klasse M_2 : Køretøjer til personbefordring med 8 siddepladser foruden førerens plads og en totalmasse på indtil 5000 kg.

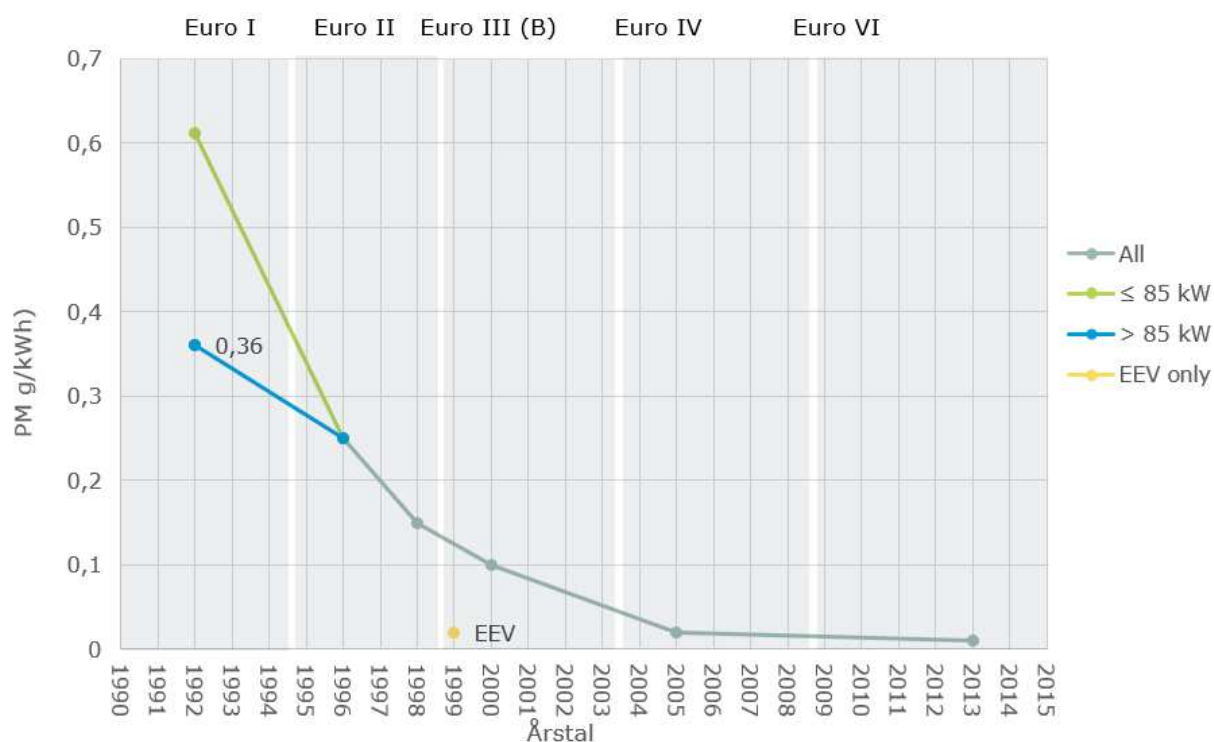
⁶⁴ Klasse N_1 : Køretøjer til godsbefordring med totalmasse på indtil 3.500 kg.

⁶⁵ Klasse N_2 : Køretøjer til godsbefordring med en totalmasse på over 3.500 kg og indtil 12.000 kg.

⁶⁶ Klasse M_3 : Køretøjer til personbefordring med over 8 siddepladser foruden førerens plads og totalmasse på over 5.000 kg.

⁶⁷ Klasse N_3 : Køretøjer til godsbefordring med en totalmasse på over 12.000 kg.

⁶⁸ Udledningskrav for alle euronormerne for tunge køretøjer og busmotorer kan findes for denne testmetode, hvorfor at disse krav er blevet brugt.



Figur 0.2. Årstal for implementering af udledningskrav for dieseldrevne tunge køretøjer. Årstal (x-akse) og PM udledningskrav (y-akse). Hver motorstørrelse er repræsenteret med en farve. Ved hvert punkt ses implementeringsfase. (Datakilde: Dieselnet, 2019A)

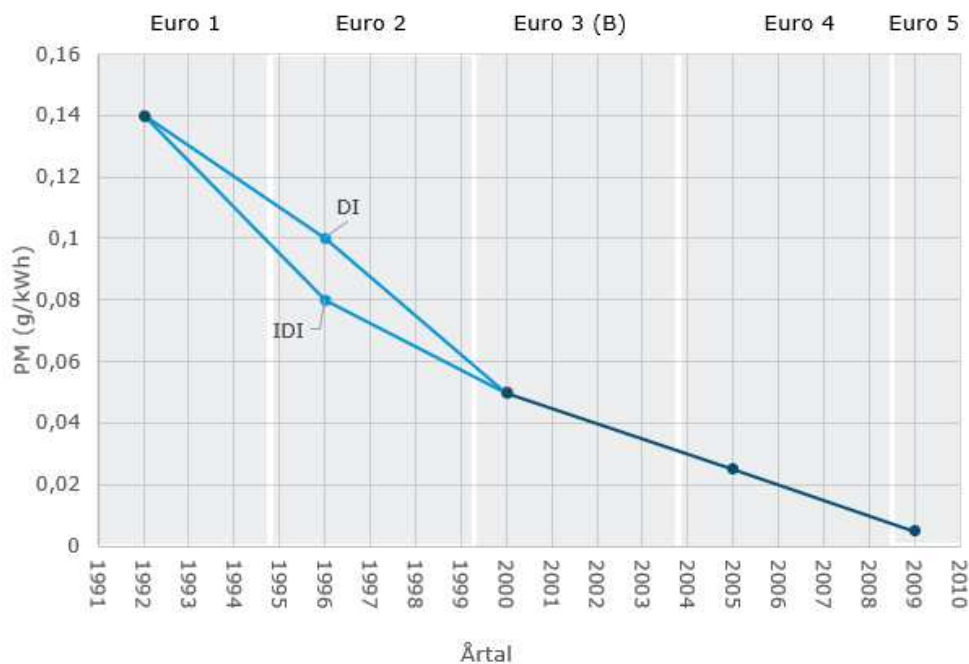
For at motivere en tidligere overgang til skærpede udledningskrav har medlemsstater i EU være tilladt at initiere et tidligere skift til en euronorm ved brug af skattelettelser. Disse skattelettelser ophørte ved ikrafttrædelse af euronormen. Danmark gjorde brug af sådanne tiltag for ”biler og lette trucks”, hvilket specificeres i afsnit 0.

Som det fremgår, vil tunge køretøjer, som er mere end 15 år gamle have markant højere emissioner end nyere køretøjer, og som det fremgår af afsnit 0, vil der fra år 2020 i en række større byer, der har indført miljøzoner, være regler om at ældre dieseldrevne køretøjer ikke har adgang.

B.2.3 Biler og lette trucks

Euronormer for biler og lette trucks er kendt som Euro 1-6. Direktiv 70/220/EØF specificerede Euro 1-4, og i 2007 blev dette direktiv erstattet af Forordning 715/2007, som specificerede Euro 5 og 6.

Af de seks skærper vedrører fem af disse udledningen af PM fra dieselmotorer. Figur 0.3 og Figur 0.4 viser tidsforløbet for implementeringen af nye typegodkendelser af disse for henholdsvis dieseldrevne passagerkøretøjer (M₁) og lette trucks. På begge figurer fremgår krav for to forskellige motortyper, DI (”direct injection”) og IDI (”indirect injection”), som referer til, hvorledes brændstoffet indsprøjtes i motoren. IDI er på nuværende tidspunkt oftest blevet erstattet af DI, og kravene fra Euro 3 og frem, gælder både DI og IDI.



Figur 0.3 Årstal for implementering af udledningskrav for biler. Årstal (x-akse) og PM udledningskrav (y-akse). (Datakilde: Dieselnat, 2019B)



Figur 0.4. Årstal for implementering af udledningskrav for lette trucks. Årstal (x-akse) og PM udledningskrav (y-akse). (Datakilde: Dieselnat, 2019B)

Euronormerne for biler og lette trucks indførte med Euro 3 og 4 grænser til indholdet af specifikke stoffer i brændstof, samt krav til forbrændingskvaliteten af brændstof. Disse krav bestod bl.a. af et maximalt indhold af svovl på 350 ppm i Euro 3 og på 50 ppm i Euro 4. Reduktionen af svovl i brændstof medfører

mindre udledning af partikler (MST, 2019b). Det blev sat som krav at svovl-fri diesel skulle være tilgængelig fra 2005 og fuldt ud implementeret i 2009. (Dieselnet, 2019B).

I Euro 5 kom et krav om maximal-udledning af partikelantal. Fra Euro 5 og frem var/er den tilladte udledningsgrænse $6,0 \cdot 10^{11}$ PM per km. (I Danmark indførte man et fradrag i 2006 for nye dieslbiler med lavt partikeludslip (5 mg/km). Fradraget frafaldt i 2011 for personbiler og i 2012 for varebiler, da Euro 5 trådte i kraft og filteret blev obligatorisk.) Udledningskravene var ved fuld implementering i 2010, 0,005 g/kWh for biler og lette trucks gældende for alle køretøjer i kategorien M₁, M₂, N₁ og N₂, med en referencvægt under 2.610 kg.

B.2.4 Betydning for udviklingen i eksponeringskoncentrationer

Reguleringskravene nævnt i ovenstående er gældende for forskellige fraktioner af PM og ikke EC. Der er ikke muligt at omregne en fraktion af PM til EC, og derfor kan ovenstående ikke umiddelbart bruges til at beregne udviklingen i udledninger af EC fra køretøjer og maskiner. Der må dog regnes med, at et fald i koncentrationerne af PM også vil resultere i et fald i koncentrationerne af EC, selvom faldet i EC vil kunne være større eller mindre end faldet i PM_{2,5}.

Som nævnt gælder kravene kun nye køretøjer og maskiner. Med den løbende udskiftning af køretøjer og maskiner vil der ske en gradvis reduktion i eksponeringskoncentrationerne. I afsnit 3.2 vises udviklingen i eksponeringskoncentrationerne for elementært kulstof ved tunnelarbejder i Tyskland. I dette tilfælde er kilderne en kombination af forskellige dieseldrevne køretøjer og maskiner og illustrerer, hvorledes indførelsen af stadigt skærpede krav og ændringer i sammensætningen af partikler har resulteret i faldende koncentrationer af EC. På basis af den funktion for faldet der bedst passer til data beregnes det her at faldet vil fortsætte og at koncentrationen i år 2015 vil være på omtrent 40% af 2018 niveauet. Data for udviklingen i koncentrationen af elementært kulstof på H.C. Andersens Boulevard i København (se afsnit 4.1) viser et nogenlunde lineært fald i perioden 2010-2018. Hvis udviklingen fortsætter, vil niveauet i 2025 være på omtrent 50% af niveauet i 2018. Det er meget muligt, at raten hvormed koncentrationen falder vil flade ud, men det kræver en mere indgående analyse, som er uden for rammerne af denne undersøgelse at estimere.

B.3 Miljøzoner

Fra 2008-2010 implementerede 5 kommuner i Danmark miljøzoner (København, Frederiksberg, Aarhus, Odense og Aalborg). I en miljøzone skal både danske og udenlandske indregistrerede (fra 2011) dieseldrevne lastbiler og busser over 3,5 tons efterleve særligt skrappe krav til udslip af partikler. For at tunge dieselkøretøjer kan køre i miljøzoner skal de leve op til kravene om lavt partikeludslip. I så fald, kan køretøjerne få et miljøzonemærke, som skal være synligt ved kørsel i miljøzonen.

Fra d. 1. juli 2020 har ældre dieseldrevne lastbiler, busser og varebiler ikke adgang til miljøzoner i de fem kommuner, som har implementeret miljøzoner. Fra d. 1. juli 2020 skal busser og lastbiler være registreret den 1. oktober 2009 eller senere og fra d. 1. juli 2022 skal lastbiler og busser være registreret den 1. januar 2014 eller senere. For dieseldrevne varebiler gælder de gradvise skærpelser: fra d. 1. juli 2020 skal varebiler i miljøzonerne være registreret i 2007 eller senere. Fra 2022 skal varebiler være registreret i 2012 og fra d. 1. juli 2025 skal varebilerne være registreret i 2016.

Hvis busser, lastbiler eller varebiler er registreret efter ovennævnte årstal, kan de få eftermonteret et tilsvarende partikelfilter, hvorefter at de har adgang til miljøzonerne.

Indførelse af de skærpede krav i miljøzoner vil kunne bidrage til at mindske eksponeringen af chauffører eller arbejdstagere, der har udendørs arbejde i bymidten af de største byer som nærmere omtalt i afsnit 5.5.

Bilag 2 Kontaktede virksomheder og organisationer

Udover organisationer repræsenteret i projektets følgegruppe er følgende virksomheder og organisationer kontaktet.

Applus Danmark A/S	Mercedes-Benz CPH
Arriva Tog A/S	Metroselskabet I/S
Asfaltindustrien	Molslinjen A/S
Autobranchen Danmark	NCC Danmark
Banedanmark	Nederman Danmark
Billund Lufthavn A/S	OK a.m.b.a.
Bosch Danmark	Per Aarsleff A/S
Brancheforeningen Danske Byggecentre	Purefi A/S
Dansk Bilbrancheråd	Rådet for Grøn Omstilling
Danske Maskinstationer og Entreprenører	SAS Ground Handling
Dansk Person Transport	Scandlines
DCC Energy A/S	Scania Danmark
DSB	Sund & Bælt Holding A/S
ForSea Helsingør ApS	Teknologisk Institut
Kaeser Kompressorer A/S	ZÜBLIN A/S
Københavns Lufthavne A/S	Aalborg Lufthavn a.m.b.a.

Bilag 3 Bruttoliste over arbejdsfunktioner

Tabel bilag 3 Bruttoliste over arbejdsfunktioner med risiko for udsættelse for dieseludstødning fra screening (udvalgte markeret med gråt).

Sektor	Type af arbejdsfunktion	Antal potentielt udsatte arbejdstagere, bedste bud	Forventet risiko for høj udsættelse (8-timers middel) for dieseludstødning *
Togsektoren (excl. rep af tunneler)	Lokoførere	400 - 1.200	Høj (ældre togtyper)
	Togførere	400 - 2.000	Høj (ældre togtyper)
	Arbejdstagere, der arbejder på stationer (jernbanepersonale)	100 - 400	Middel
	Andre arbejdstagere, der arbejder på stationer (f.eks. personale i kiosker nær sporene eller postarbejdere)	400 - 2.000	Middel
	Arbejdstagere involveret i reparation af tog	900-1.200	Høj
Skibsfart og tilhørende eksponeringssituationer	Færgepersonale, der leder biler og lastbiler på plads	500-1000	Høj ?
	Færgepersonale, der varetager parkering af trailere.	100 - 400	Høj ?
	Reparation af dieselmotorer (til/på skibe?)	100 - 400	?
Landtransport og tilhørende eksponeringssituationer	Lastbil- og buschauffører, langtur	2.000 - 20.000	Lav
	Taxa-, bus-, og lastbilchauffører, renovationsarbejdere, ansatte ved vej & park/facility services, mm, der opholder sig i midtbyzoner	7.000 - 10.000	Middel
	Lagerarbejdere, hvor lastbiler kører ind i lagerum eller der benyttes trucks (inkl. vareterminaler)	200 - 1000	Høj
	Mekanikere (bl.a. auto, lastbiler, landbrugsmaskiner og entreprenørmaskiner samt mekanikere i fly- og skibsbrancherne)	12.000 - 20.000	Middel til høj

Sektor	Type af arbejdsfunktion	Antal potentielt udsatte arbejdstagere, bedste bud	Forventet risiko for høj udsættelse (8-timers middel) for dieseludstødning *
	Portvagter f.eks. ved containerterminaler	<100	Middel
Lufthavne	Bagage-portører	500 - 1.000	Høj (delvist partikler fra fly)
	Catering chauffører	400 - 2.000 **	Middel (delvist partikler fra fly)
	Rengøring (fly rengøring)	400 - 2.000 **	Lav (delvist partikler fra fly)
	Airside security	400 - 2.000 **	Lav (delvist partikler fra fly)
	Landside security	400 - 2.000 **	Lav
Bygge- og anlægssektoren	Arbejdstagere i byggeri og ved anlæg, hvor der anvendes dieselgeneratorer, mini-gravere, mm. indendørs f.eks. under totalinddækning	400 - 2.000	Høj (hvis det forekommer)
	Arbejdstagere som arbejder udendørs, hvor der er intensiv brug af diesel-drevne maskiner (f.eks. arbejde i grubber og områder med trang plads, anlægsarbejde ved motorveje og tæt befærdede områder, brug af materiel til byggeri)	15.000 - 40.000	Høj
	Arbejdstagere involveret anlæg og reparationsarbejder o. lign. i tunneller	430-900	Høj
Handel	Arbejdstagere i drive-in haller (til kunder) i byggeområder og lignende steder	100 - 400	?
	Arbejdstagere hos korn- og foderstoffirmaer, hvor der anvendes dieseldrevne gravemaskiner indendørs	100 - 400	?
Industrien	Arbejdstagere i bygninger, hvor der benyttes dieseldrevne gaffeltrucks, inkl. lagre og terminaler	100 - 500 (potentielt mange en sjælden gang)	?
Landbrug og tilhørende aktiviteter	Landmænd og ansatte i landbruget	20.000 - 50.000	Lav

Sektor	Type af arbejdsfunktion	Antal potentielt udsatte arbejdstagere, bedste bud	Forventet risiko for høj udsættelse (8-timers middel) for dieseludstødning *
	Arbejdstagere på maskinstationer (mekanikere dækkes sammen med andre mekanikere)	400 - 2.000	Høj
Andre	Brandmænd	400 - 2.000	Høj
	Arbejdstagere i mandskabsvogne inden for militæret	?	?
	Hjemmehjælpere og andre erhvervsgrupper som kører en del af deres arbejdsdag	20.000 - 50.000	Lav
	P-vagter i parkeringshuse	<100	?
	Grænsevagter, billetpersonale ved Storebæltsbroen, og lign.	100 - 400	Lav
I alt		86.000 - 239.000	
I alt udvalgte		38.000 - 77.000	

* Høj: Gennemsnitsværdier: EC > 2 µg/cm³; UFP/cm³ > 30.000

Middel: Gennemsnitsværdier: EC 0,5-2 µg EC/m³; UFP/cm³ 10.000-30.000

Lav: Gennemsnitsværdier: EC < 0,5 µg EC/m³; UFP/cm³ < 10.000

** Er i sammenfatningen i rapporten ingen slået sammen til et interval på 1.500 - 3.000.