



Luftforurening

Sundhedskonsekvenser og strukturel forebyggelse

Rapport af

Zorana Jovanovic Andersen (forperson)
Steffen Loft
Marie Pedersen

Kolofon

Rapport	Luftforurening - Sundhedskonsekvenser og strukturel forebyggelse
Udarbejdet af	Zorana Jovanovic Andersen (forperson) Steffen Loft Marie Pedersen
Fagredaktion	Sekretariatet i Vidensråd for Forebyggelse
ISBN	978-87-976320-0-0
Design	BI4
Illustrationer	Madeclear
Publikationsår	2025, I. udgave
Rapporten refereres	Andersen ZJ, Loft S, Pedersen M. Luftforurening - Sundhedskonsekvenser og strukturel forebyggelse. Vidensråd for Forebyggelse 2025, I-96.

Rapporten kan frit downloades på
www.vidensraad.dk

Indhold

Forord	6
Hovedkonklusion og handlemuligheder	8
1 Indledning	14
1.1 Baggrund	15
1.2 Formål	17
1.3 Målgruppe	17
1.4 Begreber	17
1.5 Afgrænsninger	20
1.6 Metode	20
1.7 Arbejdsgruppen og andre bidragsydere	23
2 Luftforureningsniveauer	24
Sammenfatning	25
2.1 Indledning	26
2.2 Luftforureningsniveau i Danmark	26
2.3 Kilder til luftforurening i Danmark	28
2.4 Udvikling i luftforureningen	30
3 Sundhedskonsekvenser af luftforurening	34
Sammenfatning	35
3.1 Indledning	38
3.2 For tidlig død	38
3.3 Lungesygdomme	40
3.4 Hjerte-kar-sygdomme	41
3.5 Type 2-diabetes	41
3.6 Kræft	41
3.7 Hjerne og mentalt helbred	41
3.8 Fertilitet, graviditet og spædbørn	42
3.9 Ulighed i eksponering og sundhedskonsekvenser	42

4	Strukturelle forebyggelsestiltag	44
	Sammenfatning	45
4.1	Indledning	47
4.2	Strukturelle tiltag på overstatsligt niveau	47
4.3	Strukturelle tiltag på statsligt niveau	51
4.4	Strukturelle tiltag på kommunalt niveau	59
5	Forskningsperspektiver	68
6	Litteratur	72

Forord

EU sænkede i 2024 grænseværdierne for luftforurening på baggrund af skærpede retningslinjer fra Verdenssundhedsorganisationen, WHO. Det skete som følge af, at evidensen for hvor skadelig luftforurening er, er blevet styrket. Man er ganske enkelt blevet langt mere sikker på, at luftforurening, selv ved lave koncentrationer, øger risikoen for en lang række sygdomme. Det gælder blandt andet astma hos børn og voksne, nedre luftvejsinfektioner og autisme hos børn, samt KOL, forhøjet blodtryk, iskæmisk hjertesygdom, stroke, type 2-diabetes, lungekræft og demens hos voksne.

Det er derfor oplagt at se på, hvordan det forholder sig i Danmark: Hvordan er niveauet af luftforurening her, hvilke kilder er de væsentligste, og hvilke redskaber er mest effektive til at forebygge, at befolkningen udsættes for sundhedsskadelig luftforurening?

Vidensråd for Forebyggelse nedsatte en arbejdsgruppe med rådsmedlem Zorana Jovanovic Andersen i spidsen til at afdække dette. Arbejdet er mundet ud i denne temarapport. Det er mit håb, at rapporten vil øge opmærksomheden på luftforurening som en sundhedsrisiko, fremme dens placering på sundhedsdagsordenen og inspirere beslutningstagere til at iværksætte og prioritere strukturelle tiltag, der kan nedbringe luftforureningen.

Rigtig god læselyst.



Berit Lilienthal Heitmann
Forperson i Vidensråd for Forebyggelse

“Luftforurening er en risikofaktor for udvikling af en lang række alvorlige lunge-, hjerte- og hjernesygdomme, på linje med de kendte KRAM-faktorer: kost, rygning, alkohol og fysisk aktivitet. Og alle i Danmark er udsatte. Der er derfor behov for at styrke den strukturelle forebyggelsesindsats for at nedbringe luftforureningen.”



Zorana Jovanovic Andersen
Forperson for arbejdsgruppen

Hovedkonklusion og handlemuligheder

Vidensråd for Forebyggelse har gennemgået den videnskabelige litteratur om luftforurening, herunder danske kilder til luftforurening, sundhedskonsekvenserne af at være udsat for luftforurening, og hvilke strukturelle tiltag, der kan medvirke til at reducere eksponeringen for luftforurening.

Baggrund

Der er mange gode argumenter for en bred og styrket forebyggende indsats mod luftforurening i Danmark. Stort set alle danskere er udsat for luftforurening i niveauer, der vurderes at være sundhedsskadelige. Luftforurening øger risikoen for en række alvorlige sygdomme, og visse befolkningsgrupper er særligt udsatte. Det gælder fx børn, gravide og deres ufødte barn, ældre personer, personer med eksisterende helbredsproblemer, og personer med færre sociale og økonomiske ressourcer. Samlet set udgør disse grupper en betydelig andel af befolkningen.

Niveauer af luftforurening i Danmark

Niveauet af luftforurening i Danmark ligger stadig, trods forbedringer, et stykke over de seneste retningslinjer for luftkvalitet fra Verdenssundhedsorganisationen (WHO) fra 2021. Det gælder for både for fine partikler ($PM_{2.5}$), grove partikler (PM_{10}) og kvælstofdioxid (NO_2). Eksposeringen for luftforurening er højest i de større byer, men næsten hele befolkningen i Danmark udsættes for sundhedsskadelig luftforurening. Eksterne forureningskilder, især fra Øst- og Centraleuropa, fx forbrænding, opvarmning i hjemmet, energiproduktion, industri og vejtrafik bidrager væsentligt til luftforureningen i Danmark. De primære danske forureningskilder til fine partikler ($PM_{2.5}$) og kvælstofoxid (NO_x) inkl. kvælstofdioxid (NO_2) er:



Små forbrændingsanlæg

Fx brændefyring i private boliger såsom brændeovne brændekedler og træpillefyr.



Vejtrafik

Fx udstødning og partikler fra slid på veje, dæk og bremses.



Landbrug

Fx ammoniakudledninger.



Andre mobile kilder

Fx fritidsfartøjer og jernbane.



Industri

Fx forbrænding i fremstillingsvirksomheder, raffinaderier og energiforbrug til udvinding af olie og gas.

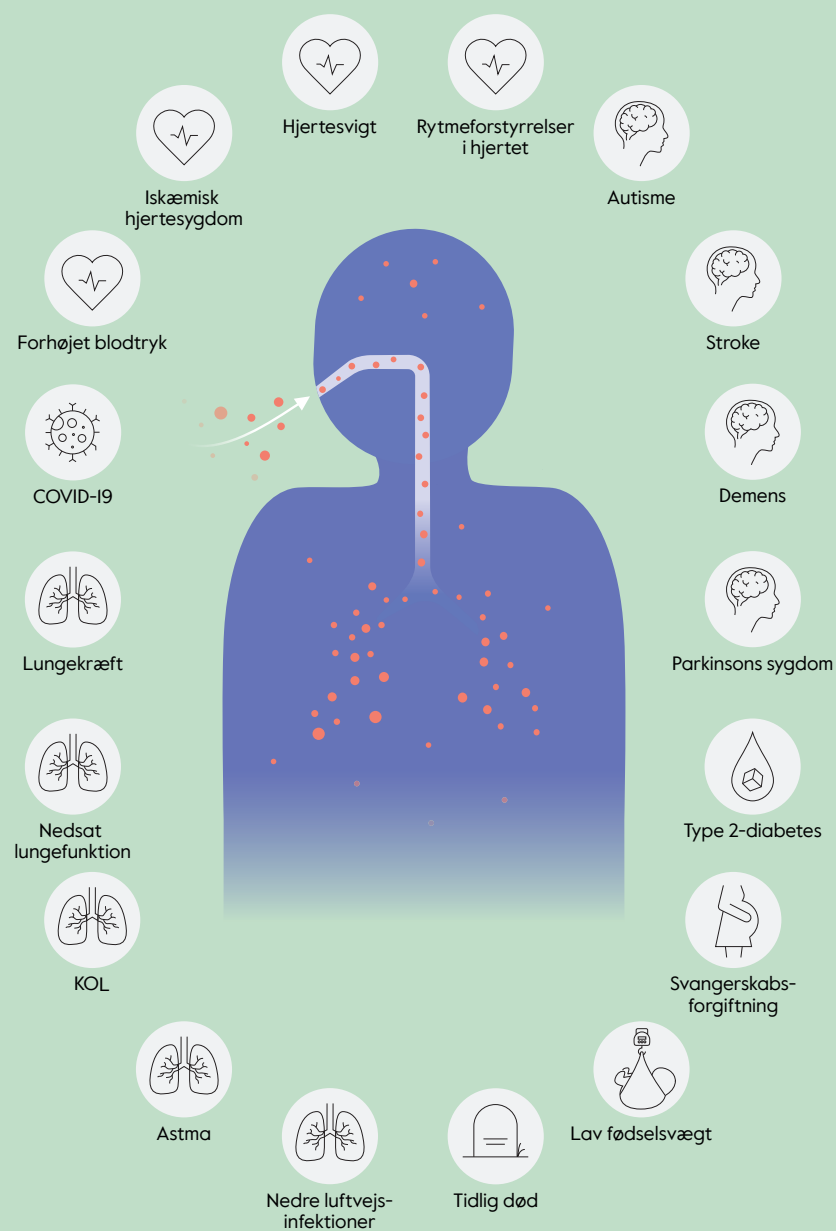


El- og fjernvarmeproduktion

Fx forbrænding af kul, olie naturgas eller biomasse.

Sundhedskonsekvenser af luftforurening

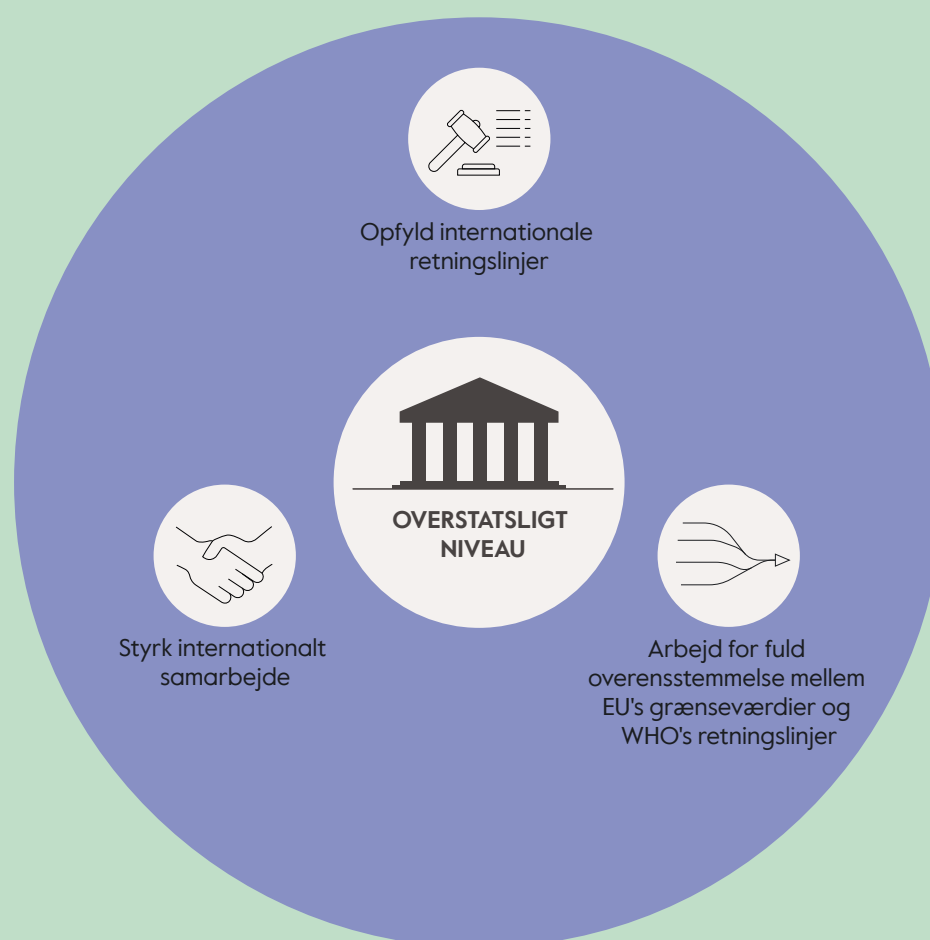
Der er stærk evidens for, at luftforurening er forbundet med en øget risiko for bl.a. astma hos børn og voksne, nedre luftvejsinfektioner hos børn, autisme hos børn, samt KOL (kronisk obstruktiv lungesygdom), forhøjet blodtryk, iskæmisk hjertesygdom, stroke, type 2-diabetes, lungekræft og demens hos voksne og for tidlig død. For tidlig død er især knyttet til KOL, forhøjet blodtryk, iskæmisk hjertesygdom, stroke, type 2-diabetes og lungekræft. Sundhedskonsekvenserne af luftforurening har også samfundsmæssige omkostninger som følge af fx sygefravær og indlæggelser. Figuren herunder sammenfatter sundhedskonsekvenserne, som følge af luftforurening for børn og voksne.



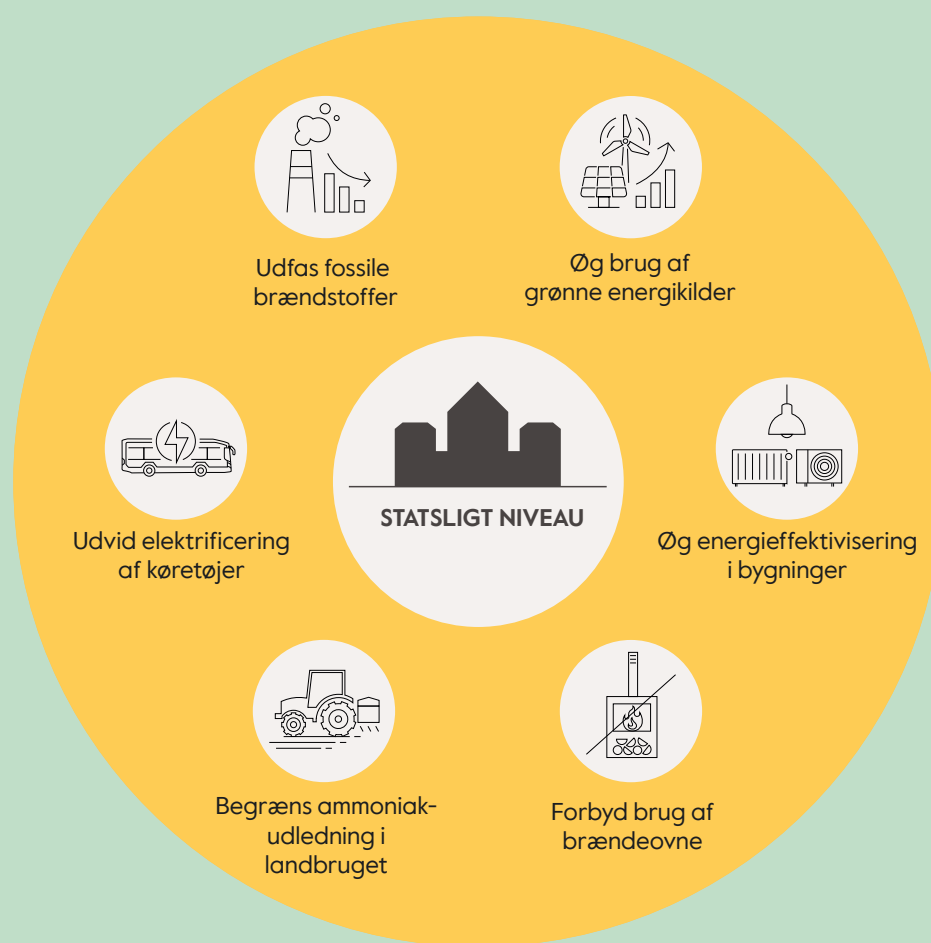
Handlemuligheder

Luftforurening findes overalt i Danmark og eksponering er derfor kun i begrænset omfang et individuelt valg. Der er derfor et betydeligt potentiale i at styrke den strukturelle forebyggelse. Struktureel forebyggelse er uafhængig af individuelle valg og sundhedskompetencer, og effekten er derfor ofte størst blandt personer og lokalsamfund med begrænsede sociale og økonomiske ressourcer. Endnu en fordel er, at mange strukturelle forebyggelsestiltag målrettet luftforurening styrker flere områder, fx kan reduktion i anvendelsen af fossile brændsler både reducere luftforurening og klimaforandringer. Strukturelle forebyggelsestiltag målrettet luftforurening kan implementeres på flere organisatoriske niveauer.

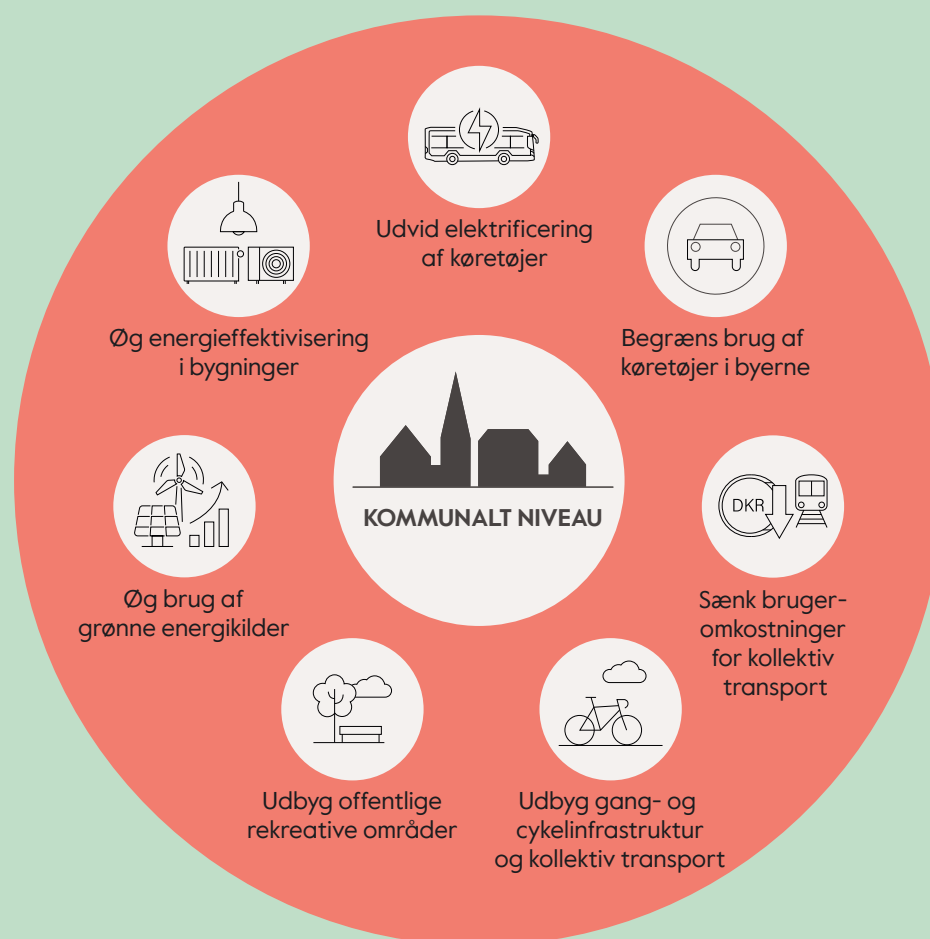
På overstatsligt niveau fremhæver arbejdsgruppen tre centrale strukturelle forebyggelsestiltag: 1) Opfyld internationale retningslinjer, 2) arbejde for fuld overensstemmelse mellem EU's grænseværdier og WHO's retningslinjer samt 3) styrk internationalt samarbejde. Se figuren herunder:



På statsligt niveau fremhæver arbejdsgruppen seks centrale strukturelle forebyggelsestiltag til reduktion af luftforurening: 1) Udfas fossile brændstoffer som kul, olie og naturgas, 2) øg brug af grønne energikilder som sol, vind, vandkraft og jordvarme, 3) øg energieffektivisering i bygninger, så forurening fra energiproduktion nedbringes, 4) forbyd brug af brændeovne, 5) begræns ammoniakudledning i landbruget og 6) udvid elektrificering af køretøjer, som erstatning for benzin- og dieselskøretøjer. Se figuren herunder:



På kommunalt niveau fremhæver arbejdsgruppen syv strukturelle forebyggelsestiltag målrettet luftforurening: 1) Begræns brug af køretøjer i byerne, fx gennem miljøzoner, trængselsafgifter eller vejafgifter, 2) sænk brugeromkostninger for kollektiv transport for at mindske antallet af biler på vejene – dette gerne i kombination med vejafgifter eller højere parkeringspriser, 3) udbyg gang- og cykelinfrastruktur og kollektiv transport, 4) udbyg offentlige rekreative områder, fordi beplantning begrænser luftens passage, og fordi rekreative områder samtidig begrænser trafik i disse områder, 5) øg brug af grønne energikilder som sol, vind, vandkraft og jordvarme, 6) øg energieffektivisering i bygninger, så forurening fra energiproduktion nedbringes og 7) udvid elektrificering af køretøjer, som erstatning for benzin- og dielselkøretøjer. Se figuren herunder:



Strukturelle forebyggelsestiltag kan med fordel kombineres med ikke-strukturelle tiltag. Det kan fx være informationskampagner rettet mod borgere, sundhedsprofessionelle og patientgrupper eller individuelle tiltag som kampagne- og nudgingaktiviteter. Disse kan fremme adfærd, der mindsker koncentrationen af luftforurening indendørs, såsom udluftning, brug af emhætte og mindre forurenende vaner blandt borgere og virksomheder. Forskellige former for forebyggelse kan understøtte hinanden og har derfor ofte størst effekt i kombination.

1

Indledning

Dette kapitel præsenterer rapportens baggrund, formål og målgruppe. Derudover beskrives centrale begreber og afgrænsninger samt den anvendte metode. Endelig præsenteres arbejdsgruppen og andre bidragsydere.

1.1 Baggrund

I Danmark er stort set alle udsat for sundhedsskadelig luftforurening (se **Figur 1**). Luftforureningen er faldet betydeligt både i Danmark og gennem de seneste tre årtier (1), og Danmark er i dag blandt de lande i Europa, der har lavest luftforurening. Alligevel er niveauerne i de mest luftforurenede områder i Danmark fortsat et stykke over WHO's seneste retningslinjer for luftkvalitet (2). En stor del af luftforureningen i Danmark skyldes udenlandske kilder, især i Øst- og Centraleuropa, men danske kilder bidrager også væsentligt til luftforureningen (3).

Luftforurening er sundhedsskadeligt for både børn og voksne. Eksponering for luftforurening øger risikoen for for tidlig død (4,5) og har endvidere en række skadelige konsekvenser for børns og voksnes sundhed, som påvirker store dele af befolkningen - også i Danmark (6). Der er stærk evidens for, at luftforurening er forbundet med en øget risiko for udvikling og forværring af nedre luftvejsinfektioner hos børn, autisme hos børn, samt astma hos børn og voksne. Desuden er luftforurening hos voksne forbundet med KOL, forhøjet blodtryk, iskæmisk hjertesygdom, stroke, type 2-diabetes, lungekræft, samt demens og risiko for tidlig død.

Selvom næsten alle er udsat for luftforurening, påvirkes alle ikke ens. Flere grupper er særligt sårbare over for de sundhedsskadelige konsekvenser af luftforurening. Eksponering for luftforurening påvirker sundheden allerede før fødslen og gennem hele livet. Det gælder især børn, gravide og deres ufødte børn, ældre, personer med eksisterende helbredsproblemer og personer med færre sociale og økonomiske ressourcer (7-12).

Størstedelen af luftforureningen i Danmark er menneskeskabt og kan reduceres, og der er et særligt potentiale i at styrke netop den strukturelle forebyggelse af luftforurening.

Figur 1

I Danmark er stort set alle personer udsat for sundhedsskadelig luftforurening.



1.2 Formål

Formålet med denne rapport er at beskrive luftforureningsniveauerne samt de primære kilder til luftforurening i Danmark og skabe overblik over forskningen i sundhedskonsekvenser af luftforurening. Derudover samler, vurderer og præsenterer rapporten centrale eksempler på strukturelle forebyggelsestiltag målrettet luftforurening på overstatsligt, statsligt og kommunalt niveau.

1.3 Målgruppe

Målgruppen er politikere og andre beslutningstagere på overstatsligt, statsligt og kommunalt niveau samt deres embedsværk, der gennem strukturelle tiltag kan forbedre luftkvaliteten og dermed styrke befolkningens fysiske og mentale sundhed. Hertil kommer andre aktører som patient- og lægeforeninger, sundheds- og miljøorganisationer samt ikke-statslige organisationer.

1.4 Begreber

1.4.1 Luftforurening

Luftforurening henviser i denne rapport til partikler og gasser i luften, der påvirker befolkningens sundhed. Luftforurening består af partikler (på engelsk: Particulate matter (PM)) som kan underinddeles i grove partikler (PM_{10}), fine partikler ($PM_{2.5}$), ultrafine partikler (UFP), black carbon (BC), samt gasser som fx kvælstofdioxid (NO_2), kvælstofoxid (NO_x) og ammoniak (NH_3). Som det fremgår af **Tabel I**, har partiklerne forskellige størrelser, kemisk sammensætning og egenskaber, som er afgørende for, hvor længe de opholder sig i luften, i hvilken grad de trænger ind i kroppen, hvor i kroppen de ender, og hvilke sundhedskonsekvenser de har.

Kortvarig eksponering for luftforurening er alt fra minutter, timer og dage til uger, mens der med langvarig eksponering menes flere måneder og oftest år.

Tabel I

Oversigt over udvalgte luftforurenende stoffer.

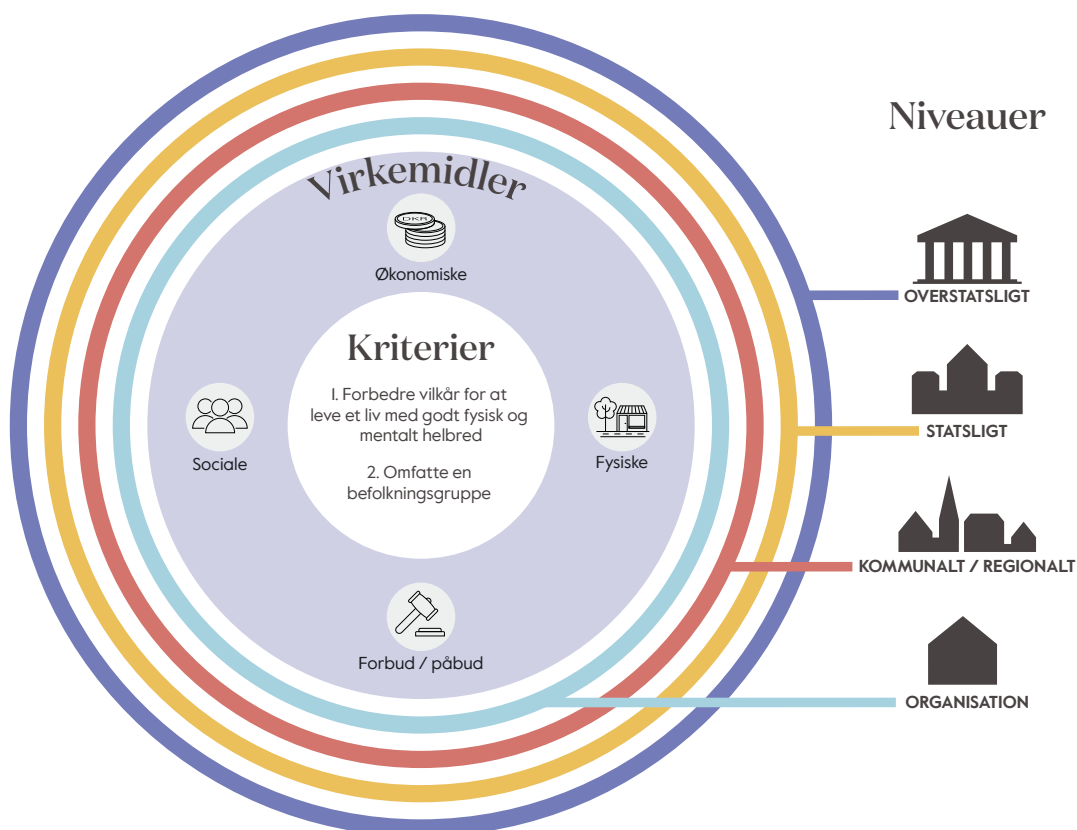
Luftforurenende stoffer	Egenskaber og kilder
Fine partikler ($PM_{2.5}$)	Fine partikler ($PM_{2.5}$) har en diameter på mindre end 2,5 μm . De er dels direkte udsendt fra forbrændingsprocesser, fx brændefyring, og dels fra mere reaktive kemiske og fysiske omdannelsesprocesser i atmosfæren. $PM_{2.5}$ kan forblive i atmosfæren i flere uger og dermed transporteres adskillige tusinde kilometer.
Grove partikler (PM_{10})	Grove partikler (PM_{10}) har en diameter på mindre end 10 μm og større end 2,5 μm . Forureningskilder er især slid fra vej- og bremsebelægning, skibsmotorer og fra landbruget fx spredning af gødning og jordvending. De grove partikler kan holde sig svævende i luften i kort tid.
Ultrafine partikler (UFP)	Ultrafine partikler (UFP) har en diameter på mindre end 0,1 μm . UFP dannes bl.a. fra udstødning fra dieselmotorer, brændeovne, skibsmotorer og kemiske reaktioner i atmosfæren. De ultrafine partikler kan trænge længere ned i lungerne end større partikler og spredes lettere til blodbanen. UFP kan forblive i atmosfæren i længere tid end grove partikler og kan transporteres over lange afstande. UFP bidrager derfor i høj grad til sundhedsskadelige effekter, idet deres begrænsede størrelse gør, at de lettere kan passere biologiske barrierer, herunder blod-hjerne-barrieren. WHO har endnu ikke retningslinjer for UFP, men høj eksponering er forbundet med sundhedsskadelige effekter.
Kvælstofoxider (NO_x), herunder kvælstofdioxid (NO_2)	Kvælstofoxider (NO_x) er summen af koncentrationerne af gasserne kvælstofdioxid (NO_2) og kvælstofmonooxid (NO). NO_2 dannes primært ved forbrænding ved høj temperatur, hvor der forekommer en kemisk reaktion mellem kvælstof og ilt i luften. De vigtigste kilder er vejtrafik, især dieselmotorer, kraftværker og brændefyring. NO_2 er sundhedsskadelig og kan forværre luftvejssygdomme som astma og bronkitis samt forøge risikoen for luftvejsinfektioner. NO_x bidrager endvidere til dannelsen af ozon og fine partikler ($PM_{2.5}$).
Black carbon (BC)	Black carbon er en delkomponent af fine partikler ($PM_{2.5}$). BC bliver primært dannet via uforbrændt kulstof fra forbrændingsprocesser som fx i en bilmotor eller brændeovn. BC stammer desuden fra dækslid fra trafikken. BC kan ligesom fine partikler ($PM_{2.5}$) transporteres over lange afstande og forblive lang tid i luften. BC, der aflejres på fx sne og is, nedsætter refleksion af solindstråling, og fører til afsmeltning. BC i atmosfæren har også en opvarmende effekt, da BC absorberer sollys og omdanner det til varme. BC bidrager dermed til klimaforandringer.
Ammoniak (NH_3)	Ammoniak kommer hovedsageligt fra landbruget, hvor de største forureningskilder er husdyrgødning, anvendelse af kunstgødning og voksende afgrøder på markerne. NH_3 omdannes til fine partikler ($PM_{2.5}$) i atmosfæren.

I.4.2 Strukturel forebyggelse

Strukturel forebyggelse kan defineres som tiltag, der samtidigt lever op til følgende to kriterier: 1) Tiltaget skal forbedre vilkårene for at leve et liv med god fysisk og mental sundhed, og 2) tiltaget skal rette sig mod en befolkningsgruppe (13). Ved befolkningsgruppe forstås enten hele befolkningen eller en velafgrænset befolkningsgruppe, fx en bestemt aldersgruppe eller beboere i et bestemt geografisk område. Strukturel forebyggelse supplerer den individrettede forebyggelse. Konkret kan strukturel forebyggelse ske gennem fire typer af virkemidler: 1) Forbud/påbud, 2) økonomiske virkemidler, 3) fysiske virkemidler og 4) sociale virkemidler (13). Som illustreret i **Figur 2**, kan virkemidlerne vedtages på fire forskellige niveauer: 1) Overstatslige fx i EU gennem direktiver, 2) statslige fx i folkettinget gennem love, 3) kommunale eller regionale fx i kommunalbestyrelser og 4) i den enkelte organisation fx boligområder, anlæg, virksomhed/arbejdsplads, uddannelsesinstitution, forening eller en butik (13).

Figur 2

Definition og afgrænsning af strukturel forebyggelse (13).



Et vigtigt kendetegn ved de individrettede tiltag er, at de forudsætter et vist ressourceniveau samt sundhedskompetencer og/eller motivation hos individerne, og netop derfor har de sjældent samme effekt på befolkningsniveau som strukturel forebyggelse (13,14). I modsætning hertil afhænger strukturel forebyggelse ikke direkte af individuelle valg og sundhedskompetencer, og effekten af strukturelle forebyggelsestiltag er derfor ofte større blandt personer og lokalsamfund med færre sociale og økonomiske ressourcer (13).

1.5 Afgrænsninger

Denne rapport fokuserer på strukturelle forebyggelsestiltag målrettet luftforurening på overstatsligt, statsligt og kommunalt niveau. Rapporten omhandler udendørs luftforurening og ikke indendørs forureningskilder, fx rygning, madlavning eller stearinlys, bortset fra brændefyring, som bidrager til både indendørs og udendørs luftforurening. Rapporten beskriver desuden ikke viden om individuelle forebyggelsestiltag, fx kampagne- eller nudgingaktiviteter, der kan reducere luftforurening indendørs gennem udluftning og brug af emhætte eller mindre forurenede adfærd blandt borgere og virksomheder. Den omfatter heller ikke tiltag på regionalt niveau eller i enkeltorganisationer.

I denne rapport er der primært fokus på sundhedskonsekvenser af langtidseksponering for fine partikler ($PM_{2.5}$) samt kvælstofdioxid (NO_2), da der er stærkest evidens for deres sundhedsskadelige konsekvenser. Tal fra de rapporter, der inddrages, opgøres dog ofte i kvælstofoxider (NO_x), hvorfor denne afgrænsning i nogle tilfælde benyttes til at beskrive forurening med kvælstofdioxid (NO_2). Derudover betyder afgrænsningen ikke, at eksponering for luftforurening med eksempelvis black carbon (BC), ultrafine partikler (UFP) eller ozon (O_3) ikke er sundhedsskadelig. Det afspejler blot, at der findes færre studier om disse luftforurenende stoffer. Endvidere er forebyggelsestiltag målrettet fly og skibe ikke behandlet i rapporten.

1.6 Metode

Denne rapport er baseret på en ekspertbaseret syntese af den foreliggende evidens om hhv. niveauerne af luftforurening, sundhedskonsekvenserne af luftforurening og strukturelle forebyggelsestiltag målrettet luftforurening. Evidenssyntesen har til formål at skabe et forskningsbaseret grundlag for, at politikere, andre beslutningstagere og deres embedsværk på overstatsligt, statsligt og kommunalt niveau kan få adgang til forskningsviden om, hvordan luftforurening er forbundet med sundhedskonsekvenser og få eksempler på strukturelle forebyggelsestiltag målrettet luftforurening. Syntesen er baseret på principper om inklusion, transparens,

grundighed og tilgængelighed som beskrevet i "Evidence synthesis for policy" fra The Royal Society and Academy of Medical Sciences i England (15).

Litteraturen i denne rapport er udvalgt og beskrevet af arbejdsgruppen bag rapporten. Arbejdsgruppen har udvalgt den litteratur, som de vurderer, bedst belyser området ud fra deres ekspertise på området. Rapporten har gennemgået faglig kommentering af et bredt sammensat panel af danske forskere og målgrupperepræsentanter. Der er overvejende benyttet forskningsoversigter og større rapporter fra anerkendte videnskabelige tidsskrifter, forskningsinstitutioner, sygdomsbekæmpende eller sundhedsfremmende organisationer og myndigheder. Særligt vigtige enkeltundersøgelser samt tilgængelige danske undersøgelser er desuden inddraget. Derudover inddrages anden relevant viden, der vurderes at kunne understøtte rapportens formål.

Flere typer af viden er relevant i forbindelse med strukturel forebyggelse målrettet reduktion af luftforurening. Helt grundlæggende er det relevant at inddrage viden om forureningens fordeling og befolkningens eksponering samt om, hvordan luftforurening påvirker befolkningens sundhed.

Strukturelle tiltag implementeres pr. definition på hele befolkningsgrupper, hvilket ofte gør det vanskeligt at identificere en valid sammenligningsgruppe, der ikke er udsat for tiltaget. Forskningen er blevet bedre til at udnytte naturlige eksperimenter, hvor man analyserer effekten af strukturelle tiltag, der implementeres i den virkelige verden uden direkte manipulation af eksponeringen. Et eksempel er, når man sammenligner eksponering for luftforurening i en befolkningsgruppe umiddelbart før og efter implementering af et forbud mod brug af brændeovne under antagelse af, at alt andet er uændret. Yderligere kan inddragelse af negative kontroludfald som fx ændring i udledninger fra vejtrafik i den samme periode, som ikke burde være påvirket af tiltaget, være med til at be- eller afkræfte den mulige kausale sammenhæng mellem forbuddet og luftforureningen fra brændeovne.

Når det har været muligt, er der i denne rapport inddraget forskningsbaseret evidens om effekten af strukturelle tiltag, der omfatter en valid sammenligningsgruppe. Disse forskningsdesign anvendes dog sjældent systematisk og er endvidere sjældent indtænkt i evalueringen af de strukturelle tiltag, der implementeres i Danmark. Herunder er den forskningsbaserede evidens for strukturelle tiltag implementeret på fx kommunalt niveau meget begrænset. Igennem hele rapporten er der tilstræbt en kritisk og transparent tilgang til den inkluderede litteratur ved konkret at beskrive typen af den foreliggende evidens samt fremhæve, hvor der mangler forskning på området.

Kapitel 3, som handler om sundhedskonsekvenserne af eksponering for luftforurening, er baseret på dansk og international forskning, der i denne rapport inddeles i tre evidensgrader: stærk, moderat eller mangelfuld (se **Faktaboks I**).

Rapporten præsenterer i kapitel 4 en række handlemuligheder til styrkelse af den strukturelle forebyggelse af luftforurening i Danmark. Det er ikke muligt at vurdere graden af evidens for de strukturelle forebyggelsestiltag, men i stedet er det tilstræbt at være omhyggelig med at beskrive hvilken type af evidens, der ligger bag.

Faktaboks I

Betydningen af tre anvendte evidensniveauer

Stærk evidens

Det er usandsynligt, at yderligere forskning vil ændre tilliden til konklusionen.

Moderat evidens

Der er moderat sikkerhed for konklusionen. Konklusionen ligger sandsynligvis tæt på den sande, men der er en mulighed for, at yderligere forskning vil vise, at den er væsentlig anderledes.

Mangelfuld evidens

Der mangler forskning, eller der er stor sandsynlighed for, at yderligere forskning i betydelig grad vil vise, at konklusionen er væsentlig anderledes.

1.7 Arbejdsgruppen og andre bidragsydere

Alle i arbejdsgruppen har udfyldt en selvdeklaration og har ingen interessekonflikter. Herunder er der en oversigt over arbejdsgruppen og andre bidragsydere. Arbejdsgruppens forperson angives øverst, hvorefter medlemmerne er angivet i alfabetisk rækkefølge efter efternavn:

- Zorana Jovanovic Andersen, (arbejdsgruppens forperson), professor i miljøepidemiologi, Københavns Universitet og medlem af Vidensråd for Forebyggelse.
- Steffen Loft, professor i miljømedicin, Københavns Universitet.
- Marie Pedersen, lektor i miljøepidemiologi, Københavns Universitet.

Sekretariatet i Vidensråd for Forebyggelse har bistået arbejdsgruppen:

- Diana Reerman (projektleder for arbejdsgruppen), chefkonsulent, scient.san.publ.
- Emma Maria Arnbak Gammelgaard, studentermedhjælper, stud.cand.scient.san. publ.
- Susanne Vigsø Grøn, kommunikationsansvarlig, journalist
- Nicole Milwertz Johnsen, studentermedhjælper, stud.cand.scient.san.
- Kirstine Struntze Krogholm, sekretariatsleder, ph.d.

Arbejdsgruppen ønsker at takke følgende fageksperter og repræsentanter fra rapportens målgruppe for faglig kommentering af rapporten. Rapportens handlemuligheder er alene arbejdsgruppens:

- Hilde Balling, læge, Sundhedsstyrelsen.
- Sara Kruse Cox, projektleder, EU-projektet DivAirCity H2020 og Teknik og Miljø/ Sundhed og Omsorg, Aarhus Kommune.
- Thomas Ellermann, seniorforsker, Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet.
- Karen Eriksen, specialkonsulent, Center for Forebyggelse i praksis, KL.
- Steen Solvang Jensen, seniorforsker, Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet.
- Anne Jepsen, konsulent, Center for Forebyggelse i praksis, KL.
- Astrid Knudsen, analyse- og udviklingskonsulent, Kræftens Bekæmpelse.
- Ditte Kirkegaard Madsen, strategisk chefkonsulent, Sund By Netværket.
- Mie Mesters, konsulent, Klima & Tværkommunalt samarbejde, KL.
- Frederikke Stage Kristensen, fuldmægtig, Københavns Kommune.
- Ingeborg Elbæk Nielsen, funktionsleder, Miljø- og Ligestillingsministeriet.
- Lisbeth Holm Olsen, chefkonsulent, Center for Forebyggelse i praksis, KL.
- Charlotte Iisager Petersen, sekretariatschef, Sund By Netværket.
- Kåre Pless-Kristensen, seniorrådgiver, Green Global Future.
- Ole Raaschou-Nielsen, seniorforsker, Kræftens Bekæmpelse.
- Katrine Schjønning, folkesundhedschef, Københavns Kommune.
- Torben Sigsgaard, professor, Institut for Folkesundhed, Miljø, Arbejde og Sundhed, Aarhus Universitet.

2

Luftforureningsniveauer

Dette kapitel beskriver det aktuelle og tidligere luftforureningsniveau i Danmark samt de primære kilder til luftforurening.

Sammenfatning

Niveauet af luftforurening i Danmark er blandt de laveste i Europa. Ifølge det nationale overvågningsprogram for luftkvalitet for 2023 er luftforureningen i stort set hele Danmark nu under EU's grænseværdier fra 2024. Det gælder for både fine partikler ($PM_{2.5}$) og kvælstofdioxid (NO_2), selvom EU's grænseværdier først skal være overholdt i 2030. Det skal her bemærkes, at EU's grænseværdier er dobbelt så høje som WHO's retningslinjer for luftkvalitet.

Luftforureningsniveauet er faldet betydeligt i Danmark og i Europa gennem de seneste tre årtier. Dog ligger niveauet stadig noget over WHO's retningslinjer for luftkvalitet fra 2021, og næsten alle i Danmark er udsat for luftforurening i koncentrationer, der er sundhedsskadelige.

Den største del af luftforureningen kommer fra udlandet, især Øst- og Centraleuropa, men der er også danske kilder. De primære danske kilder er små forbrændingsanlæg, fx brændeovne, vejtrafik, ammoniakudledning fra landbruget, andre mobile kilder som fritidsfartøjer og jernbane, industri samt el- og fjernvarmeproduktion.

Faldet i luftforureningen i Danmark og Europa skyldes bl.a., at der er indført EU-lovgivning om nationale emissionslofter, brug af renere brændstoffer, regulering af industrielle udledninger og krav til køretøjers udledninger, der har ført til anvendelse af partikelfiltre og katalysatorer. Desuden er der i Danmark observeret et fald i udledninger som følge af nationale danske tiltag som fx miljøzoner, en stigende andel af elektriske biler samt et fald i udledningen fra brændeovne som følge af regulering.

2.1 Indledning

I Danmark har bl.a. Miljøstyrelsen i samarbejde med Danmarks Nationale Center for Miljø og Energi ved Aarhus Universitet (DCE) i mange år overvåget luftens indhold af forurening, og derfor har vi betydelig viden om luftforureningsniveauer i Danmark (3,16).

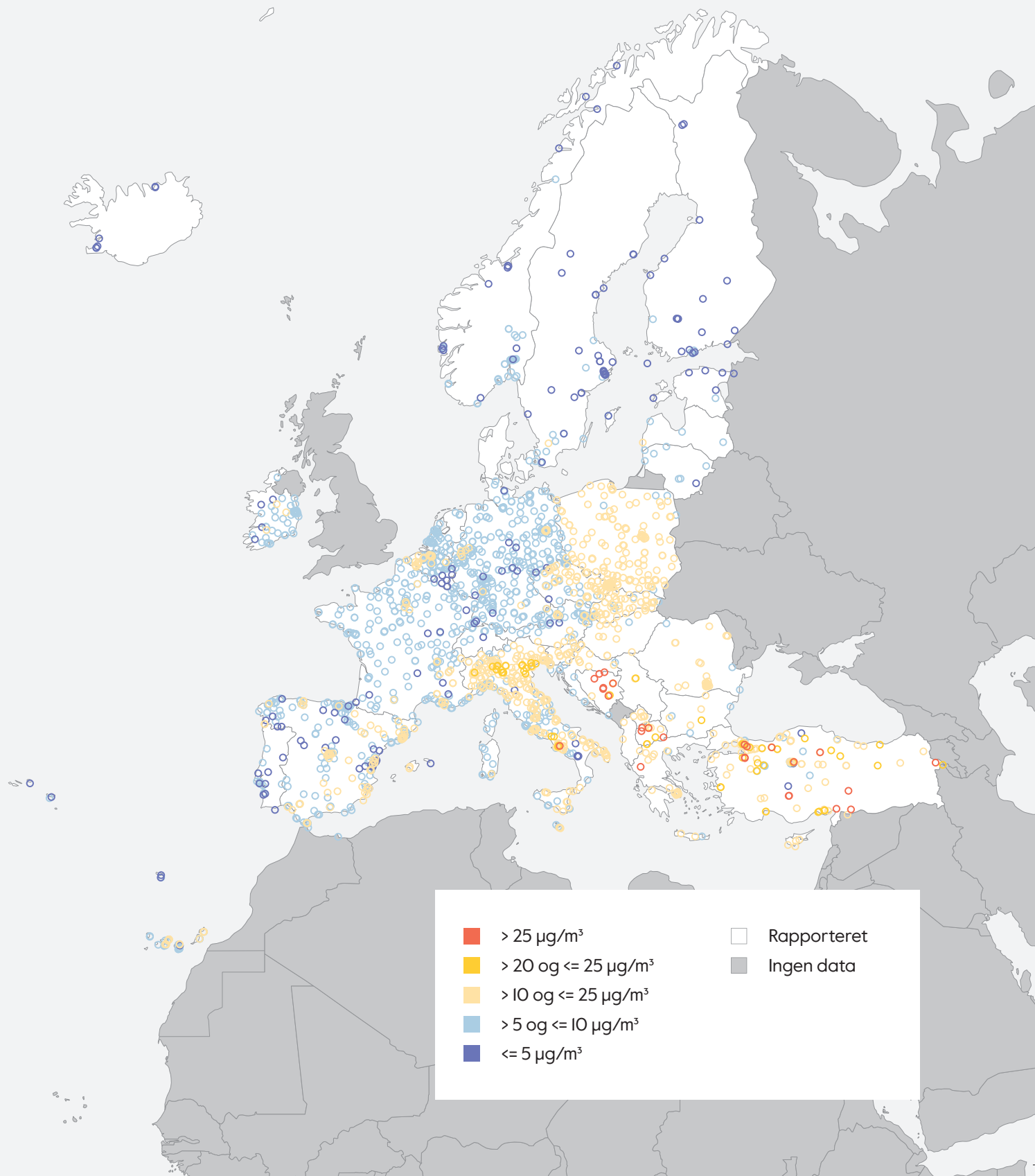
I dette kapitel gennemgås niveauerne for og udviklingen i luftforurening i Danmark. Desuden beskrives de primære forureningskilder.

2.2 Luftforureningsniveau i Danmark

Danmark er blandt de lande i Europa, der har det laveste niveau af fine partikler ($PM_{2.5}$) (17). Figur 3 viser, at Danmarks årsmiddelværdi af fine partikler ($PM_{2.5}$) lå mellem >5 og $\leq 10 \mu g/m^3$ (lyseblå) i 2023, hvilket er væsentligt lavere end fx i Italien og Østeuropa.

Figur 3

Europæiske årsmiddelværdier af fine partikler ($PM_{2.5}$ $\mu g/m^3$) i 2023 (17).



2.3 Kilder til luftforurening i Danmark

Luftforureningen i Danmark er højest i de største byer. En betydelig andel af luftforureningen stammer fra udenlandske forureningskilder, især i Øst- og Centraleuropa. Over 70 % af de fine partikler ($PM_{2.5}$) stammer fra disse områder. Udenlandske forureningskilder omfatter fx forbrænding af fossile brændstoffer, opvarmning i hjemmet, energiproduktion, industri og vejtrafik (3).

De seks primære danske kilder til luftforurening med fine partikler ($PM_{2.5}$) og kvælstofoxid (NO_x) herunder kvælstofdioxid (NO_2) er præsenteret i Figur 4 og beskrevet herunder (3):

- **Små forbrændingsanlæg:** størstedelen fra brændefyring i private boliger i fx brændeovne, brændekedler og træpillefyr. Udgør 56 % af den samlede $PM_{2.5}$ -udledning.
- **Vejtrafik:** udstødning og slid fra vej, dæk og bremses. Udgør 24 % af den samlede NO_x -udledning og 10 % af den samlede $PM_{2.5}$ -udledning.
- **Landbrug:** fx ammoniakudledninger. Udgør 22 % af den samlede NO_x -udledning og 10 % af den samlede $PM_{2.5}$ -udledning.
- **Andre mobile kilder:** fx fritidsfartøjer, jernbane, traktorer, mejetærskere, gylleudbringere og andre maskiner. Udgør 14 % af den samlede NO_x -udledning og 6 % af den samlede $PM_{2.5}$ -udledning.
- **Industri:** fx forbrænding i fremstillingsvirksomheder, raffinaderier og energiforbrug til udvinding af olie og gas. Udgør 12 % af den samlede NO_x -udledning og 6 % af den samlede $PM_{2.5}$ -udledning.
- **El- og fjernvarmeproduktion:** fx forbrænding af fx kul, olie naturgas eller biomasse. Udgør 12 % af den samlede NO_x -udledning.

Figur 4

De seks primære kilder til luftforurening med fine partikler ($PM_{2.5}$) og kvælstofoxid (NO_x), herunder kvælstofdioxid (NO_2), i Danmark (3).



2.4 Udvikling i luftforureningen

På baggrund af WHO's retningslinjer fra 2021 nedjusterede EU i 2024 grænseværdierne for de mest relevante forurenende stoffer. Fx blev grænseværdien for fine partikler (PM_{2,5}) reduceret fra 25 til 10 µg/m³ og for kvælstofdioxid (NO₂) fra 40 til 20 µg/m³, som vist i Tabel 2. På trods af den nylige skærpelse af EU-grænseværdierne er de stadig dobbelt så høje som WHO's retningslinjer.

Luftforureningen i Danmark og i Europa har været faldende i de seneste tre årtier (3). Fx kan man af Figur 5a og 5b se, at årsmiddelværdien af fine partikler (PM_{2,5}) på H.C. Andersens Boulevard i København faldt fra ca. 23 µg/m³ i 2007 til ca. 8 µg/m³ i 2024, og at årsmiddelværdien af kvælstofdioxid (NO₂) faldt fra ca. 80 µg/m³ i 1982 til ca. 20 µg/m³ i 2024. Alligevel overskrider niveauerne af luftforurening i Danmark WHO's retningslinjer fra 2021. I rapporter om luftkvalitet i Danmark fra Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE) indgår en beregning af, hvordan årsmiddelværdierne for hhv. fine partikler (PM_{2,5}) og kvælstofdioxid (NO₂) ligger i Danmark set i forhold til WHO's retningslinjer (3,19,20).

Tabel 2

EU's grænseværdier og WHO's retningslinjer for fine partikler (PM_{2,5}) og kvælstofdioxid (NO₂) gældende for årsmiddelværdier (2,18).

	EU 2008 Grænseværdier for luftkvalitet	EU 2024 Grænseværdier for luftkvalitet*	WHO 2005 Retningslinjer for luftkvalitet	WHO 2021 Retningslinjer for luftkvalitet
Fine partikler (PM _{2,5})	25 µg/m ³	10 µg/m ³	10 µg/m ³	5 µg/m ³
Kvælstofdioxid (NO ₂)	40 µg/m ³	20 µg/m ³	40 µg/m ³	10 µg/m ³

* Det reviderede EU-luftkvalitetsdirektiv blev vedtaget i efteråret 2024 og træder i kraft fra december 2026. De nye grænseværdier for fine partikler (PM_{2,5}) og kvælstofdioxid (NO₂) skal være nået i 2030. Hvis niveauerne imidlertid i perioden fra den 1. januar 2026 til den 31. december 2029 overskrider de nye grænseværdier, der skal nås senest den 1. januar 2030, skal EU-landene udarbejde en luftkvalitetsplan for det pågældende forurenende stof for at nå de respektive grænseværdier inden 2030 (18).

WHO's retningslinjer fra 2021 for eksponering er overskredet for alle luftforureningsstoffer. Den største overskridelse ses for fine partikler ($PM_{2.5}$) og kvælstofdioxid (NO_2). Det betyder, at næsten alle i Danmark er udsat for sundhedsskadelig luftforurening. Der er værd at bemærke, at der stadig vil være en helbredsbyrde af luftforurening, selv ved koncentrationer som ligger under WHO's retningslinjer fra 2021 (2).

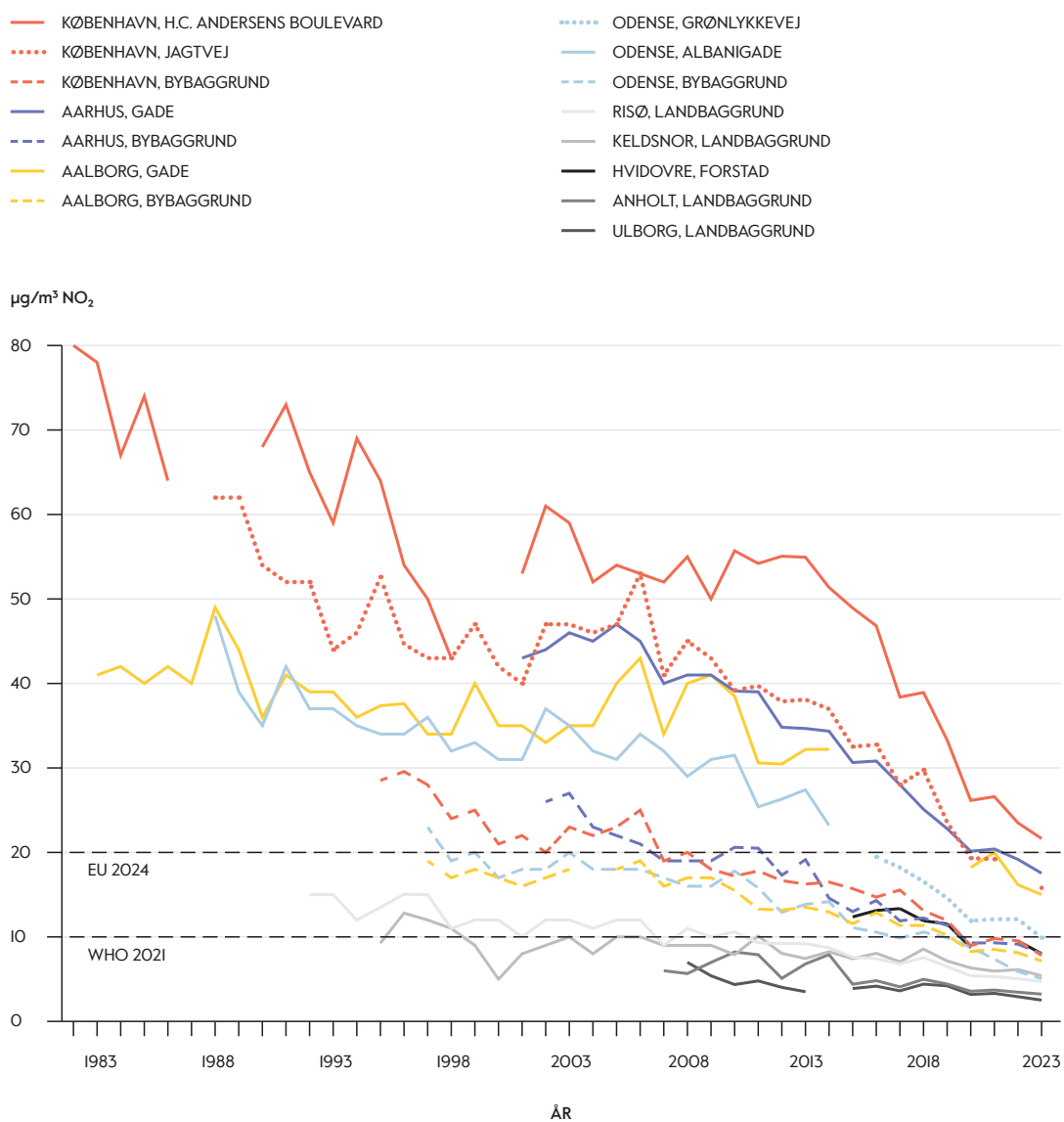
Faldet i fine partikler ($PM_{2.5}$) skyldes primært et fald i langtransporterede partikler fra Øst- og Centraleuropa samt international skibsfart (3). Blandt forureningskilderne til fine partikler ($PM_{2.5}$) i Danmark er der også rapporteret fald i udledninger fra vejtrafik, andre mobile kilder, fx fritidsfartøjer og jernbane samt fra små forbrændingsanlæg, hvor størstedelen stammer fra brændefyring i private boliger, fx i brændeovne, brændekedler og træpillefyr (3).

De sidste tre årtier er der bl.a. indført EU-lovgivning om brug af renere brændstoffer, regulering af industrielle udledninger og krav til køretøjers udledninger, som har ført til indførelsen af partikelfiltre og katalysatorer (3). Derfor er der i Danmark observeret et fald i udledningerne fra køretøjers udstødning, samtidig med, at antallet af elektriske biler er steget. Sideløbende er omfanget af forbrænding reduceret, fx grundet krav til udledninger fra brændeovne, krav om brug af rent og tørt brænde og fald i brugen af brændeovne.

Andre udviklinger har bidraget til en stigning i udledningerne. Således er der observeret en stigning i udledningerne fra vejtrafik, der stammer fra dæk, bremse- og vejslid. Disse udledninger er vanskelige at reducere via tekniske tiltag, fordi antallet af biler og vejtrafikken er stigende i Danmark (3). Det skal endvidere bemærkes, at der er stadig væsentlige udfordringer med luftforurening i Øst- og Centraleuropa, som påvirker Danmark.

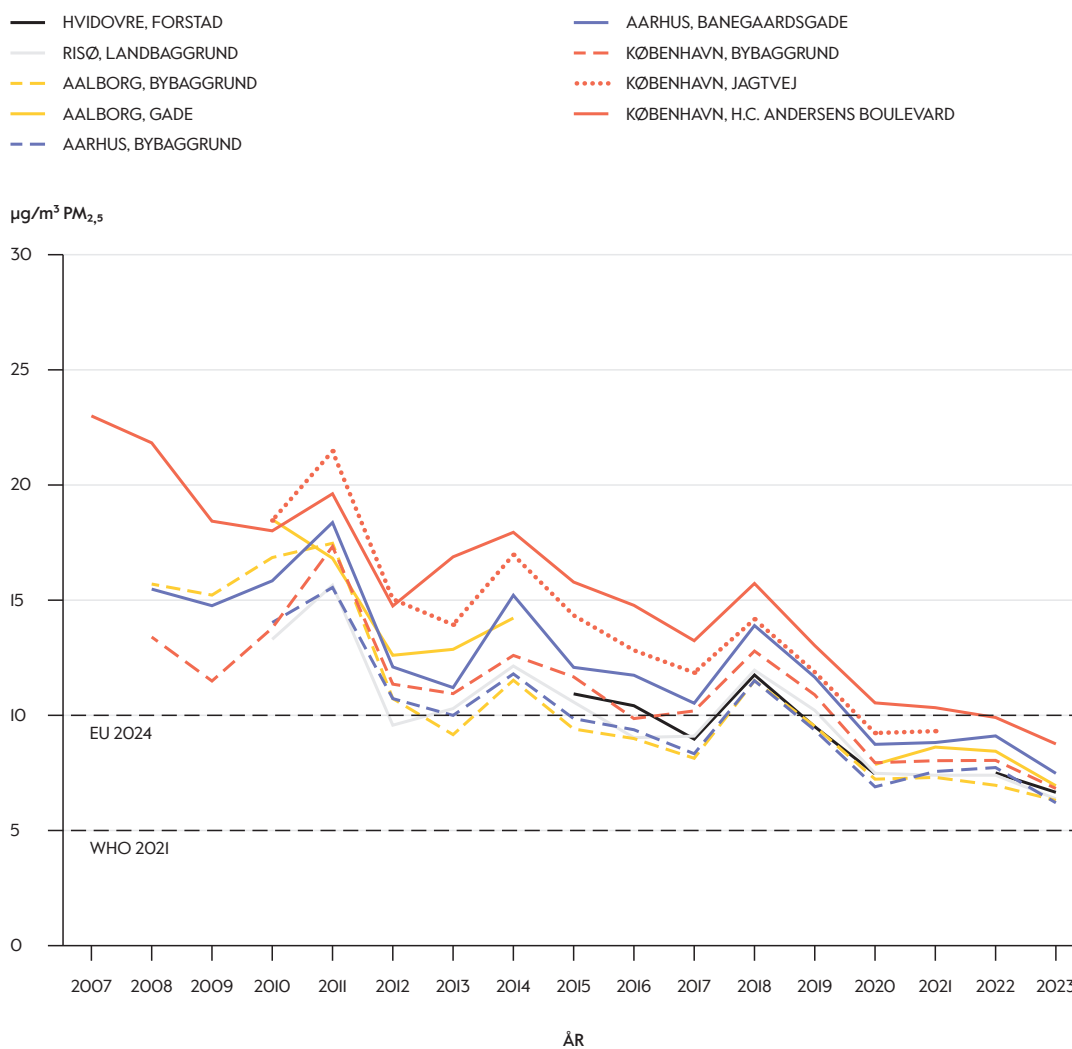
Figur 5a

Udviklingstendens for årsmiddelværdier af kvælstofdioxid (NO₂) fra udvalgte målestationer i Danmark. Årsmiddelværdier af kvælstofdioxid (NO₂) er målt på 15 målestationer i den nationale luftkvalitetsovervågning (Det Nationale Overvågningsprogram for Vandmiljø og Natur (NOVANA)) (3).



Figur 5b

Udviklingstendens for årsmiddelværdier af fine partikler ($PM_{2.5}$) fra udvalgte målestationer i Danmark. Årsmiddelværdier af fine partikler ($PM_{2.5}$) er målt på ni målestationer i den nationale luftkvalitetsovervågning (Det Nationale Overvågningsprogram for Vandmiljø og Natur (NOVANA)) (3).



3

Sundhedskonsekvenser af luftforurening

I dette kapitel gennemgås forskning, der undersøger de sundhedsmæssige konsekvenser af at være eksponeret for luftforurening. Derudover beskrives ulighed i eksponeringen for luftforurening og uligheden i de sundhedsmæssige konsekvenser.

Sammenfatning

Eksposering for luftforurening bidrager til en øget risiko for udvikling og forværring af en række sygdomme hos både børn og voksne, og luftforurening er væsentlig mere skadelig og skader ved lavere koncentrationer, end forskere tidligere har vurderet. Evidensen er stærk for sammenhænge mellem luftforurening og en række sundhedskonsekvenser, herunder nedre luftvejsinfektioner og autisme hos børn samt astma hos både børn og voksne. Hos voksne er der desuden stærk evidens for en øget risiko for KOL, forhøjet blodtryk, iskæmisk hjertesygdom, stroke, type 2-diabetes, lungekræft, demens og for tidlig død. Der er moderat evidens for øget risiko for dødelighed som følge af nedre luftvejsinfektioner hos voksne, nedsat lungefunktion hos både børn og voksne, Covid-19, hjertesvigt, rytmeforstyrrelser, Parkinsons sygdom, svangerskabsforgiftning og lav fødselsvægt. Dertil kommer en lang række sundhedskonsekvenser, som der fortsat er mangelfuld evidens for, men som ikke kan udelukkes.

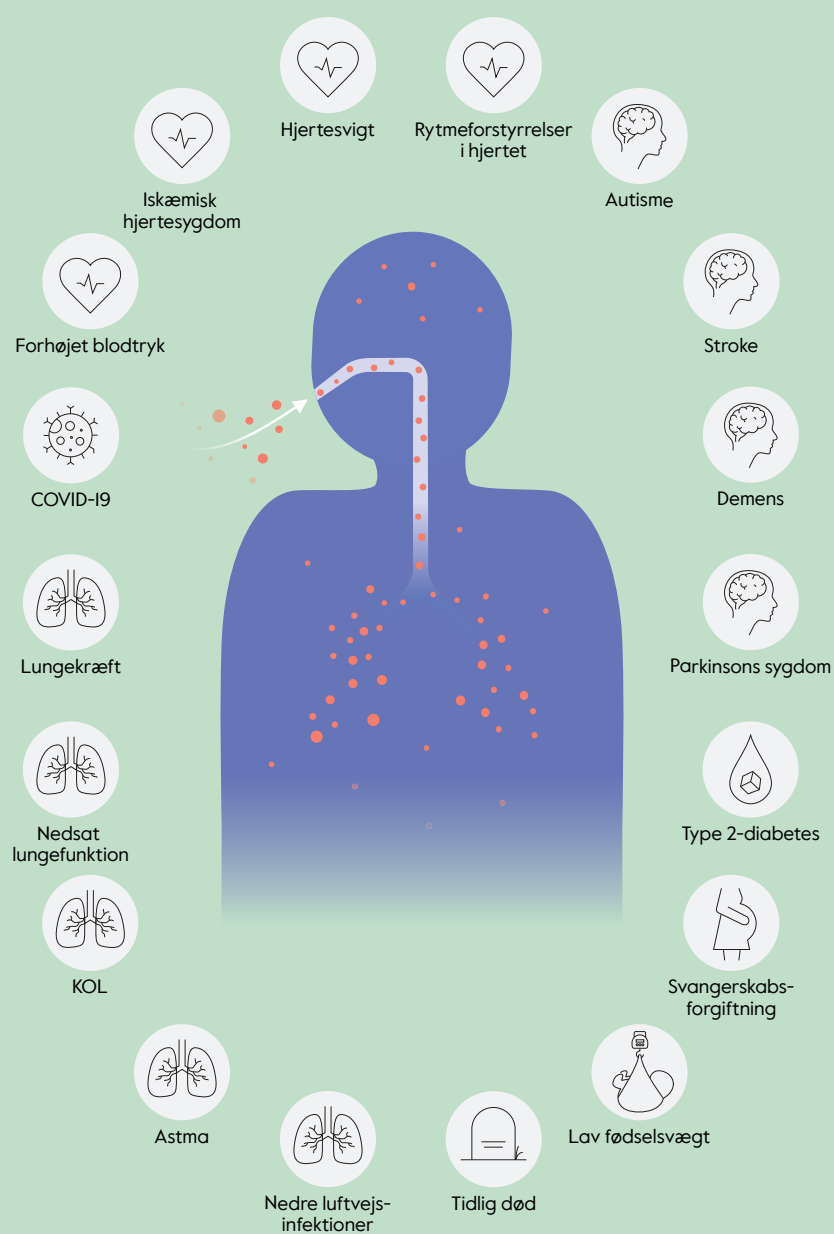
Gravide, fostre og børn er mere sårbare over for luftforurening end voksne. Derudover er ældre og personer med eksisterende helbredsproblemer særligt sårbare over for luftforurening. Personer med færre sociale og økonomiske ressourcer er typisk også mere sårbare over for luftforurening. Det er de bl.a., fordi de typisk bor tættere på luftforureningskilder, oftere arbejder i erhverv med større eksposering for luftforurening og oftere har en mere usund adfærd og tilsvarende flere følgesygdomme, som gør dem mere sårbare over for eksposering for luftforurening.

Selvom international forskning ofte viser, at personer med lav indkomst og kort uddannelse oftere bor i områder med høj miljøbelastning, er det ikke altid tilfældet. Danske data viser, at især voksne med høj uddannelse, enlige og personer med ikke-dansk oprindelse er udsat for luftforurening, fordi de oftere bor, hvor luftforureningskoncentrationen typisk er højest, fx i store danske byer hvor ejendomspriserne er højest.

Figur 6 og Tabel 3 på de følgende sider viser en oversigt over sundhedskonsekvenser som følge af luftforurening.

Figur 6

Sundhedskonsekvenser som følge af luftforurening for børn og voksne, hvor evidensgraden er stærk eller moderat.



Tabel 3

Sundhedskonsekvenser af eksponering for luftforurening inddelt efter om evidensgraden er stærk eller moderat. Alle sundhedskonsekvenser gælder for voksne, medmindre det er angivet, at de gælder for børn.

Sundhedskonsekvenser	Stærk evidens	Moderat evidens
For tidlig død	For tidlig død	
Lungesygdomme	Nedre luftvejsinfektioner hos børn Astma hos børn og voksne KOL og relateret dødelighed	Dødelighed pga. nedre luftvejsinfektioner hos voksne Nedsat lungefunktion hos børn og voksne Covid-19 og relateret dødelighed
Hjerte-kar-sygdomme	Forhøjet blodtryk Iskæmisk hjertesygdom og relateret dødelighed	Hjertesvigt Rytmeforstyrrelser i hjertet
Type 2-diabetes	Type 2-diabetes og relateret dødelighed	
Kræft	Lungekræft og relateret dødelighed	
Hjerne og mentalt helbred	Autisme hos børn Demens Stroke og relateret dødelighed	Parkinsons sygdom
Fertilitet, graviditet og spædbørn		Svangerskabsforgiftning hos gravide Lav fødselsvægt

3.1 Indledning

I de seneste år er der publiceret omfattende forskning, som dokumenterer stærk evidens for en årsagssammenhæng mellem luftforurening og en lang række sygdomme samt for tidlig død. Forskningen viser desuden, at luftforurening er væsentligt mere skadelig end tidligere antaget, og at helbredsskader opstår ved lavere koncentrationer end hidtil vurderet.

I denne rapport har arbejdsgruppen brugt evidens fra de seneste rapporter om luftforurening, dødelighed og sygelighed fra WHO samt 'State of Global Air' fra Health Effects Institute (HEI) i vurderingen af, om der er stærk, moderat eller mangelfuld evidens for sammenhængen mellem luftforurening og sygelighed og dødelighed. Til vurdering af dødelighed brugte arbejdsgruppen resultaterne fra WHO-projektet HRAPIE-2 (21), hvis resultater er opsummeret i to metaanalyser (4,5) og den seneste rapport fra HEI 'State of Global Air' (22). Til vurdering af sygelighed brugte arbejdsgruppen WHO-projektet EMAPEC (23), hvis resultater er opsummeret i en omfattende forskningsoversigt af metaanalyser (24).

Alle de sundhedskonsekvenser, som WHO's EMAPEC-rapport vurderer har stærk evidens for sammenhæng med luftforurening, er vurderet tilsvarende i denne rapport. For andre sundhedskonsekvenser, der ikke er nævnt i EMAPEC-rapporten, har arbejdsgruppen gennemgået den seneste litteratur og vurderet, om der er moderat eller mangelfuld evidens for en sammenhæng med luftforurening. Der foreligger stærkest evidens for luftforurening med fine partikler ($PM_{2,5}$) og kvælstofdioxid (NO_2), men det betyder ikke, at andre luftforureningsstoffer ikke er sundhedsskadelige. De er blot ikke så velundersøgte. I de efterfølgende afsnit gennemgås evidensen for sammenhængen mellem en række sundhedskonsekvenser og luftforurening mere detaljeret.

3.2 For tidlig død

I de seneste år er der publiceret omfattende ny forskning, som viser, at der er stærk evidens for en årsagssammenhæng mellem luftforurening og for tidlig død (4,5), samt at luftforurening er væsentligt mere skadelig og skader ved lavere koncentrationer, end forskere tidligere har vurderet (2,25). Heriblandt er der adskillige studier baseret på data fra Danmark, som bidrager til denne hurtigt voksende evidens (6).

I 2023 var luftforurening ifølge DCE estimeret til at forårsage omkring 3.350 for tidlige dødsfald og samfundsmæssige omkostninger på omkring 60 milliarder kr. i Danmark (3). Ifølge den seneste danske Sygdomsbyrderapport fra 2022 blev luftforurening estimeret at have forårsaget 1.022 ekstra dødsfald i 2017 (26). Til

sammenligning forårsagede rygning 15.920 ekstra dødsfald. Det skal bemærkes, at Sygdomsbyrderapporten alene estimerer antal døde grundet eksponering for luftforurening med fine partikler ($PM_{2.5}$) udover $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (26). Rapporten underestimerer således det totale antal dødsfald pga. luftforurening i forhold til estimaterne fra Danmarks Nationale Center for Miljø og Energi ved Aarhus Universitet (DCE). Arbejdsgruppen vurderer, at det er mere dækkende at anvende beregninger fra DCE for 2023 (3).

Det er vigtigt at bemærke, at den individuelle risiko for at udvikle alvorlig sygdom eller dø for tidligt som følge af luftforurening er relativt lille. Eksempelvis vil en person, der bor ved H.C. Andersens Boulevard i København, hvor niveauet for luftforurening er et af de højeste i Danmark ($PM_{2.5} = 8,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) kun have ca. 2 % højere risiko at dø for tidligt som følge af luftforurening end en person, der bor på landet i Risø, hvor niveauet er et af de laveste i Danmark ($PM_{2.5} = 6,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$), eller i Hvidovre ($PM_{2.5} = 6,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (3). Dette er baseret på den nyeste metaanalyse med over 50 studier, som fandt, at den relative risiko for at dø for tidligt steg med ca. 10 % for hver $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ højere eksponering i luftforurening med fine partikler ($PM_{2.5}$) (4). I fire danske kohortestudier fandt man overvejende en højere relativ risiko på hhv. 28 %, 23 %, 14 % og 8 % for hver $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ øgning i eksponeringen for fine partikler ($PM_{2.5}$) (27–30). Imidlertid er den samlede påvirkning af luftforurening på folkesundheden betydelig på grund af den brede eksponering og sundhedskonsekvenserne.

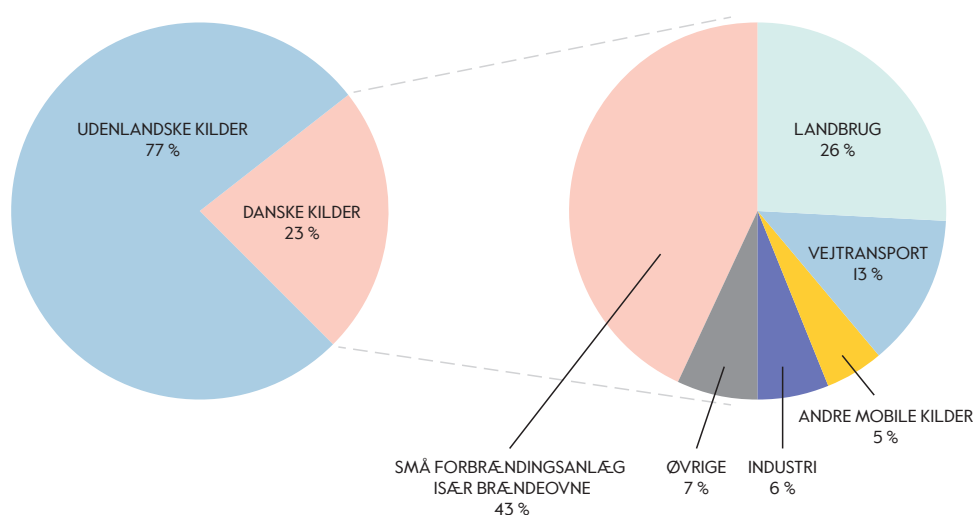
DCE har beregnet helbredseffekter og eksterne omkostninger relateret til luftforurening og forureningskilder i Danmark for udvalgte kommuner ved hjælp af modelsystemet Economic Valuation of Air pollution (EVA) (3,31). Beregningerne blev gennemført således, at det også blev estimeret hvor meget, der skyldes de forskellige forureningskilder, som bidrager til for tidlig død pr. år i en bestemt befolkning (3). Fx viser **Figur 7**, at 26 % af de for tidlige dødsfald i Danmark blev estimeret at skyldes landbruget.

Figur 7

Forureningskilder som bidrager til for tidlig død i Danmark (3).

DE FORSKELLIGE DANSKE KILDERS BIDRAG TIL FOR TIDLIG DØD PR. ÅR I DANMARK.

BIDRAG FRA DANSKE OG UDENLANDSKE KILDER TIL ANTAL TILFÆLDE AF FOR TIDLIG DØD PR. ÅR I DANMARK.



3.3 Lungesygdomme

Der er stærk evidens for, at både kort- og langvarig eksponering for luftforurening har skadelige konsekvenser på luftvejssystemet hos både børn og voksne, herunder i form af astma hos børn (32-37) og voksne (32,38-42), nedre luftvejsinfektioner hos børn (32,43-47), KOL hos voksne (44-47) og forøget risiko for at dø for tidligt pga. KOL (4,5,28,30,48,49). Der er moderat evidens for, at både kort- og langvarig eksponering for luftforurening kan bidrage til nedsat lungefunktion hos børn (50) og voksne (51). Arbejdsgruppen vurderer, at der er moderat evidens for, at både kort- og langvarig eksponering for luftforurening kan bidrage til forøget risiko for indlæggelse og for at dø pga. nedre luftvejsinfektioner hos voksne (32,52-54), smitte med SARS-CoV-2 virus, udvikling af COVID-19 sygdom samt risiko for indlæggelse og for at dø pga. COVID-19 (55,56).

3.4 Hjerte-kar-sygdomme

Arbejdsgruppen vurderer, at der er stærk evidens for, at luftforurening øger risikoen for udvikling af forhøjet blodtryk (48,57–60) og iskæmisk hjertesygdom (61–64), samt øget risiko for at dø for tidligt pga. iskæmisk hjertesygdom (4,5,28,30,48,49,70). Arbejdsgruppen vurderer endvidere, at der er moderat evidens for hjertesvigt (71–73), rytmeforstyrrelser i hjertet (74–76), samt at personer med hjertekarsygdom er i øget risiko for at dø for tidligt pga. af denne, hvis de er udsat for luftforurening (4,5,28,30,48,49,70).

3.5 Type 2-diabetes

Arbejdsgruppen vurderer, at der er stærk evidens for, at eksponering for luftforurening kan bidrage til udvikling af type 2-diabetes (77–79) og øge risikoen for at dø for tidligt pga. type 2-diabetes blandt voksne (22,28,30,80).

3.6 Kræft

Det er arbejdsgruppens vurdering, at der er stærk evidens for, at eksponering for luftforurening øger risikoen for udvikling af lungekræft (32,81–83) og for at dø for tidligt pga. lungekræft (4,5,22), mens der stadig er mangelfuld evidens for sammenhæng mellem luftforurening og risikoen for kræft i lever, bryst, hjerne, mave og tyktarm, samt hjernekræft og blodkræft hos børn, men en mulig sammenhæng kan ikke udelukkes (84).

3.7 Hjerne og mentalt helbred

Det er arbejdsgruppens vurdering, at der er stærk evidens for sammenhæng mellem luftforurening og udvikling af demens (85–88) og stroke (65–69), samt øget risiko for at dø for tidligt pga. stroke (4,5,28,30,48,49,70). Derudover moderat evidens for sammenhæng mellem luftforurening og Parkinsons sygdom (89,90) og mangelfuld evidens for nedsat kognition hos børn (32,91) og udvikling af multipel sklerose (92). Der er brug for flere studier af høj kvalitet på de områder, hvor der er mangelfuld evidens, før noget kan konkluderes sikkert.

Det er arbejdsgruppens vurdering, at der er stærk evidens for sammenhæng mellem luftforurening og risikoen for autisme hos børn (24,93,94), mens der er mangelfuld evidens for sammenhængen mellem luftforurening og risikoen for ADHD

(Attention Deficit Hyperactivity Disorder) (95–97), depression (98,99), angst (99), skizofreni (100), selvskaide (100) og selvmord (101). Der er brug for flere studier af høj kvalitet for at kunne drage konklusioner om dette.

3.8 Fertilitet, graviditet og spædbørn

Arbejdsgruppen vurderer, at der er moderat evidens for, at luftforurening kan bidrage til risikoen for svangerskabsforgiftning hos gravide (102–105). Arbejdsgruppen vurderer endvidere, at der er moderat evidens for, at luftforurening øger risikoen for, at barnet fødes med en lav fødselsvægt (32,106–109).

Det er arbejdsgruppens vurdering, at der er mangelfuld evidens for en sammenhæng mellem luftforurening og øget risiko for nedsat fostervækst tidligt i graviditeten estimeret ud fra ultralydsscanninger og for tidlig fødsel (32,110), dødfødsel (111–113), medfødte misdannelser (særligt i hjertet) (114–116), spædbarnsdød (117) samt småbørnsdødelighed (12,22).

Det er arbejdsgruppens vurdering, at evidensen for en sammenhæng mellem luftforurening og risikoen for forhøjet blodtryk hos gravide (105), graviditetssukkersyge (11,118) samt spontan abort (106,119) er mangelfuld. Blodtryksmålinger er behæftet med usikkerhed, og selvom det er biologisk muligt, at luftforurening bidrager til øget blodtryk under graviditeten, er evidensen ikke lige så stærk som for svangerskabsforgiftning hos gravide. Der er derfor brug for flere studier af høj kvalitet for at kunne drage konklusioner om dette.

Arbejdsgruppen vurderer, at der er mangelfuld evidens for at kunne drage konklusioner om sammenhængen mellem luftforurening og nedsat frugtbarhed, fertilitet og sædkvalitet, men en sammenhæng kan ikke udelukkes (120–123), før der er gennemført flere højkvalitetsstudier på området.

3.9 Ulighed i eksponering og sundhedskonsekvenser

Af flere årsager er børn og fostre mere sårbare over for luftforurening end voksne. Deres lunger, hjerner og immunsystemer er under udvikling, børn trækker vejret hurtigere og indånder mere luft end voksne, de har ikke samme mulighed for at bestemme, hvor de er, og børn er mere aktive end voksne (8,9,12). Gravide er også mere udsatte, idet de indånder mere luft end ikke-gravide, og endvidere er de mere sårbare over for luftforurening grundet de mange fysiologiske, mentale og adfærdsmæssige forandringer, der er forbundet med graviditet (7–9). Derudover er ældre og personer med eksisterende helbredsproblemer særligt sårbare over for luftforurening (8,9).

Personer med færre sociale og økonomiske ressourcer er typisk også mere sårbare over for de sundhedsskadelige konsekvenser af luftforurening (8,10). Det er de bl.a., fordi de typisk bor tættere på luftforureningskilder, fx store trafikerede veje, industri, kraftværker, oftere arbejder i erhverv med større luftforureningseksposering fx cykelbude, arbejdere i byggebranchen, som chauffører, oftere har mere usund adfærd fx ift. rygning, usund kost, mindre motion, generelt dårligt helbred og dertilhørende flere følgesygdomme, hvilket gør dem mere sårbare over for eksponering for luftforurening. De har endvidere ofte ringere adgang til information og sundhedspleje, hvilket øger risikoen for et dårligt helbred og dermed gør dem mere sårbare for luftforurening (32).

Selvom international forskning ofte viser, at personer med lav indkomst og kort uddannelse oftere bor i områder med høj miljøbelastning, er det ikke altid tilfældet (124,125). Danske data viser en anden tendens, hvor det især er voksne personer med høj uddannelse, enlige og personer med ikke-dansk oprindelse, der i højere grad er udsat for luftforurening end personer med lavere socioøkonomisk status og dansk oprindelse (126,127). Det gælder også for gravide bosat i Danmark, at dem med højere uddannelse oftere bor, hvor luftforureningskoncentrationen er højest (II). En mulig forklaring på denne sammenhæng er, at forholdet mellem den geografiske fordeling af luftforurening og indkomstgrupper er nogenlunde lige i Danmark, hvor lavindkomstgrupper ikke nødvendigvis bor i områder med mest forurening og højindkomstgrupper i mindre forurenede områder. Fx findes den højeste luftforurening midt i de store danske byer, hvor ejendomspriserne også er højest. Det ses fx i København, Frederiksberg og Aarhus. Derudover kan en forklaring findes i regler og love, der fx forbyder at bygge boligområder i nærheden af fabrikker eller at bygge fabrikker i nærheden af boligområder (I).

4

Strukturelle forebyggelsestiltag

Dette kapitel præsenterer forskningsviden om centrale strukturelle forebyggelsestiltag målrettet luftforurening. Tiltagene har til hensigt at reducere eksponeringen for luftforurening og dermed forebygge sundhedskonsekvenser af luftforurening i befolkningen. Tiltagene relateres til dansk praksis på området på overstatsligt, statsligt og kommunalt niveau. Desuden dokumenteres udvikling og effekter af tiltagene.

Sammenfatning

En reduktion af luftforurening vil forbedre folkesundheden og bør gennemføres som en koordineret indsats på overstatsligt, nationalt og kommunalt niveau. Luftforurening findes overalt i Danmark. Eksponering er således kun i begrænset omfang et individuelt valg, og der er derfor et særligt potentiale i at styrke den strukturelle forebyggelse, og dermed befolkningens mulighed for at leve et liv med god fysisk og mental sundhed.

Da forurening transporteres over store afstande, har lokale tiltag en positiv effekt også uden for den enkelte kommune, ligesom en reduktion af luftforurening i et land kan have effekt i dets nabolande. Tiltag målrettet en reduktion af luftforurening kan samtidig både gavne klimaet og befolkningens sundhedstilstand.

Regulering af luftforurening i Danmark bygger på både international og national lovgivning, som fastsætter krav til at begrænse udledninger og overholde grænseværdier. Det kan være regler for luftkoncentrationer, udledning fra virksomheder eller krav om partikelfiltre på køretøjer. I Danmark bygger reguleringen primært på EU-direktiver, herunder luftkvalitetsdirektivet, der fastlægger bindende grænseværdier, krav til monitorering og målsætninger for reduktion af luftforurening i hele EU.

På overstatsligt niveau fremhæver arbejdsgruppen tre centrale strukturelle forebyggelsestiltag: 1) Opfyld internationale retningslinjer, 2) arbejde for fuld overensstemmelse mellem EU-grænseværdier for luftkvalitet og WHO-retningslinjer og 3) styrk internationalt samarbejde.

På statsligt niveau fremhæver arbejdsgruppen på baggrund af den gennemgåede forskning, at følgende seks centrale strukturelle forebyggelsestiltag kan reducere luftforureningen og forbedre luftkvaliteten: 1) Udfas fossile brændstoffer, 2) øg brug af grønne energikilder, 3) øg energieffektivisering i bygninger, 4) forbyd brug af brændeovne, 5) begræns ammoniakudledning i landbruget og 6) udvid elektrificering af køretøjer.

På kommunalt niveau fremhæver arbejdsgruppen på baggrund af den gennemgåede forskning, at følgende syv centrale strukturelle forebyggelsestiltag kan reducere luftforureningen og forbedre luftkvaliteten: 1) Begræns brug af køretøjer i byerne, 2) sænk brugeromkostninger for kollektiv transport, 3) udbyg gang- og cykelinfrastruktur og kollektiv transport, 4) udbyg offentlige rekreative områder, 5) øg brug af grønne energikilder, 6) øg energieffektivisering i bygninger og 7) udvid elektrificering af køretøjer.

I **Tabel 4** ses en oversigt over centrale, strukturelle tiltag målrettet reduktion af luftforurening på overstatsligt, statsligt og kommunalt niveau. Yderligere eksempler på tiltag, som kan styrkes i Danmark, kan fx findes i virkemiddelkataloger for reduktion af luftforurening fra DCE.

Tabel 4

Centrale strukturelle tiltag, der kan reducere luftforurening, opdelt efter overstatsligt, statsligt og kommunalt niveau.

Overstatsligt	Statsligt	Kommunalt
Opfyld internationale retningslinjer (se afsnit 4.2.1).  Arbejd for fuld overensstemmelse mellem EU's grænseværdier og WHO's retningslinjer (se afsnit 4.2.2).  Styrk internationalt samarbejde (se afsnit 4.2.3) 	Udfas fossile brændstoffer (se afsnit 4.3.1)  Øg brug af grønne energikilder (se afsnit 4.3.2)  Øg energieffektivisering i bygninger (se afsnit 4.3.3)  Forbyd brug af brændeovne (se afsnit 4.3.4)  Begræns ammoniakudledning i landbruget (se afsnit 4.3.5)  Udvid elektrificering af køretøjer (se afsnit 4.3.6) 	Begræns brug af køretøjer i byerne (se afsnit 4.4.1)  Sæk brugeromkostninger for kollektiv transport (se afsnit 4.4.2)  Udbyg gang- og cykelinfrastruktur og kollektiv transport (se afsnit 4.4.3)  Udbyg offentlige rekreative områder (se afsnit 4.4.4)  Øg brug af grønne energikilder (se afsnit 4.3.2)  Øg energieffektivisering i bygninger (se afsnit 4.3.3)  Udvid elektrificering af køretøjer (se afsnit 4.3.6) 

4.1 Indledning

En reduktion af luftforurening vil forbedre folkesundheden, og en forebyggelsesindsats bestående af strukturelle tiltag på overstatsligt, statsligt og kommunalt niveau vil sikre en bedre virkning (I32).

Luftforurening kan transporteres langt, og forurening, der udledes et sted, kan spredes på tværs af lande, kommuner, bygrænser og individuelle boliger eller virksomheder og anlæg. Det er vigtigt at prioritere strukturelle tiltag, da de har stor betydning andre steder end fx i den kommune eller det land, hvor de er gennemført. Fx vil forbud mod brændefyring i en specifik kommune også forbedre luften i de omkringliggende kommuner. Det, der foretages i Danmark, giver fx gavn i Sverige, mens Danmark er afhængig af tiltag, som gennemføres i andre lande som fx Tyskland eller Holland.

Reduktion af luftforurening kræver samarbejde på tværs af mange aktører, fx flere forskellige ministerier og styrelser, forskellige kommunale forvaltninger og private aktører. Danmarks Nationale Center for Miljø og Energi ved Aarhus Universitet (DCE) har igennem mere end 10 år udarbejdet en lang række oversigter og virkemiddelkataloger for en række forskellige offentlige myndigheder, fx Københavns Kommune, Frederiksberg Kommune, Odense Kommune og Tårnby kommune (I28–I31). Disse kataloger gennemgår de strukturelle muligheder for statslig og kommunal regulering af luftforurening, og arbejdsgruppen har ladet sig inspirere af dette arbejde i udarbejdelsen af denne rapport.

Reduktion af luftforurening kan medføre forbedringer på flere områder (I32). Fx vil reduktion af eller forbud mod afbrænding af fossile brændstoffer gavne både sundheden og klimaet. Tilsvarende vil en reduktion i ammoniakudledninger fra landbruget gavne både klimaet, luftkvaliteten, vandmiljøet og folkesundheden, og indførelse af vejafgifter og øget kollektiv transport vil fremme både fysisk aktivitet og reducere luftforurening.

4.2 Strukturelle tiltag på overstatsligt niveau

Den overordnede regulering målrettet reduktion af luftforurening i Danmark underbygges af international og national lovgivning, der fx begrænser udledning af luftforurening. Denne lovgivning kan være udformet som forpligtelser til at overholde grænseværdier, så luftkoncentrationen af udvalgte luftforureningsstoffer ikke overstiger grænseværdien i en bestemt periode, grænseværdier for udledning af bestemte stoffer fra specifikke typer af virksomheder eller anlæg eller fx krav om partikelfiltre på køretøjer.

I Danmark sker regulering primært via EU-direktiver og -standarder. Et eksempel er EU's luftkvalitetsdirektiv (18), som bl.a. fastsætter juridisk bindende grænseværdier, monitoreringskrav og målsætninger for at reducere luftforurening i hele EU (133,134). Det er en del af EU's luftkvalitetsdirektiv fra 2024, at hvert land skal udarbejde en luftkvalitetsplan, hvis deres luftforurening overstiger EU's grænseværdier, eller hvis målværdier ikke opfylder EU's krav om hvert år at nedbringe luftforureningsniveauerne (18).

Danmark er således forpligtet til at følge EU's National Emissions Ceilings (NEC)-direktiv, som fastsætter nationale forpligtelser til at reducere udledningen af fem luftforurenende stoffer i 2020 og i 2030 i forhold til niveauet i 2005. Danmark er forpligtet til fra og med 2010 at overholde de lofter for udledning af kvælstofoxid (NO_x), flygtige organiske stoffer, ammoniak (NH₃), fine partikler (PM_{2,5}) og svovldioxid (SO₂), som er fastsat i NEC-direktivet (135). Derfor rapporterer de danske myndigheder også årligt udledningsopgørelser til Konventionen for langtransporteret grænseoverskridende luftforurening (LRTAP-konventionen) (136).

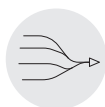
På overstatsligt niveau peger arbejdsgruppen på følgende tre centrale strukturelle forebyggelsestiltag: 1) Opfyld internationale retningslinjer, 2) arbejde for fuld overensstemmelse mellem EU's grænseværdier og WHO's retningslinjer samt 3) styrk internationalt samarbejde (se Figur 8).

4.2.1 Opfyld internationale retningslinjer



Luftforureningen i Danmark har været faldende i de seneste tre årtier (3). Alligevel overskrider niveauerne for luftforurening i Danmark retningslinjerne fra WHO fra 2021. Danmark kan derfor arbejde for at opfylde WHO's retningslinjer for luftkvalitet.

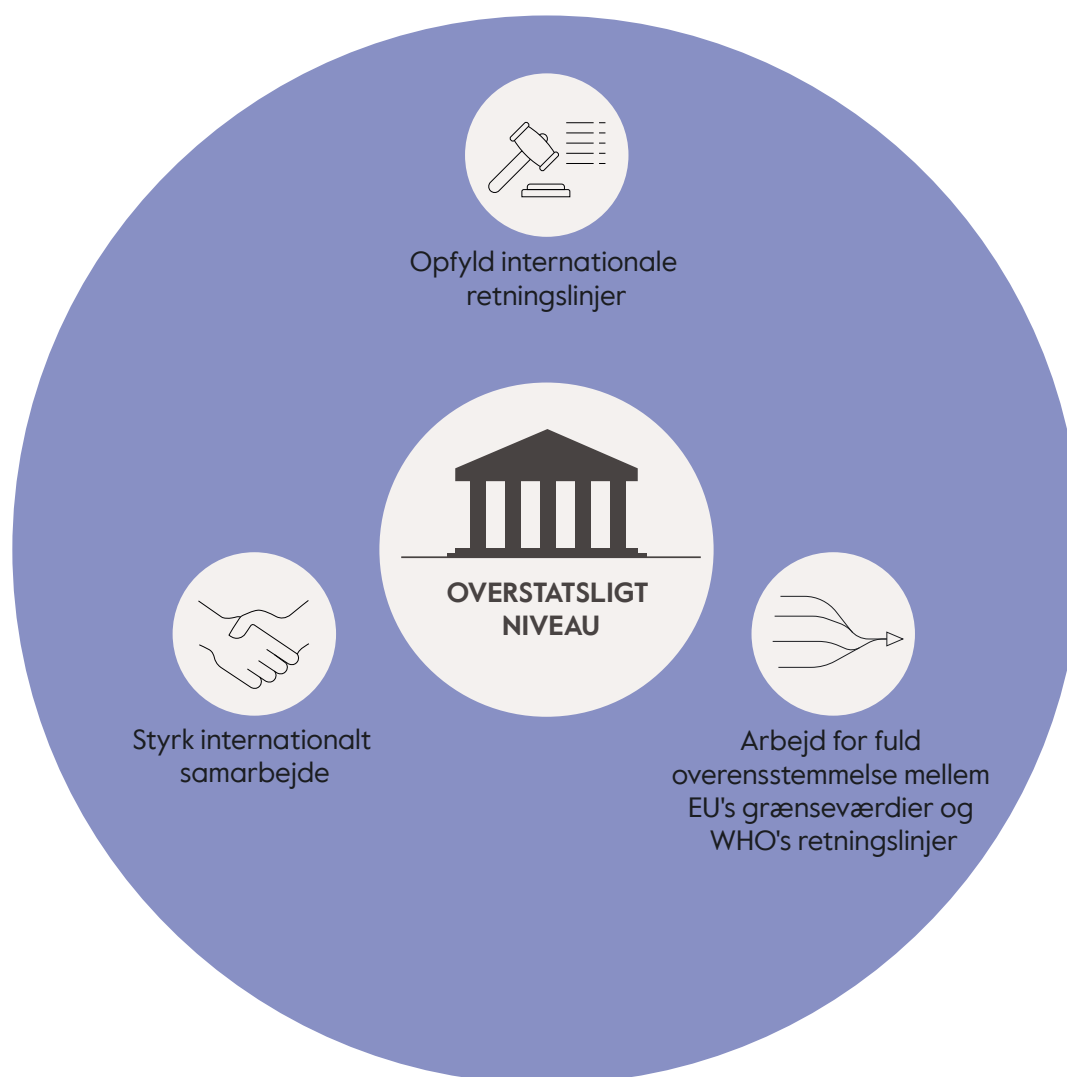
4.2.2 Arbejd for fuld overensstemmelse mellem EU's grænseværdier og WHO's retningslinjer



Danmark kan arbejde for at sænke EU's grænseværdier for luftkvalitet 2024 (18) til WHO's retningslinjer fra 2021 (2).

Figur 8

Centrale, strukturelle tiltag målrettet luftforurening på overstatsligt niveau.



4.2.3

Styrk internationalt samarbejde



Danmark kan arbejde for at styrke forskellige FN- og EU-initiativer og samarbejder, fx:

- Danmark har sammen med andre FN-lande forpligtet sig til at støtte FN's luftkonvention (UNECE Air Convention), som siden 1979 har styrket den fælles globale indsats for at regulere og reducere luftforurening (I37,I38).
- Styrke implementering af FN's "Pagt for Fremtiden" og "Deklaration for Fremtidige Generationer" (I39).
- Styrke kravene i Gøteborg-protokollen under FN's økonomiske kommission for Europa (UNECE) om langtransporteret grænseoverskridende luftforurening, som fastsætter reduktionsforpligtelser for en række forurenende stoffer (I40).
- Styrke Konventionen for langtransporteret grænseoverskridende luftforurening under FN (LRTAP-konventionen) (I37,I4I).

Danmark kan desuden arbejde for at styrke forskellige EU-initiativer og samarbejder, fx:

- Arbejde for at de øvrige medlemslande i EU overholder EU's grænseværdier.
- Styrke implementeringen af Den Europæiske Grønne Pagt (European Green Deal), der har som mål at gøre Europa til det første klimaneutrale kontinent (I42,I43).
- Styrke implementering af EU-handlingsplanen "Mod nulforurening for vand, luft og jord" (Zero Pollution Action Plan). Målet med handleplanen er, at forureningen reduceres til niveauer, der ikke er sundhedsskadelige (I44,I45).
- Styrke kravene til grænseværdierne i direktivet for industrielle udledninger med anvendelse af bedst tilgængelige teknologi til at minimere udledning i industri (I46).
- Styrke kravene i Energieffektivitetsdirektivet, der kræver, at medlemsstaterne øger energieffektiviteten i deres økonomier, hvilket indirekte reducerer luftforurening fra energiproduktion (I47).
- Styrke kravene i direktivet om vedvarende energi, der fremmer brugen af vedvarende energikilder som sol- og vindenergi for at reducere afhængigheden af fossile brændstoffer (I48).
- Styrke Horizon Europe, som er EU's forsknings- og innovationsprogram, der finansierer projekter, som udvikler nye løsninger til kontrol og afhjælpning af luftforurening og relaterede faktorer, samt kortlægger sundhedskonsekvenserne (I49).
- Styrke kravene til grænseværdierne for standarder for køretøjsudledninger (I50).
- Styrke kravene til standarder for udledninger for brændefyring, fx brændeovne, brændekedler og pejse under Ecodesigndirektivet, så partikelfiltre og katalysatorer bliver obligatoriske ligesom for vejtrafik og arbejde for krav til, hvor meget brændeovne og pejse må forurene (I5I).

4.3 Strukturelle tiltag på statsligt niveau

I dette afsnit beskrives en række centrale eksempler på strukturelle tiltag målrettet reduktion af luftforurening på det statslige niveau. Tiltagene relateres til dansk praksis på området. Tiltagene er, som nævnt i indledningen til dette kapitel, inspireret af en række virkemiddelkataloger udgivet af DCE samt anden forskning, der understøtter effekten af tiltagene (20).

Foruden de estimerede gevinster fra DCE's virkemiddelkataloger peger flere internationale erfaringer på, at strukturelle tiltag på statsligt niveau med fokus på reduktion af luftforurening kan have en målbar effekt på befolkningens sundhed. I Californien er forskellige politiske reguleringer af luftkvaliteten fx blevet associeret med forbedret respiratorisk sundhed hos børn. Et forløbsstudie, hvor 4.602 børn blev fulgt i en årrække, fandt en reduktion på 10 % i forekomsten af luftvejssymptomer relateret til forbedring af luftkvaliteten i Californien (152). Et andet forløbsstudie med 4.140 californiske børn fandt, at den forbedrede luftkvalitet var forbundet med lavere forekomst af astma (153), og et tredje forløbsstudie med 4.602 børn fra Californien fandt en signifikant reduktion i forekomsten af luftvejssymptomer - uafhængigt af, om børnene havde astma - og forbedringerne var større hos børn med astma (154). Et andet eksempel er introduktionen af et forbud mod afbrænding af kul til husholdningsbrug i Irland mellem 1990 og 2000, som blev associeret med reduceret dødelighed pga. luftvejssygdomme (155).

På statsligt niveau fremhæver arbejdsgruppen følgende seks centrale strukturelle tiltag målrettet luftforurening: 1) Udfas fossile brændstoffer som kul, olie og naturgas, 2) øg brug af grønne energikilder som sol, vind, vandkraft og jordvarme, 3) øg energieffektivisering i bygninger, så forurening fra energiproduktion nedbringes, 4) forbyd brug af brændeovne, 5) begræns ammoniakudledning i landbruget og 6) udvid elektrificering af køretøjer, som erstatning for benzin- og dieselskøretøjer (se Figur 9). I de følgende afsnit beskrives disse seks forebyggelsestiltag nærmere.

Figur 9

Centrale, strukturelle forebyggelsestiltag målrettet luftforurening på statsligt niveau.



4.3.1

Udfas fossile brændstoffer



Fossile brændsler som kul, olie og naturgas udleder store mængder luftforurenende stoffer som fine partikler ($PM_{2.5}$), kvælstofoxid (NO_x) og svovldioxid (SO_2) ved forbrænding.

Dansk praksis:

I regeringens energistrategi fra 2011 er det regeringens mål, at Danmark skal være uafhængig af fossile brændstoffer som kul, olie og gas i 2050. Det skal opnås ved at omstille til mere effektivt energiforbrug og en energiforsyning baseret på vedvarende energi fra fx sol og vind (156). I 2023 udgjorde vedvarende energi 45 % af energiforbruget i Danmark (157), og Danmark er derfor ca. halvvejs mod målet. Folketinget vedtog desuden i 2020 den danske klimalov, som forpligter, at Danmark skal reducere udledningen af drivhusgasser i 2030 med 70 % i forhold til niveauet i 1990 (158). Danmark arbejder således målrettet mod en grøn og uafhængig energiforsyning, der skal reducere drivhusgasser markant inden hhv. 2030 og 2050.

Biomasse til energiproduktion, fx træ fra skovbrugsaffald, herunder grene og bark og organiske restprodukter som madaffald, bliver i stigende grad brugt på danske kraftværker, i virksomheder og i husstande. Når biomasse brændes, udledes der udover drivhusgasser som CO_2 også luftforurening. Biomasse kan understøtte udfasningen af fossile brændstoffer, men medfører betydelig luftforurening og må derfor bruges med omtanke. Fra 1990 til 2022 er forbruget af energi fra afbrænding af biomasse mere end firedoblet. Forbruget af træpiller fremstillet af sammenpresset træ fra træindustrien er siden 1995 steget fra et minimalt niveau til i 2022 at udgøre en mængde svarende til det årlige energiforbrug i cirka 250.000 danske husstande. Træpiller og bionaturgas er former for biomasse, der anvendes til energiproduktion. Forbruget af bionaturgas er steget siden 2015 fra ca. 0 PJ til ca. 6 PJ. Derimod er forbruget af brænde, som også er en biomasse, faldet siden 2018 (fra ca. 25 PJ til ca. 13 PJ) (159). Udviklingen mod et mindre forbrug af brænde og en øget anvendelse af træpiller og bionaturgas kan bidrage til at reducere luftforurening, selvom afbrænding af biomasse fortsat vil udlede forurenende stoffer.

Dokumenteret udvikling og effekter:

Afbrænding af fossile brændstoffer og træ bidrager til luftforurening og frigiver drivhusgasser, der bidrager til klimaforandringer. Udledning af kvælstofoxid (NO_x) fra kraft- og fjernvarmeværker er reduceret med 85 % fra 1990 til 2022 i Danmark (160). I samme periode er den totale udledning af kvælstofoxid (NO_x) reduceret med 71 %. Reduktionen er et resultat af øget brug af katalysatorer i biler og installation af lav- NO_x -brændere og De- NO_x -anlæg på kraftværker og fjernvarmeværker.

Udledning af fine partikler ($PM_{2.5}$) fra opvarmning af husholdninger steg med 58 % fra 1990 til 2007 efterfulgt af et fald på 62 % fra 2007 til 2022 i Danmark. Stigningen skyldtes et stigende træforbrug, mens reduktionen efter 2007 skyldtes et svagt fald i træforbruget (indtil 2016) kombineret med grænseværdier for udledning for nye ovne og kedler. Fra 2016 faldt træforbruget væsentligt, hvilket medførte

betydelige fald i udledningerne af fine partikler ($PM_{2.5}$) (I60). Udledningerne fra små forbrændingsanlæg var på sit højeste i 2008, men siden da er der opnået en markant reduktion i udledningerne af fine partikler ($PM_{2.5}$) fra denne sektor, hvilket hovedsageligt skyldes en forbedret forbrænding til boligopvarmning og igennem de seneste tre år et fald i brændeforbruget (I60).

Sundhedskonsekvenser af luftforurening kan omsættes til estimerede omkostninger ved tabte leveår og sparede udgifter til sygefravær og sygdomsbehandling. Forskningsbaserede beregninger har vist, at alene i Danmark kan der spares ca. 10 milliarder kr. om året i sundhedsomkostninger, såfremt det er muligt at nå målet om en 70 % reduktion i udledningen af drivhusgasser i 2030 (I61). Hvis man medregner effekterne af dansk luftforurening uden for Danmark, er besparelserne estimeret til at være ca. dobbelt så store for 2030 (I61).

4.3.2

Øg brug af grønne energikilder



Vedvarende energi, eller grøn energi, udleder ikke luftforurenende og sundhedsskadelige partikler under energiproduktion, som fossile brændsler gør.

Dansk praksis:

Vedvarende energi er naturlige energikilder som sol, vind, vandkraft og jordvarme. Et bredt flertal i Folketinget er enige om, at Danmark i 2030 skal have firedoblet produktionen af sol- og vindenergi på land. Desuden er der skabt mulighed for en femdobling af havvindmøllestrøm i en klimaaftale om grøn strøm og varme fra 2022. Ambitionen er, at al gas i Danmark skal være grøn i 2030, og at der fra 2035 ikke er boliger, der opvarmes med naturgas (I62). Grøn gas kaldes også for biogas. En opfølgende klimaaftale om mere grøn energi fra sol og vind på land fra 2023 styrker samarbejdet mellem staten og kommunerne i målet om at opstille energiparker. En energipark er et areal, hvor der produceres vedvarende energi (I63).

En undersøgelse fra 2022 har vist, at mere end ni ud af ti kommuner allerede enten i høj eller meget høj grad prioriterer at udskifte fossile energikilder med grøn og mere klimavenlig varme som led i deres klimastrategi, fx ved at omlægge til fjernvarme i private boliger og kommunale ejendomme (I64).

Dokumenteret udvikling og effekter:

I Danmark var der i 2023 et historisk lavt kulforbrug, samtidig med at forbruget af vedvarende energi var på sit højeste nogensinde (I65). I 2023 kom 69 % af Danmarks el fra vind og sol. Det var markant højere end gennemsnittet i EU, som lå på 28,5 %. Danmark er det EU-land, der har den klart største produktion af vind- og solenergi. 11 % af EU's elektricitet kom i 2023 fra solenergi, mens kun 10 % kom fra kul. 2023 var det første år, hvor solenergi overhalede kul i EU. Derudover kom også mere el fra vandkraft i EU, og sammen med sol- og vindenergi udgjorde vedvarende energi næsten halvdelen af EU's elproduktion i 2023 (I66).

4.3.3

Øg energieffektivisering i bygninger



Når bygninger bruger energien mere effektivt, reduceres luftforurening, fordi behovet for energiproduktion falder, især fra forurenende kilder.

Dansk praksis:

Danmark er som alle øvrige EU-lande underlagt krav om energibesparelser. EU's mål er, at medlemslandene i år 2030 skal bruge 32 % mindre energi (I67), dvs. alle lande skal blive bedre til at bruge energien bedre. Alle medlemslande er i perioden 2021-2030 forpligtet til at reducere det årlige energiforbrug med 0,8 %. Folketinget vedtog i 2020 den danske klimalov med det mål, at Danmark skal reducere udledningen af drivhusgasser i 2030 med 70 % i forhold til niveauet i 1990. På baggrund af dette mål forventes den danske målopfyldelse at være 127 % i perioden 2021-2030, dvs. Danmark vil spare mere energi, end målsætningen angiver. Den danske klimalov vil indirekte medvirke til at sænke luftforureningen.

Bedre energianvendelse kan mindske behovet for produktion af energi og dermed luftforurening samt øge forsynings sikkerheden og reducere behovet for at udbygge energiinfrastruktur. Kombinationen af grøn energi og energieffektivisering er vigtig for at reducere udledning af luftforurening og er samtidig en vigtig præmis for at nå i mål med den grønne omstilling.

Fra midten af 2025 trådte nye klimakrav i kraft, som bl.a. fastsætter grænseværdier for CO₂-forbruget for forskellige typer af byggeri (I68). De nye krav omfatter flere typer af bygninger, herunder mindre og privat byggeri som nyt hus eller sommerhus og offentlige og private bygninger. Der er nye krav både ift. CO₂-forbrug, materialebrug og energiforbrug til maskinerne på byggepladsen. Endnu et perspektiv er, at nybyggeri fra midten af 2025 ikke alene skal bygges grønnere, men også omfatte flere funktioner. Der skal med andre ord tænkes i både bolig, butiksliv, fysisk aktivitet og fællesskab mellem husene eller på husene. Funktion omfatter således en sundhedsdimension ift. beskyttende faktorer og nærhedsfaktorer. Et eksempel på dette er et byplanlægningskoncept, der er blevet døbt 15 minutters-byen (I69,I70).

Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, KL og Danske Regioner har indgået en aftale om at samarbejde om opfyldelsen af energieffektivitetsdirektivets krav om energirenovering af den offentlige bygningsmasse (I71). Aftalen tager udgangspunkt i EU's omarbejdede energieffektivitetsdirektiv, som træder i kraft d. 11. oktober 2025 (I47). Staten, kommunerne og regionerne skal ifølge aftalen energirenovere folkeskoler, hospitaler, kontorlokaler eller andre offentligt ejede bygninger svarende til arealet af ca. 27.000 gennemsnitlige danske parcelhuse senest i 2040.

Dokumenteret udvikling og effekter:

Energiforbrug i bygninger udgør næsten 40 % af det samlede energiforbrug i Danmark. Energien går primært til opvarmning, ventilation og belysning. Effektivisering af energiforbruget i bygninger spiller derfor en afgørende rolle for at nå det politiske mål om at være uafhængige af fossile brændsler i 2050. Energieffektivisering og vedvarende energi kan i fremtiden være med til at reducere forbruget af fossile brændstoffer og dermed reducere luftforureningen (172). Derfor har energieffektivisering af bygninger stor betydning for at nå de danske mål om at være uafhængige af fossile brændstoffer i 2050 og reducere CO₂-udledningen.

4.3.4

Forbyd brug af brændeovne



Små forbrændingsanlæg, dvs. brændefyring i private boliger, herunder i brændeovne, brændekedler og træpillefyr, er en af de største forureningskilder til udledning af fine partikler (PM_{2,5}) i Danmark.

Dansk praksis:

Eftersom der ikke er vedtaget national lovgivning, er der endnu ikke dansk lovhjemmel til at forbyde individuel boligopvarmning med fast brændsel i form af træ (173). I Danmark må fyringsanlæg installeret efter 1. januar 2015 benyttes til fyring med de typer af fast brændsel, som fyringsanlægget ifølge prøvningsattesten eller overensstemmelseserklæring er prøvet med og godkendt til (173). Denne opvarmningsform vil dog med fordel kunne erstattes af fjernvarme og varmepumper kombineret med bedre isolering af boligerne.

I Danmark blev der vedtaget en ændring af loven om miljøbeskyttelse, som gør det muligt for kommunerne fra januar 2023 at forbyde ældre brændeovne fra før 2008, hvis boligen ligger i et område med fjernvarme eller naturgas, men det er op til de enkelte kommuner, om de vil gøre brug af de nye regler (174). På nuværende tidspunkt har Frederiksberg, København, Roskilde og Aarhus kommuner indført forbud mod de gamle brændeovne fra før 2008 (175–178), og andre kommuner er på vej med tilsvarende forbud. De nye brændeovne forurener dog også, og for nogle luftforureningsstoffer som fx black carbon (BC) forurener de mere end de ældre brændeovne. Derfor er den reelle sundhedsgevinst af dette begrænsede forbud minimalt.

Endvidere blev det fra 2021 forbudt at bevare en eksisterende brændeovn fra før 2003 i forbindelse med køb af bolig (179). Næsten hver femte husstand i Danmark har en brændeovn, svarende til ca. 540.000 husstande, hvoraf ca. 70.000 husstande bruger brændeovnen som primære varmekilde (180). I 2020 blev det anslået, at ca. 260.000 brændeovne var produceret før 2003 (181).

Dokumenteret udvikling og effekter:

Forskningsbaserede beregninger har vist, at små forbrændingsanlæg, der

hovedsageligt anvendes til brændefyring i private boliger, er den største kilde til direkte udledning af fine partikler ($PM_{2.5}$) i Danmark og en betydelig kilde til black carbon (BC) (3). En modellering af den forventede effekt for udledning, luftkvalitet og helbredseffekter af forbud mod ældre brændeovne i Odense Kommune og Københavns Kommune (182,183) viste, at udledningen af partikler fra brændeovne kan forventes at blive halveret som følge af tiltaget. Det vil medføre mindre forbedringer i luftkvaliteten og reducere antallet af for tidlige dødsfald.

I Krakow, Polen, blev der i 2019 indført forbud mod opvarmning med kul og træ i hjemmet, efter en rapport viste, at byens luft var blandt de mest forurenede i Europa. I perioden efter dette forbud observeredes betydelige reduktioner i koncentrationen af de grove partikler (PM_{10}). Fx faldt koncentrationen af grove partikler (PM_{10}) fra 50 til 22 $\mu g/m^3$ fra 2018 til 2020 (184). Arbejdsgruppen har ikke fundet studier om sundhedskonsekvenserne af tiltaget i Krakow.

Der mangler viden om effekten af et generelt forbud mod brændefyring samt af indførelse af zoner med brændefyringsforbud i tæt bebyggede områder med adgang til centralvarme.

4.3.5

Begræns ammoniakudledning i landbruget



Ammoniakudledninger fra landbruget er kilde til udledning af fine partikler ($PM_{2.5}$) og kvælstofoxider (NO_x).

Dansk praksis:

I juni 2024 indgik regeringen og en række organisationer en aftale om implementering af et Grønt Danmark. Aftalen omtales ofte som den grønne trepart og indeholder anbefalinger og løsninger til grøn omstilling af dansk landbrug (185). I forbindelse med aftalen indføres der fra 2030 en CO_2 -afgift på landbrugets udledning af drivhusgasser især fra husdyr og håndtering af gødning. Beregninger fra Danish Research Institute for Economic Analysis and Modelling har på baggrund i DCE-data forudset et fald i ammoniakudledninger fra landbruget ved indførelse af en CO_2 -afgift (186).

Dokumenteret udvikling og effekter:

Størstedelen af forureningen med ammoniak kommer fra det danske landbrug, dvs. gødningshåndtering og stalde. Forskningsbaserede beregninger har vist, at ammoniakudledninger fra landbruget er blandt de største danske partikelforureningskilder, og reduceret udledning må derfor forventes at reducere befolkningens eksponeringen for partikler (3).

4.3.6

Udvid elektrificering af køretøjer



Elektrificerede køretøjer udleder færre luftforurenende stoffer end benzin- og dieselskøretøjer.

Dansk praksis:

I 2020 indgik regeringen og en række partier en klimaaftale for vejtrafik med et mål om, at der skulle være 1 mio. grønne personbiler på de danske veje i 2030 (187). Hertil kommer indfasning af elektriske varebiler. Elektrificering er i dag kun udbredt i dele af transportsektoren, særligt person- og varebiler, bybusser samt jernbanetransport. Elektrificeringen af lastbiler er mindre udbredt, men der findes allerede i dag både mindre og større el-lastbiler på markedet (188).

I Frederiksberg Kommune vedtog man i 2019 strategien "Frederiksberg ELBILBY Nr. 1.". Visionen er, at der på Frederiksberg hovedsageligt kører busser og biler på el. Kommunen har fastsat målsætninger for kommunens egne køretøjer, for udbudt kørsel, kollektiv transport og for den private bilpark (130).

En forudsætning for at udvide elektrificering af køretøjer er udrulning af en offentligt tilgængelig ladeinfrastruktur (189).

Dokumenteret udvikling og effekter:

I februar 2025 var der, ifølge Danmarks Statistik, indregistreret mere end 370.000 elbiler i Danmark, hvilket svarer til omtrent 12 % af alle personbilerne på de danske veje. Af alle nyregistrerede biler fra april 2024 til marts 2025 udgjorde elbiler over halvdelen (57,4%) (190,191).

Introduktionen af mindre forurenende benzin- og dieselskøretøjer samt elektriske køretøjer har bidraget til reduceret luftforurening fra vejtrafikken i europæiske byer (192). Elektrificering af køretøjer har medvirket til en reduktion af partikelforurening fra vejtrafik i Danmark, men ikke helt fjernet den, da el-køretøjer stadig bidrager til skadelige partikler fra dæk, bremses og slid på asfalt (3). Danmark kan skærpe kravene til bilers levetid, elbil-batteriers holdbarhed og begrænse udledninger fra dækslid og bremsestøv. Beregninger fra fx USA har konkluderet, at elektrificering af alle køretøjer kan reducere luftforurening signifikant og dermed sænke antallet af for tidlige dødsfald (193).

Klimarådet har anbefalet et stop for salg af fossile biler (194). I transportaftalen fra december 2020 blev det aftalt, at den daværende regering skulle arbejde for at muliggøre et stop for salg af nye benzin- og dieselsbiler i 2030 i EU. Siden da har EU sat en slutdato for salg af fossile biler, så alle biler i nysalg senest i 2035 skal være CO₂-neutrale (195). I EU er det vedtaget, at køretøjer med forbrændingsmotor skal udfases fra de europæiske veje inden 2050. Danmark har forpligtet sig til internationale aftaler om 1) luftforureningskrav for biler, busser og øvrige køretøjer og 2) fælles europæiske standarder, de såkaldte euronormer (150), som sætter

grænser for, hvor meget nye biler må forurene. Der kan stilles krav ved offentlige udbud på statsligt og kommunalt niveau om levering og transport med el-køretøjer.

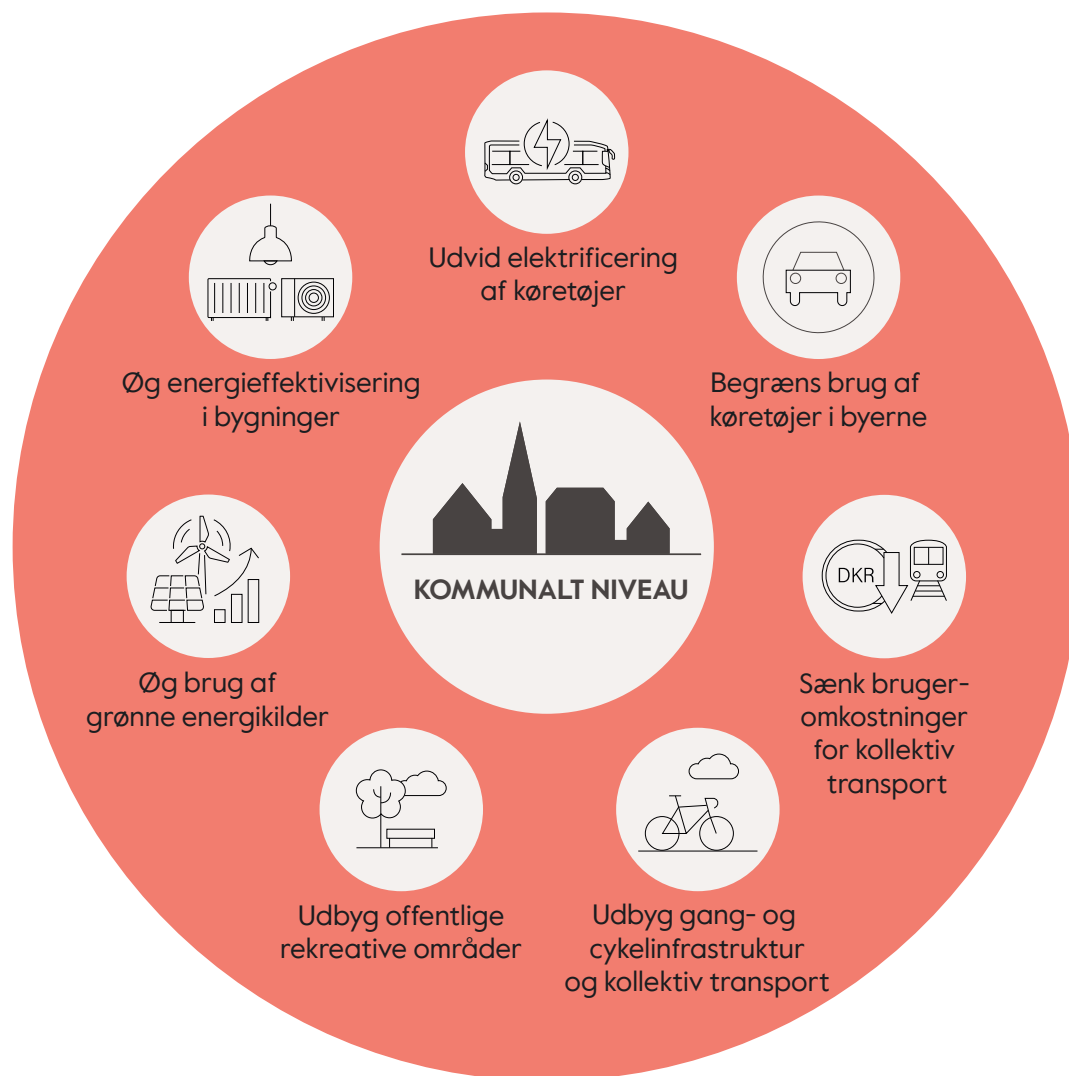
4.4 Strukturelle tiltag på kommunalt niveau

I Danmark har kommunerne en række handlemuligheder for at reducere luftforureningen. Tiltagene relateres til dansk praksis på området. Endvidere beskrives den dokumenterede udvikling og effekter, der kan understøtte effekten af tiltagene. Tiltagene er som nævnt i indledningen til dette kapitel inspireret af en række virkemiddelkataloger udgivet af DCE. Nogle af tiltagene kan også besluttes på statsligt niveau.

På kommunalt niveau peger arbejdsgruppen på syv forebyggelsestiltag målrettet luftforurening: 1) begræns brug af køretøjer i byerne, fx gennem miljøzoner, trængselsafgifter eller vejafgifter, 2) sænk brugeromkostninger for kollektiv transport for at mindske antallet af biler på vejene, dette gerne i kombination med vejafgifter eller dyrere parkeringspladser, 3) udbyg gang- og cykelinfrastruktur og kollektiv transport og 4) udbyg offentlige rekreative områder, fordi beplantning begrænser luftens passage, og fordi indførelsen af rekreative områder samtidig betyder, at der ikke kører biler der, 5) øg brug af grønne energikilder som sol, vind, vandkraft og jordvarme, 6) øg energieffektivisering i bygninger, så forurening fra energiproduktion nedbringes, 7) udvid elektrificering af køretøjer, som erstatning for benzin- og dieselskøretøjer. Tiltagene præsenteres i **Figur 10**.

Figur 10

Centrale, strukturelle forebyggelsestiltag målrettet luftforurening på kommunalt niveau.



4.4.1 Begræns brug af køretøjer i byerne



Vejtrafik, dvs. udstødning og slid på vej, dæk og bremses, er en væsentlig kilde til luftforurening i byområder.

Dansk praksis:

Vejtrafik er en væsentlig kilde til luftforurening i byområder. De mest brugte strukturelle tiltag, der begrænser forurenende private køretøjer i byer, er miljøzoner (på engelsk: Low Emission Zone (LEZ)) og trængselsafgiftszoner (på engelsk: Congestion Charge Zone (CCZ)) (196). Et andet strukturelt tiltag, der begrænser forurenende lastbiler, er vejafgifter (på engelsk: Road pricing).

En miljøzone er et område, hvor der er restriktioner i form af fx forbud eller afgifter for køretøjer med høje udledninger af forurenende stoffer. I Europa er miljøzoner udbredt til mere end 300 byer. Flere danske byer har miljøzoner, og de findes også i byer i Tyskland, Italien, Storbritannien, Frankrig, Belgien og Holland, mens de endnu ikke er ret udbredte i mange østeuropæiske lande (196). København, Frederiksberg, Odense, Aarhus og Aalborg har fx indført miljøzoner for at mindske partikelforureningen og dermed sikre renere luft (197). I disse miljøzoner skal dieseldrevne lastbiler, busser, varebiler og personbiler overholde særlige emissionskrav. Folketinget vedtog en lov, som pr. 1. januar 2025 gav alle landets kommuner mulighed for at indføre nul-emissionszoner, hvor fossile biler er forbudte, dvs. at kun elbiler og andre fossilfrie kørekøjer må køre i bestemte områder (198).

Trængselsafgiftszoner er byområder, som bilister skal betale en afgift for at køre ind i eller gennem i bestemte tidsrum. Afgiften tilskynder brug af kollektiv transport, cykling eller gang og hjælper med at finansiere forbedringer af transportinfrastrukturen (199).

En betalingsring er en form for trængselsafgift, hvor man betaler en afgift for at køre ind i et bestemt område, fx centrum af en storby. Det kan være en vej, som ligger som en ring rundt om byen eller en bydel. I Danmark er der ikke implementeret betalingsringe i større byer. Københavns Kommune har tidligere foreslået indførelsen af en betalingsring, men planerne blev ikke realiseret (200).

Fra 2025 blev der i Danmark indført en ny vejafgift for lastbiler. Vejafgiften betød, at lastbiler med en totalvægt på 12 ton og derover skal betale en kilometerbaseret og CO₂-differentieret afgift. Afgiften gælder for kørsel på størstedelen af statsvejnettet og dele af det kommunale vejnet (i alt cirka 10.900 km). Det er regeringens intention, at hele det offentlige danske vejnet skal være omfattet af denne vejafgift fra 1. januar 2028 (cirka 75.000 km). Det er desuden regeringens intention, at vejafgiften fra 1. januar 2027 ligeledes skal gælde for lastbiler på 3,5 ton og derover (201).

Ny lovgivning er nødvendig, hvis kommuner uden miljøzoner skal kunne indføre sådanne, og ligeledes hvis de skal have mulighed for at indføre trængsels- eller vejafgifter.

Dokumenteret udvikling og effekter:

I Danmark er der foretaget systematiske vurderinger af effekten af de forskellige miljøzonereguleringer på udledninger, luftkvalitet og for de seneste tiltag også på helbredseffekter. Miljøzonereguleringen blev påbegyndt med regulering af tunge dieselskøretøjer i 2008-2010. Senere blev regulering af dieselvarebiler tilføjet i 2020-2022, og senest kom regulering af dieselpersonbiler til i 2023 (202). Miljøzonekravene har medført en reduktion af emissionen, en forbedring af luftkvaliteten og en reduktion i sundhedskonsekvenser og tilhørende samfundsmæssige omkostninger (202). Effekten heraf har imidlertid været relativt begrænset sammenlignet med den store betydning, som skærpelsen af de europæiske euronormer (150) og den løbende udskiftning af bilparken har haft. Euronormerne fastsætter grænser for, hvor meget nye biler må forurene.

En systematisk forskningsoversigt med 16 evalueringsstudier fra Tyskland, Storbritannien, Italien og Japan undersøgte sammenhængen mellem indførelse af miljøzoner, niveauet af luftforurening og negative sundhedskonsekvenser (203). Forskningsoversigten konkluderede bl.a., at miljøzoner reducerede mængden af luftforurenende stoffer. Forskningsoversigten konkluderede også, at miljøzoner kan reducere forekomsten af luftforureningsrelaterede sundhedskonsekvenser, og at der er mest konsistent effekt på hjerte-kar-sygdomme (203).

Stockholm har haft en trængselsafgiftszone siden 2016, således at bilister betaler en afgift for at køre ind i eller gennem zonen i bestemte tidsrum. Formålet er at reducere trafikmængden, reducere antallet af trafikpropper og forbedre luftkvaliteten. To longitudinelle kohortestudier fra Sverige fandt en forbedring i luftkvaliteten, hvor den generelle udvikling bidrog til, at koncentrationen af fine partikler ($PM_{2.5}$) faldt fra ca. 8 til 5 $\mu g/m^3$ i Stockholm i perioden fra 2002 til 2019. I det ene kohortestudie deltog 1.509 børn, som blev fulgt fra 8-årsalderen, til de blev 24 år. Dette studie fandt en forbedret lungefunktion hos børn, som var associeret med den forbedrede luftkvalitet (204). I det andet kohortestudie blev 2.371 børn også fulgt fra de var 8 år, til de blev 24 år, og det viste, at den forbedrede luftkvalitet var associeret med en lavere risiko for astma blandt børn (205).

Et studie der bygger på naturlige eksperimenter undersøgte effekten af trængselsafgifter i Stockholm ved at sammenligne udviklingen i luftkvalitet og børns hospitalsbesøg med 102 andre svenske byer uden tilsvarende tiltag. Resultaterne viste et fald i luftforureningen, hvor koncentrationen af NO_2 blev reduceret med 18,7 % og koncentrationen af grove partikler (PM_{10}) med 13,7 %. Samtidig blev hyppigheden af akutte astmaanfald blandt børn halveret. Den største effekt blev observeret blandt spædbørn under seks måneder. Dette tyder på, at luftforurening ikke blot udløser astmaanfald, men også kan spille en rolle i selve udviklingen af sygdommen (206).

London har også indført en trængselsafgiftszone, hvor kun køretøjer, der opfylder høje emissionsstandarder, må køre. Det har reduceret koncentrationen af luftforurening betydeligt. Trængselszonen blev indført i London i 2008, og i 2019 blev der yderligere indført en såkaldt ultra-low emission zone. Zonerne gælder alle Londons bydele, og er dermed de største rene luftzoner i verden (207). En evaluering af tiltagene fandt en reduktion i koncentrationen af luftforurenende stoffer, dog ikke for kvælstofdioxid (NO_2) (208). Det skyldes, at ikke alle dieselkøretøjer var medtaget. Evalueringen viste også et fald på 8 % i antal tilfælde af astma og bronkitis hos børn og voksne, et fald i sygefravær på 15 % og et fald på 6 % i angsttilfælde sammenlignet med udgangspunktet. En evaluering vurderede også, at praktiserende læger udskrev færre recepter mod lungeinfektioner (209).

Et studie der bygger på naturlige eksperimenter har ligeledes undersøgt effekterne af indførelsen af Londons trængselsafgiftszone og ultra-low emission zone. Resultaterne viste bl.a., at indførelsen af trængselsafgiftszonen i 2008 reducerede langvarige sygdomstilstande med 6,8 % og forekomsten af luftvejsproblemer med 10,2 %, mens indførelsen af en ultra-low emission zone førte til et fald i sygefraværet med 18,5 %, hvilket indikerer en øget arbejdsproduktivitet. En økonomisk analyse estimerede endvidere, at dette havde sparet samfundet for over £ 37 millioner årligt (210).

Barcelona har indført et såkaldt superblokområde (211), som består af et område, hvor vejtrafikken er forbudt eller begrænset, og hastigheden er reduceret for at give plads til fodgængere, cyklister og kollektiv transport, og for at reducere støj og luftforurening. Offentlige rum inden for superblokken er her omdannet til grønne områder, legepladser, sportsfaciliteter og kulturelle rum. En evaluering af superblokmodellen i Barcelona fandt forbedringer i luftkvalitet, herunder et fald i koncentrationen af kvælstofdioxid (NO_2) på 25 %, et reduceret støjniveau på 5 %, 667 færre for tidlige dødsfald årligt samt en stigning i niveauet af fysisk aktivitet (212).

I dansk kontekst er effekten af forskellige vejtakstsystemer på bilisters adfærd blevet undersøgt i 2001-2003 i et studie, hvor 500 bilister blev udstyret med GPS-enheder i deres biler og observeret i en kontrolperiode uden vejtakster og derefter under forskellige takstsystemer over 8-12 uger (213). Studiet viste, at økonomiske virkemidler som vejafgifter kan føre til skift fra bil til andre transportformer som kollektiv transport, cykling og gang. Tilsvarende tiltag er gennemført i udlandet jævnfør fx Londons trængselsafgift med samme konklusion (214). Forskningen viser, at miljøzoner, højere afgifter på vejtrafik og økonomiske incitamenter som lavere billetpriser i den kollektive transport kan bidrage til at nedbringe lokale udledninger af luftforurening. Effekten forstærkes, når sådanne tiltag ledsages af udbygning af infrastruktur, der understøtter alternative transportformer.

4.4.2 Sænk brugeromkostninger for kollektiv transport



Vejtrafik dvs. udstødning og slid på vej, dæk og bremses, er en væsentlig kilde til luftforurening i byområder.

Dansk praksis:

Prisniveauet for anvendelse af kollektiv transport er løbende på dagsordenen i kommunerne, og nogle kommuner, fx Fredericia og Holstebro, har besluttet, at de vil afprøve gratis busser fra 2025 (215,216). Et bredt flertal i Folketinget indgik i 2021 en aftale om Infrastrukturplan 2035 med fokus på fornyelse og vedligeholdelse på transportområdet, men brugeromkostninger for kollektiv transport er kun i ganske begrænset omfang omfattet af denne plan (217).

Dokumenteret udvikling og effekter:

En systematisk forskningsoversigt med 17 studier fra hhv. USA, Storbritannien, Australien, Belgien, Canada, Spanien og Portugal har vist, at billigere eller gratis kollektiv transport i kombination med fx vejafgifter og/eller få og dyre parkeringspladser for bilisterne kan øge anvendelsen af kollektiv transport og dermed indirekte fremme cykling og gang i forbindelse med transport (218). Derfor vil billig eller gratis kollektiv transport i kombination med andre tiltag også kunne bidrage til at reducere niveauet af luftforurening.

4.4.3 Udbyg gang- og cykelinfrastruktur og kollektiv transport



Vejtrafik, dvs. udstødning og slid på vej, dæk og bremses, er en væsentlig kilde til luftforurening i byområder.

Dansk praksis:

Danmark har en lang og stærk tradition for cykling og cykelinfrastruktur, hvilket spiller en væsentlig rolle i at fremme aktiv transport. I Danmark er det som udgangspunkt kommunerne, der har ansvaret for og dermed også afholder omkostningerne til etablering og vedligeholdelse af cykelstier, selvom staten også kan bidrage med finansiering, fx via Cykelpuljen og Aftale om infrastrukturplan 2035 (217). På nationalt niveau er de nuværende årlige investeringer i cykelinfrastruktur væsentligt lavere pr. indbygger i Danmark end i lande som Holland, Belgien, Norge og Storbritannien (219), og Danmark har ikke en opdateret national cykelstrategi. I Infrastrukturplan 2035 er der dog afsat 3 mia. kr. til cykelinfrastruktur over en periode på 14 år, og investeringerne skal baseres på en ny cykelstrategi, som er under udvikling (220). I aftalen indgår også en styrket kollektiv transport, særligt ift. jernbaneinfrastrukturen, så togtrafikken styrkes.

Dokumenteret udvikling og effekter:

I adskillige både danske og nordiske undersøgelser er cykling som transportmiddel sammenlignet med passiv transport blevet associeret med en lavere risiko for

udvikling af risikofaktorer såsom prædiabetes og forhøjet blodtryk samt sygdomme som type 2-diabetes og hjerte-kar-sygdomme og for tidlig død (221–225). En forskningsoversigt med 39 studier har vist, at jo bedre tilpassede gader og vejnettet er til cykling, herunder gennem nem adgang til cykelstier, desto større er sandsynligheden for, at man benytter cyklen som transportform (226). Det meste af denne forskning er dog baseret på tværsnitsstudier, og en del af sammenhængen kan også skyldes forskelle i socioøkonomi, samt at folk, der kan lide at cykle, vælger at bo, hvor der er gode cykelforhold. Forskning fra Danmark viser, at cykling på vejbanen og på dårligt vedligeholdte cykelstier øger risikoen for alvorlige skader (227). Derudover har man i tværsnitsstudier fremhævet, at trafiksikkerheden har en væsentlig indflydelse på folks villighed til at cykle og på forældres villighed til at lade deres børn cykle; en følelse af sikkerhed øger sandsynligheden for at vælge cyklen som transportmiddel (228,229). Forbedring af cykelinfrastrukturen, som samtidig øger den generelle trafiksikkerhed, udgør derfor et centralt strukturelt tiltag til reduktion af luftforurening, hvilket understøttes af forskningen.

Kommunerne har ansvar for gang- og cykelinfrastruktur i deres geografiske område og kan med fordel arbejde for at styrke den. De kan fx fokusere på etablering af flere cykelstier og på, hvordan man kan komme trygt og sikkert til børnehave, skole eller fritidsaktiviteter. Dette kan med fordel kombineres med tiltag som bilfrizoner omkring fx skoler samt adgang til grønne områder. Øget aktiv transport kan potentielt mindske vejtrafikken. Samtidig har det også andre positive afledte effekter, herunder at flere opholder sig udendørs.

4.4.4

Udbyg offentlige rekreative områder



Rekreative områder som parker, grønne områder, strande og skove forbedrer luftkvaliteten.

Dansk praksis:

I Danmark er der tradition for at integrere naturen i bymiljøer og gøre parker samt rekreative faciliteter og legepladser offentligt tilgængelige. En udbygning af de offentlige rekreative områder i byerne samt adgangen til dem besluttet oftest i kommunen.

Dokumenteret udvikling og effekter:

En rapport fra DCE konkluderede, at beplantning omkring gademiljøet kan have gavnlige effekt på luftkvaliteten, hvis det er i form af lave hegn i lukkede gaderum, mens bred og høj beplantning med lav porøsitet er bedst i åbne omgivelser, dvs. tæt beplantning, fx med mange blade og grene, der begrænser luftens passage (128).

En forskningsoversigt med 11 studier konkluderede, at grønne områder forbedrer luftens kvalitet (230). Derudover viser anden forskning, at adgang til offentlige og grønne områder kan skabe muligheder for fysisk aktivitet (13,231). Eksempelvis viste

en systematisk forskningsoversigt baseret på 12 studier af interventioner, der skulle fremme fysisk aktivitet i offentlige grønne områder, at en kombination af strukturelle tiltag – fysiske forbedringer af aktivitetsmuligheder og organiserede aktiviteter – kan have en positiv effekt på det fysiske aktivitetsniveau (232). En udbygning af offentlige rekreative områder har således positiv effekt på både luftkvaliteten og det fysiske aktivitetsniveau. Derudover kan rekreative områder samtidig betyde, at der ikke kører biler i området.

En række byer i Frankrig, USA, Tyskland, Columbia, Australien og Italien har afprøvet et byplanlægningskoncept, der omtales som "15 minutters-byen". Konceptet går ud på, at alle borgere har adgang til hverdagens essentielle funktioner inden for 15 minutter enten til fods eller på cykel fra deres bopæl. Dette kan bl.a. opnås ved at ændre bystrukturen, så der etableres mindre kvarterer og bymidter, der bringer funktionerne tættere på borgerne, samtidig med at infrastrukturen til cykling og gang prioriteres for at fremme aktiv, grøn mobilitet. Det kan herigennem blive muligt og attraktivt at få adgang til byens funktioner uden brug af bil (169,170). Konceptet sigter mod at håndtere flere af de globale udfordringer på tværs af sektorer og herunder at fremme af den generelle folkesundhed, fremme fysisk aktivitet og kollektiv transport og reducere luftforurening. En udbygning af de offentlige rekreative områder samt styrkelse af adgangen til dem besluttet oftest i kommunen og i enkelte tilfælde på statsligt niveau.

4.4.5 Øg brug af grønne energikilder



Dette tiltag er relevant både på statsligt og kommunalt niveau. Tiltaget er beskrevet i afsnit 4.3.2 under strukturelle tiltag på statsligt niveau.

4.4.6 Øg energieffektivisering i bygninger



Dette tiltag er relevant både på statsligt og kommunalt niveau. Tiltaget er beskrevet i afsnit 4.3.3 under strukturelle tiltag på statsligt niveau.

4.4.7 Udvid elektrificering af køretøjer



Dette tiltag er relevant både på statsligt og kommunalt niveau. Tiltaget er beskrevet i afsnit 4.3.6 under strukturelle tiltag på statsligt niveau.

5

Forskningsperspektiver

Denne rapport konkluderer, at stort set hele den danske befolkning er udsat for luftforurening, og at der er stærk evidens for, at eksponering er forbundet med en lang række sundhedskonsekvenser. De primære kilder til luftforurening samt luftens og befolkningens sammensætning ændrer sig dog over tid. Der er derfor fortsat behov for ny og aktuel viden om luftforureningens skadelige konsekvenser for sundheden og forskellige forureningskilders bidrag til luftforurening for at kunne informere om og reducere luftforurening.

Der er behov for flere studier om mulige sammenhænge mellem luftforurening og sundhedskonsekvenser. Fx konkluderer denne rapport, at der er mangelfuld evidens for luftforureningens betydning for hjernen og det mentale helbred, andre kræfttyper end lungekræft, fertilitet, graviditet og spædbørn. For de sygdomme, hvor man allerede har etableret en negativ sammenhæng med luftforurening, vil det være muligt at estimere, i hvilken grad en reduktion af luftforureningen kan forebygge disse sundhedskonsekvenser. Herunder er det muligt at sætte tal på, i hvor høj grad en reduktion af luftforurening kan nedbringe tabte leveår, år med sygdom, indlæggelser, sundhedsudgifter og tabte arbejdsdage.

Desuden er der behov at undersøge, hvordan luftforurening påvirker prognosen og livskvaliteten hos personer med lungesygdomme, hjerte-kar-sygdomme, type 2-diabetes, kræft samt neurologiske og psykiske lidelser.

Selvom der er evidens for en række forskellige strukturelle tiltag til reduktion af eksponering for luftforurening, mangler der fortsat viden om tiltagenes effekt på nogle områder. Forskningen anvender fx i stigende grad studier der bygger på naturlige eksperimenter, der gennemføres i forbindelse med strukturelle ændringer som modeller til at forstå sammenhængen mellem ændringer i forureningsgraden og risikoen for sygdomsudvikling. Det er dog ofte svært at adskille effekter, der skyldes den generelle udvikling fra de effekter, der skyldes specifikke strukturelle ændringer, da de to typer ændringer forekommer samtidigt. Der er derfor fortsat behov for metodeudvikling, der kan understøtte systematisk vidensopsamling om betydningen af både eksisterende og nye strukturelle tiltag til forebyggelse af luftforurening. Et andet forskningsdesign, som kan være nyttigt, er det såkaldte stepped wedge-design, som er en gradvis introduktion af et givet strukturelt tiltag, i kombination med robust evaluering gennem sammenligning med kontrolgrupper. Metoden udnytter den variation, der opstår, når et strukturelt tiltag indføres gradvist i forskellige områder af landet eller på forskellige institutioner, således at sammenlignelige områder eller institutioner, fx en skole eller børnehave, kan fungere som kontrol i en periode. Et eksempel kunne være gradvis udrulning af et forbud mod brændefyring i landets kommuner over en periode. Hvis forbuddet mod brændefyring udrulles gradvist, kan man sammenligne effekten i de forskellige kommuner. Man kan således kunne sammenligne eksponering af luftforurening i hhv. kommuner med og uden et forbud mod brændefyring. Et centralt aspekt af stepped wedge-designet er, at rækkefølgen, i hvilken områderne implementerer det strukturelle tiltag, bør være randomiseret for at minimere skævvridning af data (bias).

Hvis der fremover skal skabes mere evidens for effekten af strukturelle forebyggelsestiltag målrettet reduktion af luftforurening, er der også behov for, at kommuner og stat mere systematisk opsamler viden om strukturelle tiltag. Danmark har en unik mulighed som følge af de eksisterende registre og monitoreringsprogrammer, men der er behov for systematisk dataindsamling og kompetenceopbygning. Danmark er et af de lande, der registrerer data om befolkningen og miljøet mest detaljeret. Realtidsdata kan allerede tilgås

af offentligheden fra målestationer under Danmarks Nationale Center for Miljø og Energi ved Aarhus Universitet (DCE) og København Kommunes målestationer. Desuden har København allerede opsat målestationer i byen, og udviklet appen "Byens Luft", der leverer prognoser til borgerne på baggrund af et luftkvalitetsindeks. Denne unikke datainfrastruktur kan med fordel udbygges og udnyttes i endnu større omfang til at opnå viden om strukturelle forebyggelsestiltags betydning for befolkningens sundhed og trivsel. Sådanne forskning gennemføres dog ikke systematisk i takt med, at statslige eller kommunale tiltag iværksættes. Der er derfor behov for, at forskningen i højere grad belyser de sundhedskonsekvenser af de mange strukturelle tiltag, der allerede finder sted. Det kan eksempelvis gøres ved at sammenligne kommuner før og efter indførelsen af strukturelle tiltag, eller ved at sammenligne kommuner, der ikke har indført strukturelle tiltag med andre, som har. Der er endvidere behov for finansiering til disse forskningstyper og til kommunale og statslige tiltag. Således bør data fra luftkvalitetsmålestationer og luftforureningsmodeller kombineret med forskning om sundhedskonsekvenser og interventionsscenarier anvendes til at udvikle og justere politikker til forbedring af luftkvaliteten og folkesundheden.

Endelig mangler der viden om strukturelle tiltags omkostningseffektivitet samt deres virkning ift. at reducere social ulighed i sundhed både i nationalt og kommunalt regi. For at kunne vurdere omkostningseffektiviteten er der behov for mere forskning i synergieffekterne af strukturelle tiltag, der gavner både sundhed, klima og miljø. Derudover er det vigtigt at forske yderligere i strukturelle tiltag, der reducerer både udendørs- og indendørsforurening, fx forbud mod brændeovne.

6

Litteratur

1. Hertel O, Ellermann T, Nielsen OK, Jensen SS, Plejdrup MS, Christensen JH, et al. CLEAN AIR IN DENMARK DEDICATED EFFORTS SINCE 1970 - CHALLENGES, SOLUTIONS AND RESULT. 2nd ed. Aarhus University, DCE - Danish Centre for Environment and Energy – in cooperation with the Danish Ministry of Environment's Environmental Protection Agency & State of Green; 2021.
2. WHO. WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM 2.5 and PM 10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva; 2021. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK574594/>
3. Nordstrøm C, Ellermann T, Brandt J, Christensen J, Ketzel M, Massling A, et al. Luftkvalitet 2023 - NOVANA – Status for den nationale luftkvalitetsovervågning i Danmark. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. Nr. 627. Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet; 2024. https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige_rapporter_600-699/SR627.pdf
4. Orellano P, Kasdagli MI, Pérez Velasco R, Samoli E. Long-Term Exposure to Particulate Matter and Mortality: An Update of the WHO Global Air Quality Guidelines Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Public Health*. 2024;69. <https://doi.org/10.3389/ijph.2024.1607683>
5. Kasdagli MI, Orellano P, Pérez Velasco R, Samoli E. Long-Term Exposure to Nitrogen Dioxide and Ozone and Mortality: Update of the WHO Air Quality Guidelines Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Public Health*. 2024;69. <https://doi.org/10.3389/ijph.2024.1607676>
6. Pedersen M, Jovanovic Andersen Z, Sørensen M, Raaschou-Nielsen O, Loft S. Sundhedskonsekvenserne af luftforurening finder sted også ved helt lave koncentrationer og derfor har WHO sænket deres nye retningslinjer for udendørs luftkvalitet. *Miljø og Sundh*. 2023 [cited 2025 May 16];29. årgang(nr. 1):13–27. <https://www.sst.dk/-/media/Udgivelser/2023/Miljoe-og-sundhed/miljoe-og-sundhed-maj-2023.ashx>
7. Pedersen M, Stayner L, Slama R, Sørensen M, Figueras F, Nieuwenhuijsen MJ, et al. Ambient air pollution and pregnancy-induced hypertensive disorders: a systematic review and meta-analysis. *Hypertension*. 2014;64(3):494–500. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.114.03545>
8. European Environment Agency. Unequal exposure and unequal impacts: social vulnerability to air pollution, noise and extreme temperatures in Europe. Luxembourg; 2018. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/unequal-exposure-and-unequal-impacts>

9. Neira M, Fones G. World Health Organization. 2025 [cited 2025 Sep 12]. Air pollution: tackling a critical driver of the global NCD crisis. <https://www.who.int/news-room/commentaries/detail/air-pollution--tackling-a-critical-driver-of-the-global-ncd-crisis?com>
10. Westergaard N, Gehring U, Slama R, Pedersen M. Ambient air pollution and low birth weight - are some women more vulnerable than others? *Environ Int.* 2017;104:146–54. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.03.026>
11. Pedersen M, Olsen SF, Halldorsson TI, Zhang C, Hjortebjerg D, Ketzel M, et al. Gestational diabetes mellitus and exposure to ambient air pollution and road traffic noise: A cohort study. *Environ Int.* 2017 Nov;108:253–60. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.09.003>
12. European Environment Agency. Air pollution and children's health. 2023 [cited 2024 Aug 5]. <https://www.eea.europa.eu/publications/air-pollution-and-childrens-health>
13. Rod NH, Bast LS, Diderichsen F, Grøntved A, Gyrd-Hansen D, Pisinger C, et al. Strukturel forebyggelse - med fokus på kost, tobak og nikotin, alkohol og fysisk aktivitet. Vidensråd for Forebyggelse. København.; 2024.
14. Adams J, Mytton O, White M, Monsivais P. Why Are Some Population Interventions for Diet and Obesity More Equitable and Effective Than Others? The Role of Individual Agency. *PLOS Med.* 2016;13(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001990>
15. The Royal Society. Evidence synthesis for policy - A STATEMENT OF PRINCIPLES. 2018. <https://ingsa.org/resources/royal-soc2018/>
16. Miljø- og Ligestillingsministeriet. Overvågning af luftforurening. [cited 2025 Apr 9]. <https://mst.dk/borger/affald-og-forurening/luftforurening/overvaagning-af-luft-forurening>
17. European Environment Agency. Air quality statistics. 2025 [cited 2025 Jun 16]. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/maps-and-charts/air-quality-statistics-dashboards>
18. Den Europæiske Unions Tidende. Europa-Parlamentets og Rådets direktiv (EU) 2024/2881 af 23. oktober 2024 om luftkvaliteten og renere luft i Europa (om-arbejdning). 2024. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/?uri=CELEX:32024L2881>
19. Ellermann T, Nordstrøm C, Brandt J, Christensen J, Ketzel M, Massling A, et al. LUFT-KVALITET 2020. Status for den nationale luftkvalitetsovervågning i Danmark. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab.; 2022. <https://dce2.au.dk/pub/SR467.pdf>

20. Ellermann T, Jensen SS. VURDERING AF MULIGHED FOR FREMRYKNING AF OVERHOLDELSE AF WHO'S RETNINGSLINJER FOR LUFTKVALITET. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab; 2024. https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige_rapporter_600-699/SR620.pdf
21. WHO. Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project. Recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. WHO Regional Office for Europe; 2013. [https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/153692/Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project%2C Recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter%2C ozone and nitrogen dioxide.pdf?sequence=](https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/153692/Health%20risks%20of%20air%20pollution%20in%20Europe%20-%20HRAPIE%20project%20Recommendations%20for%20concentration-response%20functions%20for%20cost-benefit%20analysis%20of%20particulate%20matter%20and%20ozone%20and%20nitrogen%20dioxide.pdf?sequence=1)
22. HEI. State of Global Air Report 2024. Health Effects Institute. Boston, MA: Health Effects Institute.; 2024. <https://www.stateofglobalair.org/resources/report/state-global-air-report-2024>
23. WHO. Estimating the morbidity from air pollution and its economic costs (EMAPEC). <https://www.who.int/activities/estimating-the-morbidity-from-air-pollution-and-its-economic-costs>
24. Forastiere F, Spadaro J V., Ancona C, Jovanovic Andersen Z, Cozzi I, Gumy S, et al. Choices of morbidity outcomes and concentration–response functions for health risk assessment of long-term exposure to air pollution. *Environ Epidemiol.* 2024;8(4):314. <https://doi.org/10.1097/EE9.0000000000000314>
25. HEI. State of Global Air 2019. Boston, MA: Health Effects Institute.; 2019. <https://www.stateofglobalair.org/resources/archived/state-global-air-2019-report>
26. Schramm S, Bramming M, Davidsen M, Rosendahl Jensen HA, Tolstrup J. Sygdomsbyrden i Danmark – risikofaktorer. Statens Institut for Folkesundhed, Syddansk Universitet. København; Sundhedsstyrelsen.; 2022.
27. Hvidtfeldt UA, Sørensen M, Geels C, Ketzel M, Khan J, Tjønneland A, et al. Long-term residential exposure to PM_{2.5}, PM₁₀, black carbon, NO₂, and ozone and mortality in a Danish cohort. *Environ Int.* 2019;123:265–272. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.12.010>
28. So R, Jørgensen JT, Lim YH, Mehta AJ, Amini H, Mortensen LH, et al. Long-term exposure to low levels of air pollution and mortality adjusting for road traffic noise: A Danish Nurse Cohort study. *Environ Int.* 2020 Oct;143:105983. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105983>

29. Raaschou-Nielsen O, Thorsteinson E, Antonsen S, Holst GJ, Sigsgaard T, Geels C, et al. Long-term exposure to air pollution and mortality in the Danish population a nationwide study. *EClinicalMedicine*. 2020 Nov;28:100605. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2020.100605>
30. So R, Andersen ZJ, Chen J, Stafoggia M, de Hoogh K, Katsouyanni K, et al. Long-term exposure to air pollution and mortality in a Danish nationwide administrative cohort study: Beyond mortality from cardiopulmonary disease and lung cancer. *Environ Int*. 2022 Jun;164:107241. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107241>
31. Institut for Miljøvidenskab. EVA. [cited 2025 Jun 17]. <https://envs.au.dk/om-instituttet-1/faglige-omraader/luftforurening-udledninger-og-effekter/overvaagnings-programmet/luftforureningsmodeller/eva>
32. HEI. Systematic Review and Meta-Analysis of Selected Health Effects of Long-Term Exposure to Traffic-Related Air Pollution. Special Report 23.. Health Effects Institute. Boston, MA: Health Effects Institute.; 2022. https://www.healtheffects.org/system/files/hei-special-report-23_6.pdf
33. Bergmann M, Andersen ZJ, Massling A, Loft S, Cole-Hunter T, Nordstrøm C, et al. Short-term exposure to ultrafine particles and asthma hospital admissions in children in Copenhagen, Denmark. *Thorax*. 2025;222465.
34. Andersen ZJ, Loft S, Ketzel M, Stage M, Scheike T, Hermansen MN, et al. Ambient air pollution triggers wheezing symptoms in infants. *Thorax*. 2008 Aug 1;63(8):710–6. <https://doi.org/10.1136/thx.2007.085480>
35. Pedersen M, Liu S, Andersen ZJ, Nybo Andersen AM, Brandt J, Budtz-Jørgensen E, et al. Birth Cohort Studies of Long-Term Exposure to Ambient Air Pollution in Early Life and Development of Asthma in Children and Adolescents from Denmark. Research report (Health Effects Institute); 2024.
36. Pedersen M, Liu S, Zhang J, Jovanovic Andersen Z, Brandt J, Budtz-Jørgensen E, et al. Early-Life Exposure to Ambient Air Pollution from Multiple Sources and Asthma Incidence in Children: A Nationwide Birth Cohort Study from Denmark. *Environ Health Perspect*. 2023 May;131(5). <https://doi.org/10.1289/EHP11539>
37. Holst GJ, Pedersen CB, Thygesen M, Brandt J, Geels C, Bønløkke JH, et al. Air pollution and family related determinants of asthma onset and persistent wheezing in children: nationwide case-control study. *BMJ*. 2020 Aug 19;m2791. <https://doi.org/10.1136/bmj.m2791>

38. Lee S, Tian D, He R, Cragg JJ, Carlsten C, Giang A, et al. Ambient air pollution exposure and adult asthma incidence: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Planet Heal*. 2024;8(12):1065–78. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(24\)00279-1](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(24)00279-1)
39. Ni R, Su H, Burnett RT, Guo Y, Cheng Y. Long-term exposure to PM_{2.5} has significant adverse effects on childhood and adult asthma: A global meta-analysis and health impact assessment. *One Earth*. 2024;7(11):1953–69. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2024.09.022>
40. Liu S, Jørgensen JT, Ljungman P, Pershagen G, Bellander T, Leander K, et al. Long-term exposure to low-level air pollution and incidence of asthma: the ELAPSE project. *Eur Respir J*. 2021 Jun 4;57(6):2003099. <https://doi.org/10.1183/13993003.03099-2020>
41. Andersen ZJ, Bønnelykke K, Hvidberg M, Jensen SS, Ketzel M, Loft S, et al. Long-term exposure to air pollution and asthma hospitalisations in older adults: a cohort study. *Thorax*. 2012 Jan;67(1):6–11. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2011-200711>
42. Liu S, Lim YH, Pedersen M, Jørgensen JT, Amini H, Cole-Hunter T, et al. Long-term exposure to ambient air pollution and road traffic noise and asthma incidence in adults: The Danish Nurse cohort. *Environ Int*. 2021 Jul;152:106464. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106464>
43. Nhung NTT, Amini H, Schindler C, Kutlar Joss M, Dien TM, Probst-Hensch N, et al. Short-term association between ambient air pollution and pneumonia in children: A systematic review and meta-analysis of time-series and case-crossover studies. *Environ Pollut*. 2017 Nov;230:1000–8. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.07.063>
44. Andersen ZJ, Hvidberg M, Jensen SS, Ketzel M, Loft S, Sørensen M, et al. Chronic Obstructive Pulmonary Disease and Long-Term Exposure to Traffic-related Air Pollution. *Am J Respir Crit Care Med*. 2011 Feb 15;183(4):455–61. <https://doi.org/10.1164/rccm.201006-0937OC>
45. Liu S, Lim YH, Pedersen M, Jørgensen JT, Amini H, Cole-Hunter T, et al. Long-term air pollution and road traffic noise exposure and COPD: the Danish Nurse Cohort. *Eur Respir J*. 2021 Dec;58(6):2004594. <https://doi.org/10.1183/13993003.04594-2020>
46. Liu S, Jørgensen JT, Ljungman P, Pershagen G, Bellander T, Leander K, et al. Long-term exposure to low-level air pollution and incidence of chronic obstructive pulmonary disease: The ELAPSE project. *Environ Int*. 2021 Jan;146:106267. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106267>

47. Park J, Kim HJ, Lee CH, Lee CH, Lee HW. Impact of long-term exposure to ambient air pollution on the incidence of chronic obstructive pulmonary disease: A systematic review and meta-analysis. *Environ Res*. 2021;194(110703). <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110703>
48. Jørgensen JT, Andersen ZJ, Møller P, Loft S. Luftforurening og hjerte-kar-sygdomme. Institut for Folkesundhedsvidenskab, Københavns Universitet; 2017 [cited 2024 May 8]. <https://hjerteforeningen.dk/wp-content/uploads/2018/01/rapport-luftforurening-og-hjerte-kar-sygdomme-19102017-final-version.pdf>
49. Raaschou-Nielsen O, Andersen ZJ, Jensen SS, Ketzel M, Sørensen M, Hansen J, et al. Traffic air pollution and mortality from cardiovascular disease and all causes: a Danish cohort study. *Environ Heal*. 2012 Dec 5;11(1):60. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-11-60>
50. Garcia E, Rice MB, Gold DR. Air pollution and lung function in children. *J Allergy Clin Immunol*. 2021 Jul;148(1):1–14. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2021.05.006>
51. Gross A, Tham R, Dharmage SC, Rösli M, Frey U, Gorlanova O. Exposure to long-term ambient air pollution and lung function in adults: a systematic review and meta-analysis. *Eur Respir Rev an Off J Eur Respir Soc*. 2025;34(176):240–64.
52. Zhang J, Lim YH, So R, Yu Z, Tuffier S, Bergmann M, et al. Long-Term Exposure to Ambient Air Pollution and Lower Respiratory Tract Infection in Adults: Danish Nationwide Evidence. *Ann Am Thorac Soc*. 2025; <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.202501-087OC>
53. Liu S, Lim YH, Chen J, Strak M, Wolf K, Weinmayr G, et al. Long-term Air Pollution Exposure and Pneumonia-related Mortality in a Large Pooled European Cohort. *Am J Respir Crit Care Med*. 2022;205(12):1429–1439. <https://doi.org/10.1164/rcm.202106-1484OC>
54. Zhang J, Lim YH, So R, Mortensen LH, Napolitano GM, Cole-Hunter T, et al. Long-Term Exposure to Air Pollution and Risk of Acute Lower Respiratory Infections in the Danish Nurse Cohort. *Ann Am Thorac Soc*. 2024 Mar 21; <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.202401-074OC>
55. Yu K, Zhang Q, Wei Y, Chen R, Kan H. Global association between air pollution and COVID-19 mortality: A systematic review and meta-analysis. *Sci Total Environ*. 2024 Jan;906:167542. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167542>
56. Zhang J, Lim YH, So R, Jørgensen JT, Mortensen LH, Napolitano GM, et al. Long-term exposure to air pollution and risk of SARS-CoV-2 infection and COVID-19 hospitalisation or death: Danish nationwide cohort study. *Eur Respir J*. 2023 Jul;62(1):2300280. <https://doi.org/10.1183/13993003.00280-2023>

57. Newby DE, Mannucci PM, Tell GS, Baccarelli AA, Brook RD, Donaldson K, et al. Expert position paper on air pollution and cardiovascular disease. *Eur Heart J*. 2015 Jan 7;36(2):83–93. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehu458>
58. Brook RD, Rajagopalan S, Pope CA, Brook JR, Bhatnagar A, Diez-Roux A V., et al. Particulate Matter Air Pollution and Cardiovascular Disease. *Circulation*. 2010 Jun;121(21):2331–78. <https://doi.org/10.1161/CIR.Ob013e3181dbecel>
59. Cai Y, Zhang B, Ke W, Feng B, Lin H, Xiao J, et al. Associations of Short-Term and Long-Term Exposure to Ambient Air Pollutants With Hypertension. *Hypertension*. 2016 Jul;68(1):62–70. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.116.07218>
60. Qin P, Luo X, Zeng Y, Zhang Y, Li Y, Wu Y, et al. Long-term association of ambient air pollution and hypertension in adults and in children: A systematic review and meta-analysis. *Sci Total Environ*. 2021 Nov;796:148620. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148620>
61. Zhu W, Cai J, Hu Y, Zhang H, Han X, Zheng H, et al. Long-term exposure to fine particulate matter relates with incident myocardial infarction (MI) risks and post-MI mortality: A meta-analysis. *Chemosphere*. 2021 Mar;267:128903. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128903>
62. Mustafić H, Jabre P, Caussin C, Murad MH, Escolano S, Tafflet M, et al. Main Air Pollutants and Myocardial Infarction. A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA*. 2012 Feb 15;307(7):713. <https://doi.org/10.1001/jama.2012.126>
63. Cramer J, Jørgensen JT, Hoffmann B, Loft S, Bräuner E V., Prescott E, et al. Long-Term Exposure to Air Pollution and Incidence of Myocardial Infarction: A Danish Nurse Cohort Study. *Environ Health Perspect*. 2020 May;128(5). <https://doi.org/10.1289/EHP5818>
64. Poulsen AH, Sørensen M, Hvidtfeldt UA, Kettel M, Christensen JH, Brandt J, et al. Concomitant exposure to air pollution, green space and noise, and risk of myocardial infarction: a cohort study from Denmark. *Eur J Prev Cardiol*. 2024 Jan 5;31(1):131–41. <https://doi.org/10.1093/eurjpc/zwad306>
65. Toubasi A, Al-Sayegh TN. Short-term Exposure to Air Pollution and Ischemic Stroke. *Neurology*. 2023 Nov 7;101(19). <https://doi.org/10.1212/WNL.00000000000207856>
66. Yuan S, Wang J, Jiang Q, He Z, Huang Y, Li Z, et al. Long-term exposure to PM2.5 and stroke: A systematic review and meta-analysis of cohort studies. *Environ Res*. 2019 Oct;177:108587. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108587>

67. Amini H, Dehlendorff C, Lim YH, Mehta A, Jørgensen JT, Mortensen LH, et al. Long-term exposure to air pollution and stroke incidence: A Danish Nurse cohort study. *Environ Int.* 2020 Sep;142:105891. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105891>
68. Andersen ZJ, Kristiansen LC, Andersen KK, Olsen TS, Hvidberg M, Jensen SS, et al. Stroke and Long-Term Exposure to Outdoor Air Pollution From Nitrogen Dioxide. *Stroke.* 2012 Feb;43(2):320–5. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.111.629246>
69. Poulsen AH, Sørensen M, Hvidtfeldt UA, Christensen JH, Brandt J, Frohn LM, et al. Concomitant exposure to air pollution, green space, and noise and risk of stroke: a cohort study from Denmark. *Lancet Reg Heal - Eur.* 2023 Aug;31:100655. <https://doi.org/10.1016/j.lanepe.2023.100655>
70. HEI. State of Global Air Report 2020. Boston, MA:Health Effects Institute.; 2020. <https://www.stateofglobalair.org/resources/archived/state-global-air-report-2020>
71. Jia Y, Lin Z, He Z, Li C, Zhang Y, Wang J, et al. Effect of Air Pollution on Heart Failure: Systematic Review and Meta-Analysis. *Environ Health Perspect.* 2023 Jul;131(7).
72. Shah AS, Langrish JP, Nair H, McAllister DA, Hunter AL, Donaldson K, et al. Global association of air pollution and heart failure: a systematic review and meta-analysis. *Lancet.* 2013 Sep;382(9897):1039–48. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)60898-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)60898-3)
73. Lim Y, Jørgensen JT, So R, Cole Hunter T, Mehta AJ, Amini H, et al. Long Term Exposure to Air Pollution, Road Traffic Noise, and Heart Failure Incidence: The Danish Nurse Cohort. *J Am Heart Assoc.* 2021 Oct 19;10(20). <https://doi.org/10.1161/JAHA.121.021436>
74. Chen M, Zhao J, Zhuo C, Zheng L. The Association Between Ambient Air Pollution and Atrial Fibrillation. *Int Heart J.* 2021 Mar 30;62(2):290–7. <https://doi.org/10.1536/ihj.20-523>
75. Song X, Liu Y, Hu Y, Zhao X, Tian J, Ding G, et al. Short-Term Exposure to Air Pollution and Cardiac Arrhythmia: A Meta-Analysis and Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health.* 2016 Jun 28;13(7):642. <https://doi.org/10.3390/ijerph13070642>
76. Andersen ZJ, Cramer J, Jørgensen JT, Dehlendorff C, Amini H, Mehta A, et al. Long-Term Exposure to Road Traffic Noise and Air Pollution, and Incident Atrial Fibrillation in the Danish Nurse Cohort. *Environ Health Perspect.* 2021 Aug;129(8). <https://doi.org/10.1289/EHP8090>
77. Yang M, Cheng H, Shen C, Liu J, Zhang H, Cao J, et al. Effects of long-term exposure to air pollution on the incidence of type 2 diabetes mellitus: a meta-analysis of cohort studies. *Environ Sci Pollut Res.* 2020 Jan 6;27(1):798–811. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06824-1>

78. Andersen ZJ, Raaschou-Nielsen O, Ketzel M, Jensen SS, Hvidberg M, Loft S, et al. Diabetes Incidence and Long-Term Exposure to Air Pollution: A cohort study. *Diabetes Care*. 2012 Jan 1;35(1):92–8. <https://doi.org/10.2337/dcll-1155>
79. Hansen AB, Ravnskjær L, Loft S, Andersen KK, Bräuner EV, Baastrup R, et al. Long-term exposure to fine particulate matter and incidence of diabetes in the Danish Nurse Cohort. *Environ Int*. 2016 May;91:243–50. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.02.036>
80. Raaschou-Nielsen O, Sørensen M, Ketzel M, Hertel O, Loft S, Tjønneland A, et al. Long-term exposure to traffic-related air pollution and diabetes-associated mortality: a cohort study. *Diabetologia*. 2013;56:36–46. <https://doi.org/10.1007/s00125-012-2698-7>
81. Yu P, Guo S, Xu R, Ye T, Li S, Sim MR, et al. Cohort studies of long-term exposure to outdoor particulate matter and risks of cancer: A systematic review and meta-analysis. *Innov (Cambridge)*. 2021;2(3):100143. <https://doi.org/10.1016/j.xinn.2021.100143>
82. Raaschou-Nielsen O, Andersen ZJ, Hvidberg M, Jensen SS, Ketzel M, Sørensen M, et al. Lung Cancer Incidence and Long-Term Exposure to Air Pollution from Traffic. *Environ Health Perspect*. 2011 Jun;119(6):860–5. <https://doi.org/10.1289/ehp.1002353>
83. IARC MONOGRAPHS. Outdoor Air Pollution. Vol. 109. International Agency for Research on Cancer WHO; 2015. <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Outdoor-Air-Pollution-2015>
84. Turner MC, Andersen ZJ, Baccarelli A, Diver WR, Gapstur SM, Pope CA, et al. Outdoor air pollution and cancer: An overview of the current evidence and public health recommendations. *CA Cancer J Clin*. 2020 Nov 25;70(6):460–79. <https://doi.org/10.3322/caac.21632>
85. Rogowski C, Bredell C, Shi Y, Tien-Smith A, Szybka M, Fung KW, et al. Long-Term Air Pollution Exposure and Incidence of Dementia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Lancet Planet Heal*. 2025;9(7):101266. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(25\)00118-4](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(25)00118-4)
86. Cheng S, Jin Y, Dou Y, Zhao Y, Duan Y, Pei H, et al. Long-term particulate matter 2.5 exposure and dementia: a systematic review and meta-analysis. *Public Health*. 2022;212:33–41. <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2022.08.006>
87. Tuffier S, Zhang J, Bergmann M, So R, Napolitano GM, Cole Hunter T, et al. Long term exposure to air pollution and road traffic noise and incidence of dementia in the Danish Nurse Cohort. *Alzheimer's Dement*. 2024 Jun 8;20(6):4080–91. <https://doi.org/10.1002/alz.13814>

88. Andersen ZJ, Lim YH, Zhang J, Tuffier S, Cole-Hunter T, Bergmann M, et al. Long-term exposure to air pollution and risk of dementia among older individuals of a Danish nationwide administrative cohort. *Environ Int.* 2025;202(109607). <https://doi.org/10.1016/j.envint.2025.109607>
89. Cole-Hunter T, Zhang J, So R, Samoli E, Liu S, Chen J, et al. Long-term air pollution exposure and Parkinson's disease mortality in a large pooled European cohort: An ELAPSE study. *Environ Int.* 2023 Jan;171:107667. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107667>
90. Kasdagli MI, Katsouyanni K, Dimakopoulou K, Samoli E. Air pollution and Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis up to 2018. *Int J Hyg Environ Health.* 2019;222(3):402–9. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2018.12.006>
91. Lim YH, Bilsteen JF, Mortensen LH, Lanzky LRM, Zhang J, Tuffier S, et al. Lifetime exposure to air pollution and academic achievement: A nationwide cohort study in Denmark. *Environ Int.* 2024 Mar;185:108500. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.108500>
92. Hedström AK, Segersson D, Hillert J, Stridh P, Kockum I, Olsson T, et al. Association between exposure to combustion-related air pollution and multiple sclerosis risk. *Int J Epidemiol.* 2023 Jun 6;52(3):703–14. <https://doi.org/10.1093/ije/dyac234>
93. Lin LZ, Zhan XL, Jin CY, Liang JH, Jing J, Dong GH. The epidemiological evidence linking exposure to ambient particulate matter with neurodevelopmental disorders: A systematic review and meta-analysis. *Environ Res.* 2022 Jun;209:112876. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.112876>
94. Ritz B, Liew Z, Yan Q, Cui X, Virk J, Ketznel M, et al. Air pollution and Autism in Denmark. *Environ Epidemiol (Philadelphia, Pa).* 2018;2(4). <https://doi.org/10.1097/EE9.0000000000000028>
95. Rosi E, Crippa A, Pozzi M, De Francesco S, Fioravanti M, Mauri M, et al. Exposure to environmental pollutants and attention-deficit/hyperactivity disorder: an overview of systematic reviews and meta-analyses. *Environ Sci Pollut Res.* 2023 Oct 12;30(52):111676–92. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-30173-9>
96. Forns J, Sunyer J, Garcia-Esteban R, Porta D, Ghassabian A, Giorgis-Allemand L, et al. Air Pollution Exposure During Pregnancy and Symptoms of Attention Deficit and Hyperactivity Disorder in Children in Europe. *Epidemiology.* 2018;29(5):618–26. <https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000000874>

97. Thygesen M, Holst GJ, Hansen B, Geels C, Kalkbrenner A, Schendel D, et al. Exposure to air pollution in early childhood and the association with Attention-Deficit Hyperactivity Disorder. *Environ Res.* 2020;183(108930). <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108930>
98. Braithwaite I, Zhang S, Kirkbride JB, Osborn DPJ, Hayes JF. Air Pollution (Particulate Matter) Exposure and Associations with Depression, Anxiety, Bipolar, Psychosis and Suicide Risk: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Environ Health Perspect.* 2019 Dec;127(12). <https://doi.org/10.1289/EHP4595>
99. Nobile F, Forastiere A, Michelozzi P, Forastiere F, Stafoggia M. Long-term exposure to air pollution and incidence of mental disorders. A large longitudinal cohort study of adults within an urban area. *Environ Int.* 2023 Nov;181:108302. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.108302>
100. Antonsen S, Mok PLH, Webb RT, Mortensen PB, McGrath JJ, Agerbo E, et al. Exposure to air pollution during childhood and risk of developing schizophrenia: a national cohort study. *Lancet Planet Heal.* 2020 Feb;4(2):e64–73. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(20\)30004-8](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30004-8)
101. Andersen ZJ, Zhang J, Jørgensen JT, Samoli E, Liu S, Chen J, et al. Long-term exposure to air pollution and mortality from dementia, psychiatric disorders, and suicide in a large pooled European cohort: ELAPSE study. *Environ Int.* 2022 Dec;170:107581.
102. National Toxicology Program. NTP Monograph on the Systematic Review of Traffic-related Air Pollution and Hypertensive Disorders of Pregnancy. III TW Alexander Dr, Durham, NC 27709: National Institute of Environmental Health Science; 2019. <https://ntp.niehs.nih.gov/go/MGRAPH07abs>
103. Gogna P, Villeneuve PJ, Borghese MM, King WD. An exposure-response meta-analysis of ambient PM_{2.5} during pregnancy and preeclampsia. *Environ Res.* 2022 Jul;210:112934. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.112934>
104. Pedersen M, Nobile F, Stayner LT, de Hoogh K, Brandt J, Stafoggia M. Ambient air pollution and hypertensive disorders of pregnancy in Rome. *Environ Res.* 2024 Jun;251:118630. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118630>
105. Pedersen M, Halldorsson TI, Olsen SF, Hjortebjerg D, Ketzel M, Grandström C, et al. Impact of Road Traffic Pollution on Pre-eclampsia and Pregnancy-induced Hypertensive Disorders. *Epidemiology.* 2017 Jan;28(1):99–106. <https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000000555>
106. Fussell JC, Jauniaux E, Smith RB, Burton GJ. Ambient air pollution and adverse birth outcomes: A review of underlying mechanisms. *BJOG An Int J Obstet Gynaecol.* 2024 Apr 30;131(5):538–50. <https://doi.org/10.1111/1471-0528.17727>

- I07. Hjortebjerg D, Nybo Andersen AM, Ketzel M, Pedersen M, Raaschou-Nielsen O, Sørensen M. Associations between maternal exposure to air pollution and traffic noise and newborn's size at birth: A cohort study. *Environ Int.* 2016;95:1–7. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.07.003>
- I08. Pedersen M, Giorgis-Allemand L, Bernard C, Aguilera I, Nybo Andersen AM, Ballester F, et al. Ambient air pollution and low birthweight: a European cohort study (ESCAPE). *Lancet Respir Med.* 2013;1(9):695–704. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(13\)70192-9](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(13)70192-9)
- I09. Alvarado-Jiménez D, Donzelli G, Morales-Suárez-Varela M. A systematic review on the association between exposure to air particulate matter during pregnancy and the development of hypertensive disorders of pregnancy and gestational diabetes mellitus. *Rev Environ Health.* 2023;39(4):619–41.
- I10. Klepac P, Locatelli I, Korošec S, Künzli N, Kušec A. Ambient air pollution and pregnancy outcomes: A comprehensive review and identification of environmental public health challenges. *Environ Res.* 2018 Nov;167:144–59. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.07.008>
- III. Siddika N, Balogun HA, Amegah AK, Jaakkola JJK. Prenatal ambient air pollution exposure and the risk of stillbirth: systematic review and meta-analysis of the empirical evidence. *Occup Environ Med.* 2016 Sep;73(9):573–81. <https://doi.org/10.1136/oemed-2015-103086>
- I12. Pedersen M. Is it still important to study if ambient air pollution triggers stillbirth? *Occup Environ Med.* 2016 Sep;73(9):571–2. <https://doi.org/10.1136/oemed-2016-103625>
- I13. Zhang H, Zhang X, Wang Q, Xu Y, Feng Y, Yu Z, et al. Ambient air pollution and stillbirth: An updated systematic review and meta-analysis of epidemiological studies. *Environ Pollut.* 2021 Jun 1;278:116752. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116752>
- I14. Michel S, Atmakuri A, von Ehrenstein OS. Prenatal exposure to ambient air pollutants and congenital heart defects: An umbrella review. *Environ Int.* 2023 Aug;178:108076. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.108076>
- I15. Pedersen M, Garne E, Hansen-Nord N, Hjortebjerg D, Ketzel M, Raaschou-Nielsen O, et al. Exposure to air pollution and noise from road traffic and risk of congenital anomalies in the Danish National Birth Cohort. *Environ Res.* 2017;159:39–45. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.07.031>

116. Vrijheid M, Martinez D, Manzanares S, Dadvand P, Schembari A, Rankin J, et al. Ambient Air Pollution and Risk of Congenital Anomalies: A Systematic Review and Meta-analysis. *Environ Health Perspect.* 2011 May;119(5):598–606. <https://doi.org/10.1289/ehp.1002946>
117. Glinianaia S V., Rankin J, Bell R, Pless-Mulloli T, Howel D. Does Particulate Air Pollution Contribute to Infant Death? A Systematic Review. *Environ Health Perspect.* 2004 Oct;112(14):1365–70. <https://doi.org/10.1289/ehp.6857>
118. Liang W, Zhu H, Xu J, Zhao Z, Zhou L, Zhu Q, et al. Ambient air pollution and gestational diabetes mellitus: An updated systematic review and meta-analysis. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2023; <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.114802>
119. Grippo A, Zhang J, Chu L, Guo Y, Qiao L, Zhang J, et al. Air pollution exposure during pregnancy and spontaneous abortion and stillbirth. *Rev Environ Health.* 2018 Sep 25;33(3):247–64.
120. Jahnke JR, Messier KP, Lowe M, Jukic AM. Ambient Air Pollution Exposure Assessments in Fertility Studies: a Systematic Review and Guide for Reproductive Epidemiologists. *Curr Epidemiol Reports.* 2022 Jun 13;9(2):87–107. <https://doi.org/10.1007/s40471-022-00290-z>
121. Siegel EL, Ghassabian A, Hipwell AE, Factor-Litvak P, Zhu Y, Steinthal HG, et al. Indoor and outdoor air pollution and couple fecundability: a systematic review. *Hum Reprod Update.* 2023 Jan 5;29(1):45–70. <https://doi.org/10.1093/humupd/dmac029>
122. Sørensen M, Poulsen AH, Nøhr B, Khan J, Ketzel M, Brandt J, et al. Long term exposure to road traffic noise and air pollution and risk of infertility in men and women: nationwide Danish cohort study. *BMJ.* 2024 Sep 4;e080664. <https://doi.org/10.1136/bmj-2024-080664>
123. Wesselink AK, Wang TR, Ketzel M, Mikkelsen EM, Brandt J, Khan J, et al. Air pollution and fecundability: Results from a Danish preconception cohort study. *Paediatr Perinat Epidemiol.* 2022;36(1):57–67. <https://doi.org/10.1111/ppe.12832>
124. Robinson O, Tamayo I, de Castro M, Valentin A, Giorgis-Allemand L, Krog NH, et al. The Urban Exposome during Pregnancy and Its Socioeconomic Determinants. *Environ Health Perspect.* 2018;126(7):077005. <https://doi.org/10.1289/EHP2862>
125. Pizzi C, Moirano G, Moccia C, Maule M, D'Errico A, Vrijheid M, et al. Socioeconomic position during pregnancy and pre-school exposome in children from eight European birth cohort studies. *Soc Sci Med.* 2024;359(117275). <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2024.117275>

126. Jensen SS, Jensen A, Mørkbak MR, Hansen LB, Brandt J, Christensen JH, et al. Environmental inequality and population exposure to air pollution in Denmark. *J Environ Econ Policy*. 2023;13(2):129–43.
127. Raaschou-Nielsen O, Taj T, Poulsen AH, Hvidtfeldt UA, Ketzel M, Christensen JH, et al. Air pollution at the residence of Danish adults, by socio-demographic characteristics, morbidity, and address level characteristics. *Environ Res*. 2022;208. <https://doi-org.proxy1-bib.sdu.dk/10.1016/j.envres.2022.112714>
128. Jensen SS, Brandt J, Winther M, Plejdrup MS, Nielsen OK, Ketzel M. KORTLÆGNING AF PARTIKELFORURENINGEN I TÅRNBY KOMMUNE. Delrapport 4 – Virkemiddelkatalog for begrænsning af luftforurening. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 618. Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet; 2024. https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige_rapporter_600-699/SR618.pdf
129. Jensen SS, Winther M, Plejdrup MS, Nielsen OK, Brandt J, Ketzel M, et al. VIRKEMIDDELKATALOG FOR BEGRÆNSNING AF LUFTFORURENING I ODENSE KOMMUNE. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. Nr. 412. Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet; 2020. <https://dce2.au.dk/pub/SR412.pdf>
130. Jensen SS, Winther M, Plejdrup MS, Nielsen OK, Brandt J, Ketzel M. VIRKEMIDDELKATALOG FOR BEGRÆNSNING AF LUFTFORURENING I FREDERIKSBERG KOMMUNE. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 346. Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet, Århus.; 2020.
131. Jensen SS, Winther M, Ketzel M, Plejdrup MS. VIRKEMIDDELKATALOG FOR LUFTFORURENING I REGION HOVEDSTADEN. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 268. Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet; 2018.
132. Ji JS, Dominici F, Gouveia N, Kelly FJ, Neira M. Air pollution interventions for health. *Nat Med*. 2025;31:2888–2900. <https://doi.org/10.1038/s41591-025-03929-8>
133. Miljø- og Fødevareministeriet. Nationalt program for reduktion af luftforurening. 2019. <https://www.ft.dk/samling/20181/almdel/mof/bilag/514/2041649.pdf>
134. Den Europæiske Unions Tidende. Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2008/50/EF af 21. maj 2008 om luftkvaliteten og renere luft i Europa. 2008. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/?uri=CELEX:32008L0050>

135. Den Europæiske Unions Tidende. 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 (EØS-relevant tekst). 2016. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2016.344.OI.000I.OI.DAN
136. Miljø- og Ligestillingsministeriet. International regulering af luftforurening. [cited 2025 Mar 13]. <https://mst.dk/erhverv/rent-miljoe-og-sikker-forsyning/luft/international-regulering-af-luftforurening>
137. Convention on Long Range Transboundary Air Pollution. EMEP. [cited 2025 Jun 17]. <https://www.emep.int/index.html>
138. UNECE. Air. 2025 [cited 2025 Jun 17]. <https://unece.org/environmental-policy-l/air>
139. United Nations. Pact for the Future, Global Digital Compact and Declaration on Future Generations. 2024. https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/sotf-pact_for_the_future_adopted.pdf
140. UNECE. Protocol to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-level Ozone. [cited 2025 Mar 18]. <https://unece.org/environmental-policy/air/protocol-abate-acidification-eutrophication-and-ground-level-ozone>
141. UNECE. Environmental Policy - Air. [cited 2025 Mar 13]. <https://unece.org/environmental-policy-l/air>
142. Europa-Kommissionen. Den europæiske grønne pagt. [cited 2025 Jan 24]. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_da
143. Europa-Kommissionen. MEDDELELSE FRA KOMMISSIONEN - Den europæiske grønne aftale. 2019. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/?uri=CELEX:52019DC0640>
144. Europa-Kommissionen. Zero Pollution Action Plan. [cited 2025 Jan 24]. https://environment.ec.europa.eu/strategy/zero-pollution-action-plan_en
145. Europa-Kommissionen. MEDDELELSE FRA KOMMISSIONEN TIL EUROPA-PARLAMENTET, RÅDET, DET EUROPÆISKE ØKONOMISKE OG SOCIALE UDVALG OG REGIONSUDVALGET - Vejen til en sund planet for alle. 2021. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/?uri=CELEX:52021DC0400>

- I46. Den Europæiske Unions Tidende. Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2010/75/EU af 24. november 2010 om industrielle emissioner (integreret forebyggelse og bekæmpelse af forurening) (omarbejdning) (EØS-relevant tekst). 2010. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/?uri=CELEX%3A32010L0075>
- I47. Den Europæiske Unions Tidende. Europa-Parlamentets og Rådets direktiv (EU) 2023/1791 af 13. september 2023 om energieffektivitet og om ændring af forordning (EU) 2023/955 (omarbejdning) (EØS-relevant tekst). 2023. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/?toc=OJ%3AL%3A2023%3A231%3AFULL&uri=uriserv%3AOJ.L_.2023.231.OI.0001.OI.DAN
- I48. Den Europæiske Unions Tidende. Europa-Parlamentets og Rådets direktiv (EU) 2018/2001 af 11. december 2018 om fremme af anvendelsen af energi fra vedvarende energikilder (omarbejdning) (EØS-relevant tekst). 2018. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DA/TXT/?uri=CELEX:32018L2001>
- I49. Den Europæiske Kommission. Research and innovation: Horizon Europe. [cited 2025 Mar 14]. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en
- I50. Miljø- og Ligestillingsministeriet. Luftforurening fra biler, busser og andre køretøjer. [cited 2025 Mar 14]. <https://mst.dk/erhverv/rent-miljoe-og-sikker-forsyning/luft/luftforurening-fra-koeretoerjer>
- I51. Miljø- og Ligestillingsministeriet. Brændeovne og andre brændefyringsanlæg. [cited 2025 Mar 14]. <https://mst.dk/borger/affald-og-forurening/luftforurening/brændeovne-og-andre-brændefyringsanlæg>
- I52. Berhane K, Chang CC, McConnell R, Gauderman WJ, Avol E, Rapaport E, et al. Association of Changes in Air Quality With Bronchitic Symptoms in Children in California, 1993-2012. JAMA. 2016 Apr 12;315(14):1491. <https://doi.org/10.1001/jama.2016.3444>
- I53. Garcia E, Berhane KT, Islam T, McConnell R, Urman R, Chen Z, et al. Association of Changes in Air Quality With Incident Asthma in Children in California, 1993-2014. JAMA. 2019 May 21;321(19):1906. <https://doi.org/10.1001/jama.2019.5357>
- I54. Gilliland F, Avol E, McConnell R, Berhane K, Gauderman WJ, Lurmann FW, et al. The Effects of Policy-Driven Air Quality Improvements on Children's Respiratory Health. Res Rep Health Eff Inst. 2017 Jan;2017(190):1-75. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31898879/>
- I55. Dockery DW, Rich DQ, Goodman PG, Clancy L, Ohman-Strickland P, George P, et al. Effect of air pollution control on mortality and hospital admissions in Ireland. Res Rep Health Eff Inst. 2013 Jul;(176):3-109. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24024358/>

- I56. Klima- og Energiministeriet. Energistrategi 2050. København; 2011. https://www.regeringen.dk/media/1238/energistrategi_2050.pdf
- I57. Danmarks Statistik. Udledninger af drivhusgasser. [cited 2025 Apr 7]. <https://www.dst.dk/da/Statistik/temaer/klima>
- I58. Klima- Energi- og Forsyningsministeriet. Bekendtgørelse af lov om klima. LBK nr 2580 af 13/12/2021. 2021 [cited 2025 Mar 20]. <https://www.retsinformation.dk/eli/lt/2021/2580>
- I59. Danmarks Statistik. Danmarks forbrug af biomasse til energi holder historisk højt niveau. 2023 [cited 2025 Apr 7]. <https://www.dst.dk/da/Statistik/nyheder-analyser-publ/bagtal/2023/2023-08-23-Danmarks-forbrug-af-biomasse>
- I60. Nielsen OK, Plejdrup MS, Winther M, Mikkelsen MH, Nielsen M, Gyldenkerne S, et al. ANNUAL DANISH INFORMATIVE INVENTORY REPORT no. 595. Danish Centre for Environment and Energy; 2024. https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige_rapporter_500-599/SR595.pdf
- I61. Karlsson K, Brandt J, Bønløkke J, Kaas E, Simonsen M. Sparede helbredsomkostninger fra luftforurening kan reducere omkostningerne ved den grønne omstilling - Notat nr. I. EML - Energy Modelling Lab; 2020. https://energymodellinglab.com/wp-content/uploads/2020/05/EML_Notat_I_2020_Husk_helbredsomkostningerne-.pdf
- I62. Klima- Energi- og Forsyningsministeriet. Klimaaf tale om grøn strøm og varme 2022 - Et grønnere og sikrere Danmark. 2022. <https://www.regeringen.dk/nyheder/2022/aftale-om-et-mere-groent-og-sikkert-danmark/>
- I63. Regeringen og aftalepartierne. Klimaaf tale om mere grøn energi fra sol og vind på land 2023. København; 2023. <https://www.kefm.dk/Media/638379734168312589/Klimaaf tale om mere grøn energi fra sol og vind på land 2023.pdf#:~:text=Ambitionen fra sidste års Klimaaf tale om grøn strøm,indfries gennem etablering af større energiparker på land.>
- I64. Momentum. Kommunernes Landsforening. 2022 [cited 2025 Jul 1]. Grøn varme har topprioritet i kommunerne. <https://www.kl.dk/momentum/arkiv/2022/12-groen-varme-har-topprioritet-i-kommunerne#:~:text=Og ny undersøgelse viser%2C at kommunerne har sat,fossile varmekilder og erstattet dem med grønne alternativer.>
- I65. Energistyrelsen. Historisk lavt kulforbrug og mere vedvarende energi i 2023. 2024 [cited 2025 Jan 24]. <https://ens.dk/presse/historisk-lavt-kulforbrug-og-mere-vedvarende-energi-i-2023>
- I66. Brown S, Jones D. European Electricity Review. EMBER; 2024. <https://ember-energy.org/app/uploads/2024/10/European-Electricity-Review-2024.pdf>

167. Klima- Energi- og Forsyningsministeriet. Danmark sparer på energien og står til at opfylde EU's krav om energibespar_elser med 127 pct. [https://www.kefm.dk/Media/C/4/Minianalyse - Energieffektivisering.pdf](https://www.kefm.dk/Media/C/4/Minianalyse_-_Energieffektivisering.pdf)
168. Social- og Boligministeriet. Nye byggerier skal være markant mere grønne. 2024 [cited 2025 Mar 20]. <https://www.sm.dk/nyheder/nyhedsarkiv/2024/maj/nye-byggerier-skal-vaere-markant-mere-groenne>
169. Moreno C. The 15-Minute City - A Solution to Saving Our Time and Our Planet. John Wiley & Sons Inc; 2024.
170. Freudendal-Pedersen M, Galland D, Høg E, Stenum OH. 15 minutters byen - kort fortalt. Aalborg University; 2024. https://vbn.aau.dk/ws/portalfiles/portal/653089646/15_minutters_byen-Kort_fortalt_opslag.pdf
171. KL, Danske Regioner, Klima- Energi- og Forsyningsministeriet. Aftale om fælles indsats mellem KL, Danske Regioner og Klima-, Energi_og Forsyningsministeriet om energieffektivitet i offentlige b. 2025. [https://www.kefm.dk/Media/6388357981243223/Aftale mellem KEFM, KL og Danske Regioner om energirenoveringer i offentlige bygninger.pdf](https://www.kefm.dk/Media/6388357981243223/Aftale_mellem_KEFM,_KL_og_Danske_Regioner_om_energi-renoveringer_i_offentlige_bygninger.pdf)
172. Energistyrelsen. Byggeri og renovering. [cited 2025 Mar 20]. <https://ens.dk/forsyning-og-forbrug/byggeri-og-renovering>
173. Miljø- og Ligestillingsministeriet. Bekendtgørelse om regulering af luftforurening fra fyringsanlæg til fast brændsel under 1 MWI). BEK nr 199 af 04/02/2022.. 2022 [cited 2025 Feb 21]. <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2022/199>
174. Miljøbeskyttelsesloven. Miljøministeriet. 2023. Bekendtgørelse om kommunale forskrifter om udskiftning eller nedlæggelse af ældre brændeovne og pejseindsatse i områder med kollektiv varmforsyning. BEK nr 640 af 24/05/2023. <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2023/640>
175. Roskilde Kommune. Gamle brændeovne og pejseindsatser skal nedlægges eller udskiftes. 2024 [cited 2025 Mar 20]. <https://www.roskilde.dk/da-dk/nyheder/gamle-braendeovne-og-pejseindsatser-skal-nedlaegges-eller-udskiftes/>
176. Frederiksberg Kommune. Forbud mod ældre brændeovne. [cited 2025 Mar 20]. <https://www.frederiksberg.dk/by-bolig-og-miljoe/klima-og-baeredygtighed/miljoe-forhold/luft/forbud-mod-aeldre-braendeovne>
177. Københavns Kommune. Miljøkrav til brændeovne og pejseindsatse. [cited 2025 May 9]. <https://www.kk.dk/borger/affald-og-miljoe/stoej-stoev-og-luft/luftforurening/braendeovne-og-pejseindsatse>

178. Aarhus kommune. Skal du udskifte din brændeovn?. 2024 [cited 2025 May 9]. <https://aarhus.dk/borger/bolig-byggeri-og-miljoe/for-grundejere/el-vand-og-varme/skal-du-udskifte-din-braendeovn>
179. Miljøbeskyttelsesloven. Miljøministeriet. 2021. Bekendtgørelse om udskiftning eller nedlæggelse af visse fyringsanlæg til fast brændsel under 1 MW ved ejerskifte af fast ejendom. BEK nr 1449 af 17/06/2021.
180. Neergaard SF. Danmarks Statistik. 2025 [cited 2025 Jun 26]. En femtedel af landets boliger har brændeovn. <https://www.dst.dk/da/Statistik/nyheder-analyser-publ/bagtal/2025/2025-06-05-en-femtedel-af-landets-boliger-har-braendeovn?>
181. Miljø- og Ligestillingsministeriet. Nye boligejere skal skifte eller skrotte gamle brændeovne. 2020 [cited 2025 Apr 7]. <https://mim.dk/nyheder/pressemeddelelser/2020/december/nye-boligejere-skal-skifte-eller-skrotte-gamle-braendeovne>
182. Jensen SS, Ketzel M, Plejdrup MS, Winther M. EFFEKT AF SKÆRPEDE MILJØZONER OG FORBUD MOD ÆLDRE BRÆNDEOVNE I ODENSE KOMMUNE. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 506. Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet, Roskilde; 2022. <https://dce2.au.dk/pub/SR506.pdf>
183. Jensen SS. Effekt for luftkvalitet og helbredseffekter af skærpede miljøzoner og forbud mod ældre brændeovne i Københavns Kommune. Fagligt notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet; 2022. https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2022/N2022_80.pdf
184. European Commission. European Green Capital Award Good Practices - Kraków - Air protection. 2023 [cited 2024 Aug 5]. https://environment.ec.europa.eu/topics/urban-environment/european-green-capital-award/inspiration/krakow-air-protection_en
185. Økonomiministeriet. Aftale om et Grønt Danmark. 2024. <https://www.regeringen.dk/nyheder/2024/regeringen-og-parterne-i-groen-trepart-indgaar-historisk-aftale-om-et-groent-danmark/>
186. Kowalczyk Hansen M, Kehlet Berg A. Modelling af ammoniak udledninger i landbruget. 2023. https://dreamgruppen.dk/Media/638387647814477951/modellering_af_ammoniakudledninger_i_landbruget.pdf
187. Finansministeriet. Aftale mellem regeringen, Radikale Venstre, Socialistisk Folkeparti og Enhedslisten om: Grøn omstilling af vejtransporten. 2020 [cited 2025 Apr 7]. https://fm.dk/media/bq0pojudaftale-om-groen-omstilling-af-vejtransporten_a.pdf

188. Klima- Energi- og Forsyningsministeriet. ELEKTRIFICERING AF SAMFUNDET - Vejen mod et mere elektrificeret Danmark. 2021. [https://www.kefm.dk/Media/637605500518146072/Elektrificering af samfundet.pdf](https://www.kefm.dk/Media/637605500518146072/Elektrificering%20af%20samfundet.pdf)
189. Kommunernes Landsforening. CO2-reduktion og samfundsøkonomi i kommunale virkemidler inden for transportsektoren. 2025 [cited 2025 Jul 14]. <https://www.kl.dk/klima-og-erhverv/klima/kommunernes-klimahandlingsudvalg/co2-reduktion-og-samfundsoekonomi-i-kommunale-virkemidler-inden-for-transportsektoren#elektrificering-03>
190. Danmarks Statistik. BIL51: Nyregistrerede personbiler efter ejerforhold og drivmiddel. [cited 2025 May 9]. <https://www.statistikbanken.dk/bil51>
191. Danmarks Statistik. Bestanden af transportmidler. [cited 2025 Apr 7]. <https://www.dst.dk/da/Statistik/emner/transport/transportmidler/bestanden-af-transportmidler>
192. European Environment Agency. Electric vehicles from life cycle and circular economy perspectives - TERM 2018. Luxembourg; 2018.
193. Mousavinezhad S, Choi Y, Khorshidian N, Ghahremanloo M, Momeni M. Air quality and health co-benefits of vehicle electrification and emission controls in the most populated United States urban hubs: Insights from New York, Los Angeles, Chicago, and Houston. Sci Total Environ. 2024;912(169577). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169577>
194. Klimarådet. Stop for salg af fossile biler i 2030. 2025 [cited 2025 Jun 17]. <https://klimaraadet.dk/da/virkemiddel/stop-salg-af-fossile-biler-i-2030>
195. Directorate-General for Climate Action. European Commission. 2023 [cited 2025 Jun 17]. Fit for 55: EU reaches new milestone to make all new cars and vans zero-emission from 2035. https://climate.ec.europa.eu/news-your-voice/news/fit-55-eu-reaches-new-milestone-make-all-new-cars-and-vans-zero-emission-2035-2023-03-28_en?prefLang=dahttps://climate.ec.europa.eu/news-your-voice/news/fit-55-eu-reaches-new-milestone-make-all-new-cars-an
196. Clean Cities. Low-Emission Zones: the Essential Guide - Practical solutions for city leaders. 2024. https://cleancitiescampaign.org/wp-content/uploads/2024/06/Low-Emission-Zones_The-Essential-Guide.pdf
197. Teknik- og Miljøforvaltningen. Handlingsplan for delebilisme 2022-2025. Københavns Kommune; 2022. <https://www.kk.dk/politik/politikker-og-indsatser/trafik-og-fremkommelighed/handlingsplan-for-delebilisme>

198. Miljø- og Ligestillingsministeriet. Kommuner får mulighed for at indføre nulemissionszoner fri for benzin- og diesellokøretøjer. 2024 [cited 2025 Mar 21]. <https://mim.dk/nyheder/pressemeddelelser/2024/februar/kommuner-faar-mulighed-for-at-indfoere-nulemissionszoner-fri-for-benzin-og-diesellokøretøjer>
199. Rådet for Grøn Omstilling. Trængselsafgift i større byer er nødvendig for borgernes mobilitet. 2021 [cited 2025 Mar 21]. <https://rgo.dk/traengselsafgift-i-stoerre-byer-er-noedvendig-for-borgernes-mobilitet/>
200. Københavns Kommune. Forespørgsel om betalingsringen og de negative konsekvenser. 2012 [cited 2025 Mar 20]. <https://www.kk.dk/dagsordener-og-referater/Borgerrepræsentationen/møde-29032012/referat/punkt-21>
201. Vejafgifter.dk. Grøn omstilling af den danske vejtransport. <https://vejafgifter.dk/>
202. Jensen SS, Andersen C, Ketzell M, Winther M. EVALUERING AF SKÆRPEDE MILJØZONER FOR DIESELPERSOVBILER. Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 608. Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet; 2024. https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Videnskabelige_rapporter_600-699/SR608.pdf
203. Chamberlain RC, Fecht D, Davies B, Laverty AA. Health effects of low emission and congestion charging zones: a systematic review. *Lancet Public Heal*. 2023 Jul;8(7):e559–74. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(23\)00120-2](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(23)00120-2)
204. Yu Z, Merid SK, Bellander T, Bergström A, Eneroth K, Georgelis A, et al. Associations of improved air quality with lung function growth from childhood to adulthood: the BAMSE study. *Eur Respir J*. 2023 May;61(5):2201783. <https://doi.org/10.1183/13993003.01783-2022>
205. Yu Z, Kebede Merid S, Bellander T, Bergström A, Eneroth K, Merritt AS, et al. Improved Air Quality and Asthma Incidence from School Age to Young Adulthood: A Population-based Prospective Cohort Study. *Ann Am Thorac Soc*. 2024 Oct;21(10):1432–40. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.202402-2000C>
206. Simeonova E, Currie J, Nilsson P, Walker R. Congestion Pricing, Air Pollution, and Children's Health. *J Hum Resour*. 2021;56(4):971–96. <https://muse.jhu.edu/article/835636>
207. Greater London Authority. The Ultra Low Emission Zone (ULEZ) for London. [cited 2025 Mar 21]. <https://www.london.gov.uk/programmes-strategies/environment-and-climate-change/pollution-and-air-quality/ultra-low-emission-zone-ulez-london>

208. Green CP, Heywood JS, Navarro Paniagua M. Did the London congestion charge reduce pollution? *Reg Sci Urban Econ.* 2020;84(103573). <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2020.103573>%OAGet rights and content%OA
209. Fichera E, Beshir H, Castano AS. Low Emission Zones improve air quality, physical health and mental well-being. Evaluating the impact of the Low Emission Zone (LEZ) and Ultra-Low Emission Zone (ULEZ) schemes in England.. Institute for Policy Research. University of Bath.; 2023. https://www.bath.ac.uk/publications/low-emission-zones-improve-air-quality-physical-health-and-mental-well-being/attachments/Low_Emission_Zones_improve_air_quality__physical_health_and_mental_well-being.pdf
210. Beshir HA, Fichera E. "And Breathe Normally": Impacts of low emission zones on sick leave and mental well-being. *J Econ Behav Organ.* 2025;234(106994). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167268125001143#sec6>
211. Nieuwenhuijsen M, de Nazelle A, Pradas MC, Daher C, Dzhambov AM, Echave C, et al. The Superblock model: A review of an innovative urban model for sustainability, liveability, health and well-being. *Environ Res.* 2024 Jun;251:118550. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118550>
212. Mueller N, Rojas-Rueda D, Khreis H, Cirach M, Andrés D, Ballester J, et al. Changing the urban design of cities for health: The superblock model. *Environ Int.* 2020 Jan;134:105132. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105132>
213. Rich J, Nielsen OA. A socio-economic assessment of proposed road user charging schemes in Copenhagen. 2007;14(4). <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.03.003>
214. Nakamura R, Albanese A, Coombes E, Suhrcke M. Do Economic Incentives Promote Physical Activity? Evidence from the London Congestion Charge. IZA Discussion Paper No. 14957.. IZA - Institute of Labor Economics; 2021. <https://ssrn.com/abstract=4114464>
215. Holstebro Kommune. Kør gratis med lokalruterne i Holstebro Kommune. 2024 [cited 2025 Mar 21]. <https://www.holstebro.dk/nyheder/nyhed/koer-gratis-med-lokalruterne-i-holstebro-kommune?PID=18398&Action=I&NId=75873&NewsCategory=Nyheder&newscategorys=Nyheder,Transport>
216. Ritzau. Gratis busser skal køre på Fredericias gader. 2024 [cited 2025 Mar 21]. <https://nyheder.tv2.dk/samfund/2024-09-21-gratis-busser-skal-koere-paa-fredericias-gader>
217. Transportministeriet. Aftale om Infrastrukturplan 2035. København.; 2021. <https://www.trm.dk/politiske-aftaler/2021/aftale-om-infrastrukturplan-2035-aftale>

218. Zukowska J, Gobis A, Krajewski P, Morawiak A, Okraszewska R, Woods CB, et al. Which transport policies increase physical activity of the whole of society? A systematic review. *J Transp Heal*. 2022;27. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2022.101488>
219. Küster F, Schusta B. The state of national cycling strategies in Europe (2023) 3rd edition. European Cyclists' Federation; 2023. https://www.ecf.com/media/resources/2023/The-State-of-National-Cycling-Strategies-2023_ECF.pdf
220. Transportministeriet. Arbejdet med ny cykelstrategi går i gang. 2024 [cited 2025 Jan 24]. <https://www.transportministeriet.dk/nyheder/2024/arbejdet-med-ny-cykel-strategi-gaar-i-gang>
221. Grøntved A, Rasmussen MG, Blond K, Østergaard L, Jovanovic Andersen Z, Møller NC. Bicycling for Transportation and Recreation in Cardiovascular Disease Prevention. *Curr Cardiovasc Risk Rep*. 2019;13:26. <https://doi.org/10.1007/s12170-019-0623-z>
222. Grøntved A, Koivula RW, Johansson I, Wennberg P, Østergaard L, Hallmans G, et al. Bicycling to Work and Primordial Prevention of Cardiovascular Risk: A Cohort Study Among Swedish Men and Women. *J Am Heart Assoc*. 2016;5(11).
223. Blond K, Jensen MK, Rasmussen MG, Overvad K, Tjønneland A, Østergaard L, et al. Prospective Study of Bicycling and Risk of Coronary Heart Disease in Danish Men and Women. *Circulation*. 2016;134(18). <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.116.024651>
224. Rasmussen MG, Grøntved A, Blond K, Overvad K, Tjønneland A, Jensen MK, et al. Associations between Recreational and Commuter Cycling, Changes in Cycling, and Type 2 Diabetes Risk: A Cohort Study of Danish Men and Women. *PLOS Med*. 2016; <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002076>
225. Østergaard L, Jensen MK, Overvad K, Tjønneland A, Grøntved A. Associations Between Changes in Cycling and All-Cause Mortality Risk. *Am J Prev Med*. 2018;55(5):615–23. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2018.06.009>
226. Yang Y, Wu X, Zhou P, Gou Z, Lu Y. Towards a cycling-friendly city: An updated review of the associations between built environment and cycling behaviors (2007–2017). *J Transp Heal*. 2019;14(100613). <https://doi.org/10.1016/j.jth.2019.100613>
227. Myhrmann MS, Janstrup KH, Møller M, Mabit SE. Factors influencing the injury severity of single-bicycle crashes. *Accid Anal Prev*. 2021;149(105875). <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105875>
228. van Goeverden K, Nielsen TS, Harder H, van Nes R. Interventions in Bicycle Infrastructure, Lessons from Dutch and Danish Cases. *Transp Res Procedia*. 2015;10:403–12. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2015.09.090>

229. Pucher J, Buehler R. Making Cycling Irresistible: Lessons from The Netherlands, Denmark and Germany. *Transp Rev.* 2008;28(4):495–528. <https://doi.org/10.1080/01441640701806612>
230. Diener A, Mudu P. How can vegetation protect us from air pollution? A critical review on green spaces' mitigation abilities for air-borne particles from a public health perspective - with implications for urban planning. *Sci Total Environ.* 2021;796(148605). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148605>
231. WHO Regional Office for Europe. Urban green spaces and health. Copenhagen; 2016. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/345751/WHO-EURO-2016-3352-43111-60341-eng.pdf?sequence=3>
232. Hunter RF, Christian H, Veitch J, Astell-Burt T, Hipp JA, Schipperijn J. The impact of interventions to promote physical activity in urban green space: A systematic review and recommendations for future research. *Soc Sci Med.* 2015;124:246–56. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2014.11.051>