



# Kommunernes rammer for luftkvalitet

Analyse af muligheder, effekter og rammer for lokale luftkvalitetstiltag i danske kommuner

Marts 2026

## INDHOLD

1. SAMMENFATNING	1
2. ANBEFALINGER TIL DET VIDERE ARBEJDE	3
3. INDLEDNING	4
3.1 Baggrund og formål	4
3.2 Metode	4
3.3 Læsevejledning	5
4. SAMFUNDSØKONOMISK VÆRDISKABELSE VED FORBEDRET LUFTKVALITET	6
5. GENNEMGANG AF TEMAER: KOMMUNALE ERFARINGER OG BETRAGTNINGER	9
5.1 Mobilitets- og trafikplanlægning	9
5.2 Elektrificering af transport	10
5.3 Bolig og opvarmning	11
5.5 Viden og samarbejde	13
5.6 Kommunespecifikke forhold	14
6. GENNEMGANG AF TEMAER: MILJØEFFTER OG ØKONOMI	17
6.1 Mobilitet- og trafikplanlægning	17
6.2 Elektrificering af transport	27
6.3 Bolig og opvarmning	36
6.4 Grønne byområder	46
6.5 Viden og samarbejde	49
6.6 Kommunespecifikke forhold	51
7. SAMLET OPSUMMERING PÅ TVÆRS AF KAPITLER	55
8. REFERENCER	57
9. BILAG	63
9.1 Metode	63
9.2 Enhedspriser for luftforurening	64

## 1. SAMMENFATNING

Rambøll har i samarbejde med DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ved Aarhus Universitet bistået Miljø- og Ligestillingsministeriet (MLM) med en analyse af miljøeffekter, indirekte effekter, omkostningsstrukturer og eventuelle regulatoriske barrierer ved udvalgte lokale tiltag til forbedring af luftkvaliteten. Rapporten har til formål at styrke ministeriets beslutningsgrundlag for ministeriets videre arbejde med at understøtte kommunernes indsatser på området, herunder i relation til potentialet for et frikommuneforsøg med fokus på lokal luftkvalitet.

Analysen bygger på en kombination af kvalitative interviews med kommunale fagmedarbejdere og udvalgs- politikere fra 10 kommuner samt en faglig gennemgang og analyse af eksisterende viden om miljøeffekter og økonomi forbundet med relevante tiltag.

Rapporten er opbygget i to hoveddele: Første del belyser kommunernes erfaringer, perspektiver og oplevede barrierer, mens anden del analyserer miljøeffekter og økonomiske forhold ved udvalgte tiltag på baggrund af forskning, modelberegninger og faglige vurderinger. DCE har som underleverandør stået for vurderingen af miljøeffekter.

I dette kapitel sammenfattes analysens resultater på tværs af datagrundlag samt resultaternes betydning for det videre arbejde. Sammenfatningen er struktureret i overensstemmelse med rapportens todeling: først præsenteres kommunernes erfaringer og perspektiver, dernæst resultaterne af den tekniske analyse af miljøeffekter og omkostningsstrukturer, og afslutningsvis en samlet vurdering og perspektivering.

### **Kommunernes erfaringer og barrierer**

Interviewene viser samlet set, at arbejdet med lokal luftkvalitet i de adspurgte kommuner primært foregår som en integreret del af bredere indsatser inden for mobilitet, klima, energi, byudvikling og sundhed. Luftkvalitet fremstår sjældent som et selvstændigt politikområde med egne mål, systematisk opfølgning og dedikerede virkemidler. Tiltag begrundes typisk i andre politiske målsætninger — f.eks. klimareduktioner, mobilitet, bykvalitet eller driftsmæssige hensyn, hvor forbedret luftkvalitet indgår som en væsentlig, men sekundær effekt.

Kommunerne har generelt begrænset erfaring med systematiske effektvurderinger af konkrete tiltags betydning for luftkvalitet, og der foreligger kun i begrænset omfang opgørelser over isolerede omkostninger ved tiltag gennemført specifikt af hensyn til luftkvalitet. Tiltagene indgår typisk som dele af større projekter, hvor effekter og økonomi ikke opgøres særskilt for luftkvalitet.

Tilsvarende har kommunerne i begrænset omfang konkrete erfaringer med regulatoriske barrierer. Dette skyldes ikke nødvendigvis fravær af sådanne barrierer, men at indsatsen ofte foregår inden for eksisterende rammer og som led i andre dagsordener. Feltet fremstår generelt som under udvikling lokalt. Der gives blandt de adspurgte kommunale fagmedarbejdere og udvalgs politikere ikke udtryk for nye, specifikke virkemidler, men snarere et ønske om et bedre og bredt tilgængeligt vidensgrundlag om effekter, øget erfaringsudveksling på tværs og mulighed for at styrke eller videreføre indsatser, der allerede er i gang. Inden for data og målinger nævnes både behov for bedre dokumentation af effekter og udfordringer knyttet til datakvalitet samt omkostninger ved mere præcise målemetoder.

Samlet peger de kvalitative input på, at kommunernes arbejde med luftkvalitet er praksisnært, kontekstafhængigt og ofte indirekte, og samtidig præget af et ønske om bedre viden og mere systematisk dokumentation af indsatser.

### **Miljøeffekter og økonomiske forhold**

Den tekniske analyse viser, at lokale tiltag sjældent alene kan ændre den samlede luftkvalitet i byerne markant. Effekterne er gennemgående kontekstafhængige og påvirkes af bystruktur, trafikmængder, energisystemer samt

betydelig baggrundsforurening fra nationale og internationale kilder. Kommunale indsatser bidrager derfor typisk med lokale og delvise forbedringer frem for gennemgribende ændringer i den samlede eksponering.

De mest dokumenterbare lokale effekter knytter sig til reduktion af udstødningsrelateret forurening fra vejtrafik tæt på befolkningen, særligt NO<sub>2</sub> i tætte byområder. Effekten på partikler er ofte mere begrænset, fordi en betydelig del stammer fra ikke-udstødningskilder såsom vej-, dæk- og bremseslid samt fra regional baggrundsforurening.

Indsatser rettet mod brændefyring fremstår som et af de områder med størst potentiale for reduktion af primære partikelemissioner og dermed helbredseffekter. Samtidig er området forbundet med betydelige barrierer, herunder privatøkonomiske omkostninger, sociale hensyn og forskelle mellem områder med og uden kollektiv varmforsyning.

For grønne byområder viser litteraturen meget varierende effekter afhængigt af lokale forhold, og indsatserne gennemføres typisk ud fra hensyn til bykvalitet, trivsel og klima snarere end som målrettede luftkvalitetstiltag. Initiativer inden for data, information og samarbejde kan forbedre beslutningsgrundlaget og reducere eksponering for sårbare grupper, mens emissionerne ikke påvirkes direkte.

For andre kilder, såsom skibe og flytrafik, dokumenteres emissionsreduktioner ved tekniske tiltag, men bidraget til byernes gennemsnitlige koncentrationer er ofte moderat i forhold til andre kilder. For flytrafik er reguleringskompetencen primært national og international, og fravær af grænseværdier og standardiserede metoder for ultrafine partikler medfører betydelig usikkerhed om effekter og sundhedsmæssig betydning.

På tværs af tiltagene er det kommunale dokumentationsgrundlag for isolerede luftkvalitetseffekter og tilhørende omkostninger fortsat begrænset, hvilket vanskeliggør systematisk prioritering på et ensartet erfaringsgrundlag.

### **Samlet betydning og perspektiver for det videre arbejde**

Sammenstillingen af kommunale erfaringer fra interviewene og den tekniske analyse af miljøeffekter og økonomi viser at tiltag med de største dokumenterede miljøeffekter — særligt inden for trafik og brændefyring — samtidig er forbundet med betydelige økonomiske, sociale eller regulatoriske barrierer. Omvendt gennemføres mange kommunale indsatser primært af hensyn til klima, mobilitet og bykvalitet, hvor luftkvalitet opnås som en indirekte gevinst.

Analysen peger derfor på, at lokale indsatser i praksis fungerer som supplement til nationale og internationale reguleringer. Kommunernes vigtigste påvirkning sker gennem planlægning og beslutninger, der former byens fysiske struktur, mobilitet og energiforsyning og dermed befolkningens faktiske eksponering.

Et frikommuneforsøg kan i denne sammenhæng bidrage til at afprøve, om udvidede lokale beføjelser kan føre til målbare forbedringer i konkrete byområder, særligt på områder hvor eksisterende regler begrænser kommunal styring. Dette gælder blandt andet strammere regulering af brændefyring, visse former for trafikregulering og udvidelse af miljøzoner. Samtidig kan forsøgene skabe et systematisk grundlag for dokumentation af effekter, omkostninger og implementeringsforhold.

For kilder, der primært reguleres nationalt eller internationalt, vil potentialet i højere grad ligge i samarbejde, lokal planlægning og dokumentation af eksponering snarere end i udvidede reguleringsbeføjelser. Usikkerhed om effekter og betydelig kontekstafhængighed er et gennemgående vilkår. Udvidede kommunale rammer vil derfor alene ikke nødvendigvis sikre entydige luftkvalitetsresultater, men kan skabe bedre muligheder for afprøvning, erfaringsopsamling og opbygning af et mere solidt nationalt vidensgrundlag.

Samlet set peger analysen af kommunernes nuværende erfaringer og rammer for arbejdet med luftkvalitet og potentielle miljøeffekter af specifikke tiltag på, at der særligt inden for brændefyring og miljøzoner kan være et

potentiale i at afprøve et udvidet lokalt handlerum i kombination med systematisk dokumentation for at styrke både lokale indsatser og det nationale beslutningsgrundlag for arbejdet med luftkvalitet.

## 2. ANBEFALINGER TIL DET VIDERE ARBEJDE

Sammenstillingen af kommunale erfaringer med de kvantitative vurderinger af miljøeffekter og omkostninger viser, at der ikke er fuldt sammenfald mellem teknisk effektpotentiale og praktisk gennemførlighed. De tiltag, der rummer det største dokumenterede potentiale for reduktion af lokal luftforurening – herunder særligt indsatser rettet mod vejtrafik og brændefyring – er samtidig forbundet med regulatoriske, økonomiske eller fordelingsmæssige barrierer. Omvendt gennemføres mange kommunale indsatser primært af hensyn til klima, mobilitet og bykvalitet, hvor luftkvalitet indgår som en væsentlig, men sekundær gevinst. Det betyder, at luftkvalitetspolitikken i praksis ofte udvikles indirekte og integreret i bredere grønne dagsordener.

Samtidig peger analysen på, at et styrket lokalt handlerum kombineret med systematisk dokumentation kan bidrage til bedre at koble effektpotentiale og implementeringsmuligheder. Realiseringen forudsætter en tæt kobling mellem dokumenteret effekt, lokal implementering og de overordnede styringsrammer. På denne baggrund peger analysen på følgende anbefalinger til det videre arbejde:

### 1. Afprøvning af udvidede reguleringsmuligheder

Der kan være potentiale i at anvende et frikommuneforsøg til at afprøve virkemidler, som på baggrund af analysen af miljøeffekter forventes at have en positiv effekt på den lokale luftkvalitet. Kortlægningen peger på, at der kan være et potentiale i at afprøve et udvidet lokalt handlerum inden for:

- Brændefyring, herunder et totalforbud mod alle brændeovne uanset alder i områder med kollektiv varmemeforsyning
- Udvidede rammer for, hvilke kommuner der kan etablere miljøzoner og
- Inklusion af arbejdsmaskiner og tohjulede køretøjer i miljøzoner

hvor lokale forsøg samtidig kan bidrage til at belyse, om skærpede rammer kan føre til målbare forbedringer. En sådan afprøvning kan kobles til krav om systematisk dokumentation af miljøeffekter, omkostninger og administrative erfaringer med henblik på at opbygge et erfarings- og beslutningsgrundlag for eventuel skalering.

### 2. Systematisk dokumentation og fælles metodisk ramme

Gennem mere ensartet og systematisk dokumentation af lokale luftkvalitetseffekter kan beslutningsgrundlaget for fremtidige prioriteringer styrkes. En fælles metodisk ramme for effektvurderinger og opgørelse af direkte omkostninger kan bidrage til, at kommunale erfaringer i højere grad kan sammenlignes, udveksles og anvendes på tværs. Dette kan samtidig understøtte, at luftkvalitet tydeligere indgår som selvstændigt parameter i grøn planlægning og prioritering.

### 3. Strategisk prioritering af indsatser med dokumenterbart lokalt effektpotentiale

Uafhængigt af spørgsmålet om reguleringsbeføjelser kan der være mulighed for at målrette det videre arbejde mod de kilder og tiltag, hvor der allerede foreligger relativt tydelig dokumentation for lokale effekter, baseret på modelberegninger. Analysen peger særligt på reduktion af luftforurening fra trafikken tæt på befolkningen samt indsatser rettet mod brændefyring, som indsatser der har lokal effekt. Her er fokus på faglig prioritering inden for eksisterende eller mulige indsatser frem for på ændringer i lovgivningsmæssige rammer.

### 4. Styrket videns- og erfaringsdeling mellem kommuner og stat

Interviewene peger på et ønske om bedre adgang til viden om effekter og erfaringer fra andre kommuner. Der kan derfor være mulighed for at videreføre og forankre erfaringer fra samarbejdsfora som Luftpartnerskabet i mere permanente rammer for vidensdeling. Dette kan f.eks. ske gennem etablerede netværk, fælles dataplatforme eller nationale erfaringsopsamlings, der løbende formidler resultater fra forsøg og lokale indsatser.

## 5. Tættere samspil mellem lokale og nationale indsatser

Da en betydelig del af baggrundsforureningen og flere større kilder reguleres nationalt eller internationalt, kan der være behov for et styrket samspil mellem kommunale erfaringer og nationale rammer. Lokale målinger og forsøg kan bidrage med viden om implementering og effekt i konkrete byområder, som kan indgå i den videre udvikling af nationale reguleringer og prioriteringer.

## 3. INDLEDNING

Flere og flere danskere bosætter sig i større byer, som derfor bliver stadig mere kompakte. I dag bor omtrent ni ud af 10 i byområder, mens næsten hver femte bor i byer med mindst 50.000 indbyggere. Andelen vokser fortsat (Danmark Statistik, 2024). Høj befolkningstæthed, tættere trafik og øget energiforbrug gør luftforurening til en udfordring, selvom luftkvaliteten er blevet forbedret over en længere årrække. Nuværende grænseværdier overskrides ikke, men i flere danske byområder overskrides WHO's retningslinjer for luftkvalitet, hvilket bidrager til negative konsekvenser for folkesundheden (Jensen et al., 2024b; Nordstrøm et al., 2025). Særligt koncentrationen af partikelforurening (PM<sub>2,5</sub>) påvirker helbredsbyrden, men der er også mindre bidrag fra gasserne ozon (O<sub>3</sub>), svovldioxid (SO<sub>2</sub>) og kvælstofdioxid (NO<sub>2</sub>) (Nordstrøm et al., 2025). Høj luftforurening er forbundet med luftvejs-sygdomme, hjerte-kar-sygdomme, kræft og diabetes, og nyere forskning peger på sammenhænge med demens og psykiske lidelser (Jensen et al., 2024b; Nordstrøm et al., 2025). Nationalt anslås luftforurening at have været årsag til over 3.800 for tidlige dødsfald og samfundsøkonomiske tab på omkring 68 mia. kr. i 2024 (Nordstrøm et al., 2025). Udfordringen kompliceres yderligere af, at løsningerne sjældent er enkle og ofte kræver indsatser på tværs af sektorer som energi og trafik.

Luftforurening stiller dermed nye krav til kommuner, som efterspørger konkret viden om mulighederne for at supplere den generelle regulering med lokale luftkvalitetstiltag. Det omfatter blandt andet indsigt i, hvilke tiltag der reelt virker, hvad der er økonomisk og juridisk realistisk, og hvor indsatsen giver størst værdi for pengene i forhold til både miljøeffekter og indirekte effekter.

### 3.1 Baggrund og formål

Med aftalen *Miljøinitiativer i Grønne byer og en hovedstad i udvikling* fra september 2021 blev der afsat 14 mio. kr. til etableringen af et nationalt luftpartnerskab i perioden 2022-2025. Formålet med partnerskabet er at understøtte arbejdet med at mindske luftforureningen i byerne gennem analyser, projekter og faglige drøftelser, der skal munde ud i konkrete anbefalinger til handling.

I den forbindelse ønsker MLM at afsøge, hvilke muligheder der er for at give kommunerne bedre rammer for at iværksætte lokale luftkvalitetstiltag. Rambøll og DCE har med det afsat bistået MLM med projektet Grønne Frikommuner, hvis resultat er en kortlægning og vurdering af miljøeffekter, indirekte effekter, økonomi og regulatoriske rammer for lokale tiltag og leveret anbefalinger til MLM's videre arbejde for rammerne på området. Steen Solvang Jensen fra DCE har stået for vurdering af miljøeffekter og har forfattet DCEs bidrag til rapporten.

### 3.2 Metode

Rapporten bygger på en kombination af litteraturstudier, 11 kvalitative interviews med 19 aktører fra 10 kommuner samt miljø- og økonomiske analyser. På baggrund af eksisterende viden og kommunernes erfaringer er relevante luftkvalitetstiltag identificeret, tematiseret og prioriteret. Tiltagene er analyseret med fokus på miljøeffekter, direkte omkostninger og implementeringsrammer, og der er foretaget overordnede vurderinger af samfundsøkonomiske konsekvenser. Afslutningsvis er resultaterne samlet og valideret og danner grundlag for en tværgående vurdering af de mest effektive og realistiske tiltag. Analysen omfatter ikke en fuldstændig regulatorisk kortlægning, men belyser regulatoriske rammer og barrierer i det omfang, de fremgår af eksisterende viden og kommunale erfaringer. Der indgår desuden en tværgående beskrivelse af samfundsøkonomiske gevinster, herunder helbredseffekter og klimaeffekter, som sætter de lokale tiltag i en bredere kontekst.

For en fuld beskrivelse af metode og datagrundlag, se bilag 9.1.

### 3.3 Læsevejledning

Rapporten indledes med en sammenfatning af analysens primære fund samt anbefalinger, hvorefter nærværende indledning præsenterer baggrund, formål, metode og afgrænsninger. Herefter følger en gennemgang af en overordnet samfundsøkonomisk værdiskabelse ved forbedret luftkvalitet.

Den resterende del af rapporten er struktureret i to hovedkapitler. Opdelingen afspejler analysens todelte tilgang: først en erfaringsbaseret del om kommunernes praksis, prioriteringer og erfaringer, og dernæst en teknisk del om miljøeffekter og omkostningsstrukturer ved de udvalgte tiltag:

**Det første kapitel** gennemgår de adspurgte kommuners erfaringer og perspektiver. Kapitlet er struktureret i seks hovedtemaer. Temaerne afspejler kommunale erfaringer og interessefelter samt eksisterende viden om miljøeffekter. Udvælgelsen er sket med afsæt i kommunale input og eksisterende viden om miljøeffekter og omfatter tiltag, som kommuner enten allerede har erfaring med, eller hvor de potentielt kan have indflydelse.

For hvert af afsnittene introduceres temaet kort, og det beskrives hvilke erfaringer og perspektiver de adspurgte kommuner har på området. Herefter afgrænses de udvalgte tiltag, som analyseres i det efterfølgende kapitel. Afsnittet samler de muligheder og barrierer, der fremhæves i interviewundersøgelsen.

**Det andet kapitel** gennemgår forventede miljøeffekter og økonomiske omkostninger forbundet med specifikke luftkvalitetstiltag inden for fire kategorier relateret til:

#### *Miljøeffekter*

Her gennemgås de miljømæssige effekter af de udvalgte tiltag med fokus på emissioner, luftkvalitet, helbreds-effekter og i relevant omfang klimaeffekter. Effekterne belyses på baggrund af eksisterende forskning, modelresultater og faglige vurderinger.

#### *Økonomi*

Dette afsnit beskriver omkostningsstrukturer for de enkelte tiltag ved at identificere de væsentligste direkte omkostninger for kommuner, borgere og virksomheder. Generelle samfundsøkonomiske effekter behandles tværgående i rapporten, mens de afledte effekter, der er specifikke for det enkelte tiltag, fremhæves her.

#### *Cases*

For en del af tiltagene opstilles illustrative cases, som har til formål at konkretisere, hvordan miljøeffekter og omkostninger kan variere afhængigt af lokal kontekst, omfang og gennemførelse. Cases skal ses som eksempler og ikke som generelle beregninger.

#### *Samlet vurdering af tiltag inden for hvert tema*

Hvert temaafsnit afsluttes med en sammenfattende vurdering, hvor kommunale erfaringer, miljøeffekter, økonomiske forhold samt muligheder og barrierer ses i sammenhæng. Formålet er at tydeliggøre, hvad der på tværs af datagrundlaget kan siges om tiltagets effektpotentiale, gennemførlighed og kommunale handlemuligheder, samt hvor der fortsat er usikkerheder eller videnshuller.

### **Samlet sammenfatning og perspektivering**

Rapporten afsluttes med en tværgående sammenfatning, som samler hovedresultaterne på tværs af temaer og vurderer, hvor kommunale indsatser har de mest dokumenterbare luftkvalitetseffekter, hvor effekterne er mere usikre eller indirekte, og hvor rammevilkår uden for kommunal kontrol er afgørende. Denne del sætter analysens

fund ind i en bredere styringsmæssig kontekst og peger på, hvor der – i lyset af de afdækkede effekter, økonomiske forhold og kommunale erfaringer – kan være relevante overvejelser i relation til ændrede rammer, herunder mulighed for frikommuneforsøg og den nationale udvikling på området.

## 4. SAMFUNDSØKONOMISK VÆRDISKABELSE VED FORBEDRET LUFTKVALITET

I denne rapport er der metodisk fokuseret på at værdisætte gevinsterne ved forbedret luftkvalitet. Dette afsnit sætter imidlertid dette fokus i et bredere perspektiv ved at beskrive de samlede samfundsøkonomiske effekter. De udvalgte tiltag i rapporten har nemlig en lang række afledte konsekvenser, både positive og negative, som rækker ud over effekten på luftkvaliteten. Afsnittet fungerer som en tværgående rammesætning for rapportens efterfølgende analyser og introducerer de samfundsøkonomiske perspektiver, som er relevante på tværs af de udvalgte temaer.

### Helbredseffekter og økonomiske omkostninger

Forbedringer i luftkvaliteten indebærer betydelige samfundsøkonomiske gevinster. Når luften bliver renere, falder antallet af sygedage, hospitalsindlæggelser og for tidlige dødsfald, hvilket har en direkte økonomisk værdi for samfundet. Luftforurening – særligt fine partikler (PM<sub>2,5</sub>), ozon (O<sub>3</sub>), kvælstofdioxid (NO<sub>2</sub>) og svovldioxid (SO<sub>2</sub>) – er veldokumenteret forbundet med øget sygdomsbyrde og tab af livskvalitet.

DCE gennemfører årlige modelberegninger med modelsystemet *EVA-Economic Valuation of Air Pollution* for at kortlægge disse konsekvenser. Opgørelserne for 2024 viser, at luftforurening fra både danske og udenlandske kilder samlet bidrager til ca. 3.800 for tidlige dødsfald i Danmark årligt. Heraf tegner danske kilder sig for ca. 826 dødsfald, hvor de største bidragsydere er små forbrændingsanlæg (primært brændeovne), landbruget og vejtransporten. Økonomisk set løber de samlede helbredsrelaterede omkostninger i Danmark op i ca. 15 mia. kr. årligt, hvis man kun ser på danske kilder, mens tallet stiger til ca. 65 mia. kr., når bidraget fra udlandet inkluderes. Herudover bidrager danske emissioner til omkring 1.440 for tidlige dødsfald i udlandet (Nordstrøm et al., 2025).

En central indsigt fra DCE's analyser af kommuner som København (Jensen et al., 2024b), Frederiksberg (Jensen et al., 2020b), Aarhus (Jensen et al., 2017), Odense (Jensen et al., 2020b) og Tårnby (Jensen et al., 2024c) er, at luftforurening transporteres over lange afstande og på tværs af kommunegrænser. For alle fem analyse-rede kommuner gælder det, at lokale kilder kun bidrager med 1-9 pct. af de helbredsmæssige konsekvenser internt i kommunen. De resterende 91-99 pct. kommer udefra. Det betyder, at lokale reduktionstiltag inden for f.eks. trafik eller brændeovne kun i mindre grad kan reducere den samlede luftforurening. Ud over at lokale tiltag bidrager til bedre luftkvalitet lokalt, bidrager de også til bedre luftkvalitet uden for nærområdet, da luftforurening spredes over lange afstande.

Til at værdisætte disse gevinster anvendes DCE's miljøøkonomiske enhedspriser, der angiver samfundsomkostningen ved udledning af forurening. Omkostningerne er opgjort som kr. pr. kg emission. Resultatet udtrykker værdien af de sparede helbredseffekter. Der er fastsat enhedspriser for de 10 emissionssektorer i den nationale emissionsopgørelse samt for international skibstransport. For ikke-industriel forbrænding (hovedsageligt brændeovne) og vejtransport er der desuden beregnet et lokalt tillæg, som afspejler, at disse kilder typisk er placeret i tæt befolkede områder og tæt på mennesker (Brandt et al., 2023). Enhedspriserne er samlet i bilag 14.2.

### Tværgående samfundsøkonomiske effekter

Mens rapporten har et primært fokus på værdien af renere luft, bidrager de udvalgte tiltag i praksis til en langt bredere samfundsøkonomisk værdiskabelse. På tværs af sektorer understøtter tiltagene andre væsentlige samfundsmål, hvilket også bør indgå som en væsentlig faktor i det samlede beslutningsgrundlag.

Tiltag til forbedring af luftkvaliteten kan i mange tilfælde medføre betydelige synergier, når de samtidig reducerer klimabelastende emissioner. European Environment Agency (EEA) peger på, at mange af de vigtigste kilder til lokal luftforurening også bidrager til klimaforandringer. Synergierne er særligt tydelige ved reduktion af forbrændingsbaserede emissioner, f.eks. gennem udfasning af fossile brændsler i transport og opvarmning.

EEA fremhæver dog også, at der kan opstå trade-offs, f.eks. når øget anvendelse af biomasse reducerer CO<sub>2</sub>-udledningen, men samtidig øger emissionen af partikler. En integreret vurdering af både sundheds- og klimaeffekter er derfor afgørende for at identificere de indsatser, der giver størst samlet værdi (EEA, 2022).

Reduktion af støj og forbedret bymæssig æstetik udgør ligeledes en markant værdi for samfundet. Elektrificering af transport fjerner motorstøj, hvilket kan have stor betydning for stressniveau og søvnkvalitet hos beboere langs trafikerede veje. Denne værdi forstærkes, når den understøttes af grønne byrum. Træer og beplantning bidrager ikke kun til støjdemning og klimatilpasning – f.eks. reduceret 'Urban Heat Island', regnvandshåndtering og øget biodiversitet – men tilfører også byen en æstetisk herlighedsværdi. Attraktive, grønne og støjsvage byrum øger borgernes trivsel og afspejles typisk direkte i højere ejendomspriser i området.

Ændringer i tidsforbrug, velfærd og komfort er en kompleks størrelse, der indeholder både gevinster og omkostninger. Trafikale restriktioner, såsom bilfrie områder eller nulemissionszoner, vil ofte medføre gener og øget rejsetid for bilister, der tvinges ud på omveje eller må parkere længere væk fra destinationen. På varmeområdet ses derimod en tidsgevinst, når arbejdskrævende brændeovne erstattes af automatiseret fjernvarme. Denne effektivisering skal dog afvejes over for tabet af andre velfærdsgoder; brændeovnen repræsenterer for mange en unik 'hygge-effekt' og bidrager til forsyningssikkerheden som en supplerende varmekilde. Hertil kommer den sundhedseffekt, der opstår gennem øget fysisk aktivitet. Dette er særligt relevant ved fremme af aktiv transport, hvor investeringer i cyklisme flytter pendlere fra passiv transport i biler til aktiv bevægelse.

Endelig er det nødvendigt at forholde sig til de fordelingsmæssige effekter. Mange grønne tiltag – såsom elbiler, varmepumper og energireoveringer – er karakteriseret ved høje etableringsomkostninger, men lave driftsudgifter. Dette kan skabe en social skævhed, hvor husstande med lavere indkomster eller ældre borgere har vanskeligheder ved at løfte den initiale investering, selvom den er rentabel på sigt. Uden kompenserende tilskudsordninger eller fælles løsninger risikerer omkostningerne ved den grønne omstilling derfor at ramme socialt skævt.

### **Sammenfattende konklusion**

De beskrevne samfundsøkonomiske perspektiver illustrerer, at effekterne af de enkelte tiltag rækker vidt. Selvom denne rapport metodisk afgrænser sig til en værdisætning af luftkvalitetsgevinsterne, er det væsentligt at fastholde, at dette kun udgør en del af det samlede billede.

En integreret vurdering af både sundheds- og klimaeffekter er derfor afgørende for at kunne prioritere indsatser på tværs af sektorer og teknologier og sikre, at de valgte tiltag leverer størst mulig samlet samfundsøkonomisk værdi. Ved at anlægge denne helhedsbetragtning sikres et mere robust beslutningsgrundlag for valg og prioritering af fremtidige klima- og luftkvalitetstiltag.



Gennemgang af temaer: Kommunale  
erfaringer og betragtninger

## 5. GENNEMGANG AF TEMAER: KOMMUNALE ERFARINGER OG BETRAGTNINGER

Dette kapitel sammenfatter de interviewede kommuners erfaringer, prioriteringer og vurderinger i arbejdet med lokal luftkvalitet. Fremstillingen er baseret på kvalitative interviews med kommunale fagmedarbejdere og udvalgsfolk og har fokus på erfaringer, praksis, muligheder og barrierer set fra et kommunalt perspektiv.

På tværs af temaerne tegner der sig et gennemgående billede af, at luftkvalitet sjældent behandles som et selvstændigt politikområde. Indsatser gennemføres typisk som led i bredere dagsordener inden for mobilitet, klima, byudvikling, energi og sundhed, hvor forbedringer af luftkvaliteten indgår som en væsentlig, men ofte sekundær effekt. Samtidig er det kommunale dokumentationsgrundlag for gennemførte, isolerede luftkvalitets-effekter generelt begrænset, da tiltagene indgår i større projekter med flere formål.

Temaerne er opbygget efter en ens struktur med en kort introduktion, kommunernes erfaringer og vurderinger samt identificerede muligheder og barrierer.

### 5.1 Mobilitets- og trafikplanlægning

På tværs af interviews med udvalgsfolk og kommunale fagpersoner om erfaringer med luftkvalitetsforbedrende tiltag tegner der sig et billede af, at mobilitets- og trafikplanlægning er et felt, hvor luftkvalitet ofte indtænkes som sidegevinst. Indsatser og tiltag drives typisk primært af hensyn til klima, byliv og trængsel. Flere kommuner har fokus på at fremme forholdene for 'bløde trafikanter' – både som et fokuspunkt i bredere strategier og i form af konkrete tiltag. Særligt er der kommunale erfaringer med udbygning af cykelstier og fredeliggjorte bygader, særligt i bymidter, hvilket opleves at øge trykthed samt opholdsvenlighed og samtidig mindske lokal eksponering for luftforurening.

Hvad angår kollektiv transport, arbejder flere kommuner med at gøre brugen af busser, letbaner og lignende transportformer mere effektiv og bekvem med henblik på at øge fremkommelighed, tilgodese klimahensyn og mindske luftforurening. Her nævnes blandt andet strategisk sammen-tænkning af kollektiv fremkommelighed og placeringen af offentlige bygninger. Der arbejdes også mere direkte med at reducere luftforurening foranlediget af privatbilisme i bymidter. Tomgangsregulativer med regler for, hvor længe biler må holde i tomgang, nævnes her som et forholdsvist ukompliceret tiltag, der allerede er implementeret i en lang række kommuner. Desuden fremhæver flere kommuner brugen af miljøzoner som et positivt tiltag, der i flere tilfælde hovedsageligt er drevet af hensyn til lokal luftkvalitet.

I den forbindelse nævnes også ønsket om at inkludere yderligere køretøjstyper, herunder erhvervsmaskiner og tohjulede køretøjer, i miljøzoner fremadrettet, mens nulemissionszoner også nævnes som en fremtidig overvejelse. Dertil arbejdes der også mere generelt med etablering af bilfri byområder som led i byplanlægningen for både at fremme 'bløde trafikanter' og reducere biltrafik i bymidter. Det pointeres dog, at tiltag mod privatbilisme primært opfattes som relevante i tætbefolkede bymidter og ikke nødvendigvis er hensigtsmæssige i mindre tætbefolkede kommuner eller i områder uden for bymidten.

### Muligheder og barrierer

De adspurgte kommunale fagmedarbejdere peger på gode muligheder i at videreføre en klar prioritering af gående og cyklister i bymidter gennem mobilitetsplaner og byomdannelse. Inden for den kollektive transport fremhæves et fortsat fokus på udbredelse og udbygning af bus- og letbanetilbud samt en strategisk placering af offentlige funktioner, så disse i videst muligt omfang er tilgængelige med kollektiv transport. I tætbefolkede bymidter ses der ligeledes potentiale i hel eller delvis begrænsning af privatbilisme gennem fredeliggørelse, bilfrie områder eller miljø-/nulemissionszoner. I relation hertil peges der på muligheden for at inkludere yderli-

gere køretøjstyper, herunder arbejdsmaskiner og tohjulede køretøjer i miljøzoner. Flere af de adspurgte kommuner påpeger at dette på nuværende tidspunkt ikke kan realiseres på kommunalt niveau inden for gældende juridiske rammer og derfor vil forudsætte en lovændring.

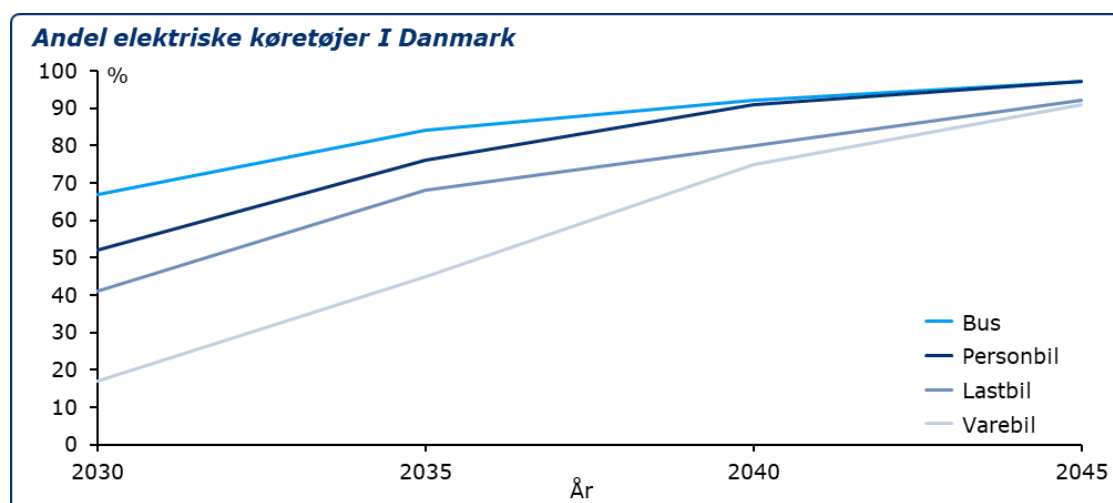
De adspurgte kommunale fagmedarbejdere og udvalgspolitikere fremhæver dog også en række barrierer på området. En gennemgående bekymring er, at tiltag, der har til formål at begrænse privatbilisme, f.eks. gennem fredeliggørelse af bymidter, kan have socialt skæve konsekvenser og i særlig grad ramme allerede sårbare borgere, herunder gangbesværede. Der peges ligeledes på risikoen for negative konsekvenser for erhvervsliv og detailhandel, hvis vanskeligere eller mere begrænset adgang til bymidten medfører, at færre indkøb foretages her.

I relation til miljøzoner fremhæves midler til implementering som et bispænd for kommunerne, idet tiltaget vurderes at være omkostningstungt og forbundet med udgifter, f.eks. til oplysning, skiltning og i særdeleshed tilpasning af kommunens egen bilflåde.

## 5.2 Elektrificering af transport

Elektrificering af transport er et centralt element i kommunernes arbejde med grøn omstilling og har samtidig betydning for den lokale luftkvalitet.

Figur 1.: Forventet udvikling i andelen af elektriske køretøjer i Danmark



Note: Baseret på udtræk fra DCE's emissionsdatabase.

Flere af de adspurgte kommuner har konkret erfaring med elektrificering af den kollektive trafik. Det gælder særligt elektrificering af bybusser, hvor udviklingen flere steder er nået langt. Elektrificering af tog fremhæves desuden som en fremadrettet prioritering. Selvom luftkvalitet sjældent udgør det bærende argument for omlægningen – hvor klimahensyn ofte er dominerende – er opfattelsen, at elektrificering leverer klare lokale gevinster i forhold til luftkvalitet og opleves positivt af borgere, der kan mærke forskellen i hverdagen.

Inden for privatbilisme arbejdes der på tværs af de adspurgte kommuner målrettet med at understøtte borgernes overgang til elbiler. Dette sker primært gennem investeringer i offentlig ladeinfrastruktur og lokale elbilstrategier, der i bred forstand har til hensigt at mindske praktiske og bekvemmelighedsmæssige barrierer for borgerne. Selvom valget mellem el- og fossildrevne køretøjer i sidste ende træffes af den enkelte borger, peger flere kommuner på, at udviklingen allerede forløber med høj hastighed, hvilket indikerer, at den kommunale indsats på området – i samspil med statslige indsatser – har haft betydning og fortsat er relevant. Indsatserne er overvejende motiveret af klimamæssige hensyn, men kommunerne fremhæver samtidig forbedringer i den lokale luftkvalitet som en væsentlig afledt gevinst.

Derudover fremhæves konkrete erfaringer med elektrificering af egne køretøjer. Personbilsflåder er flere steder delvist omlagt til el, og elbiler anvendes i stigende grad til daglige drifts- og tilsynsopgaver. Elektrificeringen af tungere køretøjer og arbejdsmaskiner i kommunernes egne flåder er fortsat begrænset, men området nævnes som en fremadrettet prioritet og er enkelte steder allerede indarbejdet, f.eks. gennem krav om anvendelse af eldreved materiel ved kommunale anlægsprojekter. Endelig arbejdes der i kommuner med bynære havne med at reducere emissioner fra krydstogt- og fragtskibe under ophold ved kaj. I den sammenhæng fremhæves etablering af landstrømsanlæg, som behandles under afsnittet om kommunespecifikke forhold.

### Muligheder og barrierer

Mulighederne for at accelerere omlægningen til elektriske løsninger fremhæves i flere interviews. Den succesfulde elektrificering af særligt bybusser – og i nogen grad letbaner – indikerer et betydeligt potentiale for yderligere omlægning af den kollektive transport på lokalt niveau. Tilsvarende fremhæves den gradvise omstilling af kommunernes egen bilflåde fortsat som en prioritering, hvor der peges på muligheder for videreudvikling og inddragelse af yderligere køretøjstyper som et fremtidigt fokusområde. I lyset af den hastige omstilling mod privat elbilisme fremhæves den fortsatte udbredelse af ladeinfrastruktur ligeledes som et område med vedvarende relevans – særligt i mere tætbefolkede kommuner.

Samtidig peges der dog på en række centrale begrænsninger. For elektrificeringen af togtransporten fremhæves det, at tempoet i høj grad afhænger af nationale beslutninger og derfor ligger uden for kommunernes direkte indflydelse. Hvad angår vejtransport – herunder privatbilisme, kommunernes egen bilflåde og busdrift – begrænses omstillingen af høje kommunale omkostninger og et langsomt tempo, idet overgangen til el typisk sker løbende som led i den almindelige udskiftning af ældre køretøjer. I kommuner med bynære havne beskrives etablering af landstrøm desuden som en omkostningstung investering, hvor de økonomiske forhold fremhæves som en væsentlig barriere for manglende implementering.

### 5.3 Bolig og opvarmning

Bolig- og opvarmningstemaet dækker selve varmforsyningen til bygninger, herunder rumopvarmning og produktion af varmt brugsvand i boliger, kontorer, offentlige institutioner samt fritidshuse.

#### Overblik over varmforsyningen i Danmark

##### I private boliger

- Fjernvarme og varmepumper har været i betydelig vækst i de senere år og forsyner nu hhv. ca. 64 og 8 pct. af danske boliger.
- Naturgas og oliefyrr står for hhv. ca. 11 og 4 pct. af boligopvarmningen og er begge varmekilder i tilbagegang.
- I ca. 25 pct. af boliger findes brændeovne eller træpilleovne som primær eller sekundær varmekilde.
- I 2021 var der omkring 908.000 brændefyringsanlæg i Danmark, hvoraf omkring 669.000 var brændeovne, 122.000 pillefyrr, 68.000 kedler og 45.000 andre ovne.

##### I kommunale bygninger

- Omtrent 15 pct. af kommunale bygninger opvarmes fortsat med naturgas eller olie.
- Af disse bygninger er cirka 87 pct. placeret i områder uden fjernvarmforsyning.

Note: Boliger omfatter her parcelhuse, række-, kæde- og dobbelthuse, etageboliger og fritidshuse (beboede og ubeboede).

Kilde: [BOL102. Danmarks Statistik](#); Jensen et al. (2024); Neergaard (2025); Rambøll (2022).

Indsigter fra interviews med udvalgsfolk og kommunale fagmedarbejdere viser, at de adspurgte kommuner arbejder bredt og strategisk med varmeplanlægning for at reducere udledninger og understøtte omstilling til grønne energikilder. Hovedfokus er derfor ofte energieffektivitet og omstilling snarere end luftforurening som hovedargument.

Fjernvarmeudbygning fremhæves som et centralt indsatsområde, hvor kommunerne via varmeplanlægning søger at øge tilslutningen i eksisterende områder og samtidig planlægge udbredelse til nye. Samtidig arbejdes der bredt med omlægning af fjernvarme til mindre emissionstunge kilder. Særlige fokuspunkter omfatter elektrificering gennem varmepumper, geotermi og akkumuleringstanke. Flere af de adspurgte kommuner beskriver ligeledes fokus på at gøre beslutningsprocesser mere overskuelige for borgere, f.eks. gennem partnerskaber med forsyningselskaber, administrative forenklinger og information.

Omstilling af kommunernes egen bygningsmasse fremhæves ligeledes som et indsatsområde, hvor gas- og olie-fyr gradvist erstattes af varmepumper eller fjernvarme, når det vurderes som teknisk og økonomisk muligt. Derudover ses brændeovne som en væsentlig lokal kilde til luftforurening, og reguleringen heraf fremstår som et af de mest konkrete styringsområder på tværs af kommuner. Ud over nationale regler om udskiftning ved ejerskifte (BEK nr. 1449/2021) har flere kommuner indført forskrifter, f.eks. relateret til brændselstyper og røggener.

Nye muligheder for at kræve reel udfasning af brændeovne i kollektivt forsynede områder har desuden været til overvejelse i langt størstedelen af de interviewede kommuner, om end kun få kommuner foreløbigt har valgt at gøre brug af muligheden for at forbyde brændeovne etableret før 2008. En enkelt kommune har samtidig erfaringer med et fuldt forbud mod brændeovne i lokalplaner for fremtidigt byggeri, om end initiativet sidenhen er trukket tilbage. De adspurgte kommunale fagmedarbejdere nævner også dialog- og vejledningsbaserede indsatser, såsom samarbejder med lokale skorstensfejere om vejledning af borgere i forhold til alternativer i forbindelse med tilsyn som et muligt supplement til formel regulering.

### Muligheder og barrierer

Muligheder for at accelerere omlægning til renere teknologier fremhæves i særdeleshed af kommunerne. For fjernvarme handler det om at øge tempoet i udbygningen, knytte varmeplanlægning tættere til boligområdets tilslutningspotentiale og fjerne praktiske barrierer, f.eks. via forenklede processer og lavere tilslutningsomkostninger. For brændeovne ses potentialet primært i kollektive varmeområder, hvor regulering kan kombineres med pragmatisk borgervejledning, så udskiftning og korrekt drift bliver mere smidig. Hvor fjernvarme ikke er tilgængelig, peges der på muligheder i at gøre konvertering til varmepumper eller nyere, renere ovne mere attraktiv og samtidig støtte korrekt fyringspraksis for husstande, der fortsat har behov for brændefyring.

Der nævnes imidlertid også væsentlige begrænsninger. Store investerings- og infrastrukturelle krav udgør en barriere på forsyningsiden, og afhængigheden af fossil spids- og reservekapacitet kan give lokale emissioner i overgangsperioder. I relation til brændefyring peges kommunerne på begrænsede muligheder for regulering i områder uden fjernvarme. Endelig vurderes udskiftning af brændeovne at være dyrt for den almene husholdning, hvilket kan gøre omstillingen langsom og socialt skæv i fravær af økonomiske incitamenter. Hertil kommer, at brændeovne mange steder fungerer som nødvendig hoved- eller backupvarme, hvilket vanskeliggør strammere regulering uden realistiske alternativer. Derudover peges flere kommuner ligeledes på fraværet af DUT-midler til kommunal implementering som en barriere for at kunne løfte opgaven.

### 5.4 Grønne byområder

Grønne byområder og beplantning indgår i mange kommuners arbejde med byudvikling og trivsel og kan samtidig have betydning for den lokale luftkvalitet. Effekten afhænger i høj grad af udformning og lokale forhold, og den samlede forskningsmæssige dokumentation er begrænset og usikker sammenlignet med andre virkemidler. Derfor er beplantning sjældent målrettet luftkvalitetsforbedring alene, men gennemføres typisk med henblik på andre formål, herunder bykvalitet, biodiversitet, klimatilpasning, støjrreduktion og borgernes trivsel. Kommunerne fremhæver, at sådanne tiltag ofte har bred lokal opbakning og bidrager til mere attraktive bymiljøer, og at eventuelle luftkvalitetsforbedringer er en sidegevinst.

Interviewene viser, at de adspurgte kommuners erfaringer varierer betydeligt. Nogle kommuner arbejder målrettet med at øge trækrønedække og etablere flere grønne områder som led i klimaplaner eller bystrategier,

mens andre i højere grad prioriterer biodiversitet eller rekreative formål. Flere kommuner udtrykker en generel interesse i at anvende grønne løsninger som en del af indsatsen for et sundere bymiljø.

Samtidig peger de adspurgte kommunale fagmedarbejdere på, at effekten på luftkvaliteten er vanskelig at dokumentere i praksis. Manglen på klare målemetoder og entydig evidens gør det vanskeligt at vurdere, hvilke løsninger der giver størst effekt, og dermed også at prioritere indsatsen ud fra et luftkvalitetshensyn alene. Der foreligger nationale inspirationsmaterialer om grønne løsninger i byer, men kommunerne oplever fortsat behov for mere konkret viden om effekter under danske forhold.

### Muligheder og barrierer

Der ses en generel interesse blandt politikere og borgere for grønne løsninger (såsom beplantning), særligt når disse er koblet til andre fordele. F.eks. er der en større interesse for beplantning i bymidter, hvis det kan være med til at skabe bedre luftkvalitet og sundhed samt øge herlighedsværdien for borgerne ved at befinde sig i disse områder. Nogle kommuner har et særligt stort fokus på grønne områder, fordi de i forvejen er beliggende ved naturområder, som ikke må ændres eller inddrages til andre formål.

En af de barrierer, som nævnes af flere kommuner, er, at implementering af grønne tiltag såsom beplantning kræver finansiering, og flere kommuner har erfaret, at det er dyrt at udføre tiltag som at plante mange træer og etablere grønne løsninger uden statslig støtte. Dertil kommer, at kommunernes arbejde med grønne byområder kan udfordres af manglende data og videnskabeligt belæg for effekterne af at plante træer eller øge mængden af beplantning i byområder. Dette gør det vanskeligt at demonstrere, hvilke og hvor store fordele der kan være af disse typer tiltag og dermed argumentere politisk for at sætte større fokus på dem.

### 5.5 Viden og samarbejde

Dette tema adskiller sig fra de øvrige temaer ved primært at handle om beslutningsgrundlag, koordinering og reduktion af eksponering frem for emissionsreduktion.

På tværs af interviewene med kommunale aktører fremstår datagrundlag og samarbejde på tværs af kommunegrænser som afgørende for kommunernes arbejde med luftkvalitet. På dataområdet baserer flere kommuner deres faglige vurderinger på data fra nationale målestationer samt modeller, udviklet af DCE. En enkelt kommune har herudover erfaring med egne lokale målestationer med løbende offentliggørelse af måledata. Desuden har flere kommuner – typisk i samarbejde med universiteter – anvendt såkaldte low-cost sensorer i afgrænsede, lokale projekter, f.eks. i forbindelse med cykelstudier, til at opnå indikationer om luftforurening på meget lokalt niveau.

I denne sammenhæng gør enkelte kommuner brug af WHO-luftkvalitetskriterier, som er vejledende anbefalinger, og som er strammere end de lovregulerede EU-grænseværdier, som pejlemærker for vurdering af den lokale luftkvalitet. Borgerrettet vidensformidling om luftkvalitet – særligt målrettet sårbare borgere – fremhæves som et værdiskabende greb i større bykommuner.

Et konkret eksempel herpå er udviklingen af en app med kortvisning, varslingsystem og handleanvisninger, målrettet sårbare borgere, og baseret på korttidsprognoser for luftforurening (Byens Luft).

Derudover nævnes mulighederne for at udvikle information om byruter, som er målrettet udsatte borgergrupper, som giver vejledning i, hvordan borgerne kan minimere eksponering for luftforurening ved at vælge mindre forurenende ruter gennem en by.

Samarbejde på tværs af kommunegrænser udgør desuden et centralt element i arbejdet med luftkvalitet. Dette opfattes som særligt relevant i forbindelse med større indsats, herunder implementering af miljøzoner og håndtering af luftforurening omkring lufthavne. I den sammenhæng fremhæves initiativer, som understøtter samarbejde på tværs, herunder f.eks. potentialiet i samarbejdet om Det nationale luftpartnerskab. Herudover har

flere kommuner erfaringer med samarbejde med andre lokale aktører med relevans for området, herunder større virksomheder med væsentlige udledninger, forsyningsselskaber og lufthavne, gennem dialogfora og fælles planlægningsprocesser. Endelig nævnes et igangværende kommunalt forsøg på at facilitere vidensdeling på tværs af kommuner og andre aktører gennem årlige netværksmøder om netop luftkvalitet med blandt andet forskere, foreninger og kommuner som deltagere.

### Muligheder og barrierer

Fremadrettet peger kommunerne på en række muligheder for at styrke arbejdet med luftkvalitet. Et gennemgående tema er behovet for øget samarbejde og erfaringsudveksling på tværs af kommuner. Flere fremhæver, at systematisk vidensdeling kan understøtte udvikling og implementering af lokale tiltag. Samtidig peges der på samarbejde med lokale aktører som et centralt element i planlægningen af større indsatser, eksempelvis partnerskaber med forsyningsselskaber om udvikling af mindre emissionstunge varmeplaner.

Et andet centralt udviklingsområde er styrkelse af datagrundlaget. Flere kommuner fremhæver behovet for fortsat udvikling af lokale målinger for bedre at kunne vurdere effekterne af iværksatte tiltag. I den forbindelse nævnes også muligheder for at videreudvikle borgerrettet formidling af luftkvalitet gennem apps og andre digitale løsninger, hvor der allerede foreligger positive erfaringer.

Samtidig peger kommunerne på en række barrierer. Inden for data og målinger fremhæves varierende datakvalitet og begrænset sammenlignelighed af low-cost sensorer som en udfordring, der hæmmer en bredere anvendelse. Omvendt er mere præcise målemetoder forbundet med betydelige omkostninger, hvilket begrænser kommunernes mulighed for selv at etablere omfattende måleprogrammer.

Der peges desuden på behov for fortsat opbygning og systematisk deling af viden på området. I den forbindelse efterspørges mere permanente rammer for vidensdeling, f.eks. i forlængelse af erfaringerne fra Det nationale luftpartnerskab, herunder etablering af fælles kommunale fora, pilotprojekter og andre samarbejdsformer, der kan understøtte en mere koordineret indsats. Endelig ønskes der tydeligere nationale målsætninger eller grænseværdier for stoffer uden aktuel regulering, herunder ultrafine partikler.

## 5.6 Kommunespecifikke forhold

Dette tema samler en række kommunespecifikke forhold, som kan være væsentlige for lokal luftkvalitet i udvalgte kommuner, men som ikke har samme tværgående relevans som rapportens øvrige temaer. Der er derfor tale om lokalt vigtige problemstillinger, hvor både udfordringsbillede, handlemuligheder og datagrundlag i høj grad afhænger af den konkrete kommunale kontekst.

Interviewene viser, at de adspurgte kommunale fagmedarbejdere også arbejder med, eller er opmærksomme på, forskellige tiltag, som er kommunespecifikke i den forstand, at problematikkerne, som tiltagene henvender sig mod, kun berører en eller få kommuner eller kun prioriteres af et fåtal af kommunerne. Regulering af asbestholdige tagplader, luftforurening fra krydstogtskibe og andre skibe i havn samt forbedring af luftkvaliteten i relation til flytrafikken er blandt disse tiltag. En enkel kommune har også nævnt NO<sub>x</sub>-reducerende belægnings.

### Muligheder og barrierer

Der eksisterer forskellige barrierer, som skaber udfordringer for kommunerne i relation til at realisere de forskellige tiltag. Disse barrierer er af hhv. juridisk og økonomisk karakter.

#### *Partikelfiltre på skibe*

En af de barrierer, der nævnes blandt kommunerne i forbindelse med partikelforening fra skibe, er, at der mangler specifikke lovgivningsmæssige rammer, der regulerer dette område. Der findes endnu ikke lovgivning, der sætter krav til partikelfiltre på krydstogtskibe, sammenlignet med de regler der findes for biler, og det skaber en u hensigtsmæssig situation, set fra et kommunalt perspektiv.

### *Luftforurening fra flytrafikken*

En barriere, der fremhæves på tværs af lufthavnsnære kommuner, og som gør det svært at arbejde med luftforurening i relation til flytrafik, er, at luftforurening fra flytransport ofte er grænseoverskridende og derfor reguleres gennem nationale eller internationale tiltag. Flytrafikken ligger typisk uden for kommunernes ressortområde, hvilket begrænser hvad kommunerne kan opnå alene og understreger behovet for støtte fra nationale niveauer eller EU-direktiver til at komme luftforurening via flytransport til livs. Miljøstyrelsen er miljømyndighed for Københavns Lufthavn og Flyvestation Skrydstrup, mens miljøregulering af andre lufthavne hører under kommunerne.


Når det kommer til luftforurening fra flytrafik, fremhæver nogle kommuner særligt ultrafine partikler som et emne og en problematik, der ligger både borgere og politikere på sinde. Det er dog et område, som er vanskeligt at regulere, set fra de adspurgte kommuners perspektiv, idet der ikke findes nogen lovbestemte grænser for luftforurening fra ultrafine partikler, hvilket gør det svært for kommunerne at forholde sig konkret til, hvordan de kan håndtere problematikken. Nogle kommuner efterspørger af denne grund mere viden om, hvordan man kan arbejde med ultrafine partikler på en meningsfuld måde, og en kommune foreslår desuden, at retningslinjer fra WHO ville være nyttigt på dette område.

### *Asbest*

Enkelte kommuner peger på, at der er et behov for strengere og mere ensartet national lovgivning for at regulere udfasning af brugen af asbest. Miljøreguleringerne varierer mellem regioner, hvilket skaber uens muligheder og udfordringer kommunerne imellem. Enkelte kommuner har peget på behovet for, at staten griber ind med mere omfattende og koordineret lovgivning.

Dertil kommer, at fjernelse og udskiftning af asbestholdige tagplader er en dyr proces, som kræver værnemidler til beskyttelse. Der er derfor et ønske om økonomisk støtte fra staten for bedre at kunne motivere borgere til at udskifte deres asbesttage. En tilskudsmodel fra Holland er blevet nævnt som eksempel på en måde at yde tilskud til borgere, som man i Danmark kunne drage inspiration fra.

Behovet for bedre måleudstyr og mere lokale og valide målinger af asbestfiberkoncentrationer er også blevet fremhævet som forudsætninger for at komme asbestens sundhedsskadelige effekter til livs. Kommunerne har begrænsede ressourcer til at anskaffe sig dette udstyr og påpeger, at fejlagtige målinger kan skabe usikkerhed og ineffektiv håndtering.



# Gennemgang af temaer: Miljøeffekter og økonomi

## 6. GENNEMGANG AF TEMAER: MILJØEFFTER OG ØKONOMI

Hvor det foregående kapitel beskriver kommunernes erfaringer og oplevede muligheder og barrierer, analyserer det følgende kapitel de miljømæssige og økonomiske konsekvenser af de udvalgte tiltag uafhængigt af den aktuelle implementeringsgrad inden for de seks temaer. Formålet er at skabe et fagligt grundlag for at vurdere tiltagenes effekt og omkostninger samt at synliggøre de centrale afvejninger mellem miljøgevinster og ressourceforbrug. Kapitlet kombinerer eksisterende viden, beregninger og illustrative eksempler for at understøtte en nuanceret vurdering af tiltagenes potentiale i en kommunal kontekst.

### 6.1 Mobilitet- og trafikplanlægning

Inden for temaet ses der nærmere på følgende konkrete tiltag med henblik på at afdække potentielle miljøeffekter og økonomiske omkostninger, forbundet med tiltagene:

- *Fremme af cykeltrafik*  
Kommuner kan understøtte øget cykling gennem etablering og forbedring af cykelstier, parkering og sikker infrastruktur, som gør det nemmere og mere attraktivt at vælge cyklen.
- *Fremme af bus, metro og letbane*  
Kommuner kan styrke brugen af bus, metro og letbane ved at forbedre ruteplanlægning, tilgængelighed og hyppighed.
- *Regulering af trafikmængde og hastighed*  
Kommuner kan mindske luftforurening gennem hastighedsbegrænsninger, trafikdæmpende tiltag og restriktioner på biltrafik i særligt belastede områder.
- *Bilfrie byområder*  
Kommuner kan skabe bilfrie zoner, f.eks. gågader, hvor motoriseret trafik er helt eller delvist forbudt og i stedet indrettet til fodgængere, cyklister og/eller kollektiv transport.
- *Fremme af delebiler*  
Kommuner kan understøtte fremme af delebiler på forskellige måder. Delebiler kan bidrage til mindre kørsel og færre biler og dermed mindre luftforurening.
- *Miljø- og nulemissionszoner*  
Kommuner kan reducere lokale emissioner ved at etablere områder, hvor kun køretøjer, der lever op til specifikke emissionskrav, har adgang, forudsat at staten fastsætter lovgivningsmæssig hjemmel, der gør det muligt for flere kommuner at etablere sådanne zoner.

#### Områdets betydning for luftkvalitet

Ifølge udtræk fra DCE's nationale emissionsopgørelse står vejtransport i Danmark for omkring 28 pct. af landets samlede udledninger af drivhusgasser i 2024. Det skyldes hovedsageligt, at en stor del af vejtransporten stadig er afhængig af fossile brændstoffer, selvom elektrificeringen er stigende. Hvis der alene ses på CO<sub>2</sub>-udledninger, står vejtransport for 43 pct. Den relative andel af vejtransportens emissioner er vokset over tid, fordi energisektoren samtidig har reduceret CO<sub>2</sub>-udledningen gennem øget brug af vedvarende energi.

Inden for luftforurening er vejtransport den tredje største danske kilde til helbredseffekter (Nordstrøm et. al, 2024). Den bidrager hvert år til cirka 102 for tidlige dødsfald, hvoraf 44 skyldes udstødningsforurening, og 58

relaterer sig til ikke-udstødningsforurening fra vej-, dæk- og bremseslid. De helbredsrelaterede omkostninger, knyttet til vejtransport, vurderes til omkring 1,6 mia. kr.

### Miljøeffekter af udvalgte tiltag

#### *Fremme af cykeltrafik*

Eftersom cykler hverken udsender helbredsskadelige gasser eller partikler, vil overflytning fra forurenende køretøjer til cykel reducere luftforureningen betydeligt. Cyklister udsættes dog selv for forurening, og den indåndede mængde bliver større, fordi fysisk aktivitet øger luftindtaget. Det er dog værd at bemærke, at privatbilister og buspassagerer heller ikke fuldstændig undgår eksponering, da ventilation og luftudskiftning ikke fjerner al forurening. Når køretøjer samtidig bliver renere, og flere bliver elektriske, vil problemet med eksponering gradvist blive mindre. Forskning viser desuden, at cyklisters øgede eksponering for luftforurening ikke fører til flere helbredsskader, men at den positive effekt af fysisk aktivitet tværtimod er større end luftforureningens skadelige effekter (Andersen et al., 2015; Fisher et al., 2016; Rojas-Rueda et al., 2016). F.eks. har Rojas-Rueda et al. (2016) påvist, at cykling reducerer dødelighed på tværs af seks europæiske storbyer, herunder København. Trafikministeriet indregner effekten af fysisk aktivitet ved cykling i de trafikøkonomiske enhedspriser (Transportministeriet, 2026). Sammenligner man cykling med andre transportformer, medfører én km cykling omkostninger på 2,23 kr. for uheld, mens det giver en helbredseffekt på 7,84 kr. Den samlede gevinst bliver 5,61 kr. i 2026-priser. Trods en vis risiko for uheld bidrager cykling til mindre luftforurening, lavere klimabelastning og bedre folkesundhed.

#### *Fremme af bus, metro og letbane*

Kollektiv transport som bus og metro kan bidrage væsentligt til at mindske luftforurening i byerne. Ved at samle mange rejsende i færre køretøjer og i stigende grad anvende renere og elektriske løsninger kan både busser og metro bidrage til lavere udledning af luftforurenende stoffer og til, at færre mennesker udsættes for forurening i bymiljøet. Desuden kan de bidrage til at mindske trafikbelastningen i tætbefolkede områder.

Nye busser har siden 2013 skullet leve op til Euroemissionsnorm VI, som stiller strenge krav til udledning af blandt andet partikler og NO<sub>x</sub>. Hvis dieselbusser og dieselpersonbiler begge opfylder VI-kravene, er deres forurening pr. kørt kilometer nogenlunde ens. Det betyder, at hvis der er mere end en passager i bussen, er buskørsel samlet set mindre forurenende end at køre i dieselbil. Da busser samtidig udleder flere ikke-udstødningspartikler, f.eks. fra dæk og bremses, kræver det dog en vis belægning, før busserne samlet set er en fordel. Antagelser om, hvor mange passagerer der er i busserne, har derfor stor betydning, når effekten af overflytning fra privatbilisme til kollektiv trafik vurderes. Kommunerne indgår sammen med regionerne i fælles trafikelskaber, der planlægger og driver den kollektive bustrafik. I forbindelse med udbud kan kommunerne stille krav til bussernes miljøegenskaber, f.eks. at de skal leve op til nyere emissionskrav, hvilket mange kommuner har gjort gennem årene. I de seneste år er der i stigende grad stillet krav om eldrift, hvilket har ført til en gradvis udbredelse af elbusser i byerne. Movia oplyser for eksempel, at omkring 60 pct. af driftstimerne i København i 2023 blev kørt med elbusser, og andelen forventes at stige yderligere (Movia, 2024).

Bus Rapid Transit-systemer (BRT) – hvor busser kører i egne baner med høj fremkommelighed – er ligeledes en mulighed for kommuner, der ønsker at fremme buskørsel. Flere kommuner, herunder Aalborg Kommune, har allerede investeret i sådanne løsninger.

Metroen i Københavns Kommune og Frederiksberg Kommune er eldrevet og har derfor ingen udstødning af helbredsskadelige gasser eller udstødningspartikler. Da metroen samtidig erstatter en del bil- og bustrafik på vejene, bidrager den samlet set til bedre luftkvalitet i byernes udemiljø. Der opstår dog stadig ikke-udstødningspartikler fra slid på bremses, hjul og skinner. Målinger af PM<sub>2,5</sub> i metroen har vist forholdsvis høje koncentrationer og dermed en vis eksponering for passagererne – trods perronafskærmning og omfattende ventilationssystemer (Kappelt et al., 2023). Som følge af de store investeringer i infrastruktur er metro fortsat kun realistisk i storbyer med et højt passagergrundlag, hvilket forklarer den begrænsede udbredelse i Danmark.

Endelig er letbaner en mulighed for at flytte mange rejsende fra bil til kollektiv transport og derved reducere lokale emissioner betydeligt, da letbaner typisk er elektriske og har høj kapacitet. Som eksempel herpå har Aarhus Kommune og Odense Kommune allerede etableret elektriske letbaner.

#### *Regulering af trafikmængde og hastighed*

Mindre trafik i en gade fører som udgangspunkt til lavere forureningsniveauer, mens mere trafik giver højere koncentrationer. Effekten af ændringer i trafikmængden afhænger dog af, hvor stor en del af forureningen der stammer fra trafik i gaden, og hvor stor en del der kommer fra den generelle baggrundsforurening. Den samme reduktion i trafikken vil derfor ikke nødvendigvis give den samme relative reduktion i luftforureningen. En given trafikreduktion vil f.eks. typisk føre til tydelige fald i NO<sub>2</sub>-koncentrationer, mens reduktionen i PM<sub>2,5</sub> vil være mindre, fordi en større del af denne partikeltype kommer fra baggrundsforurening.

I modsætning til den gængse opfattelse, kan lavere rejsehastigheder i bytrafik føre til højere luftforureningsniveauer for fossile biler for stoffer som f.eks. NO<sub>x</sub>. Det skyldes, at lavere hastigheder ofte er et tegn på mere stop-and-go-kørsel, som medfører højere emissioner end jævn kørsel. Ved stigende hastigheder falder emissionerne typisk, indtil et niveau omkring 50-70 km/t, hvor yderligere hastighedsforøgelse igen kan føre til øget forurening. Sammenhængen mellem hastighed og emissioner er beskrevet i COPERT-emissionsmodellen, som ligger til grund for den nationale emissionsopgørelse for vejtransport (<https://copert.emisia.com/copert/methodology/>).

Hastigheden påvirker ikke kun selve udledningen, men den har også indflydelse på, hvordan forureningen fortyndes i gaderummet. Trafikskabt turbulens fra både lette og tunge køretøjer bidrager til at sprede forureningen – afhængigt af køretøjernes antal og størrelse. I byområder kan en mere glidende trafikafvikling med lidt højere og mere ensartede hastigheder opnås gennem trafikstyring, f.eks. trafiklys. Samtidig kan højere hastigheder være i konflikt med andre hensyn, såsom trafikikkerhed og prioritering af langsommere trafikformer som cykler, men hastighedsnedsættelser under 50 km/t typisk vil føre til højere emissioner.

Sammensætningen af trafikken har også betydning for luftkvaliteten. Personbiler, varebiler, lastbiler og busser bidrager forskelligt til forureningen. Belægningsgraden har også betydning for udledningerne pr. person. Fossildrevne personbiler forurener f.eks. mere end busser pr. transporteret person. Køretøjernes emissionsniveau afhænger desuden af deres alder, da ældre køretøjer generelt forurener mere end nyere som følge af løbende skærper af EU's emissionskrav. Der er derfor et betydeligt potentiale for at reducere luftforurening gennem overflytning fra mere til mindre forurenende køretøjer.

#### *Bilfrie områder*

Bilfrie områder er byområder, hvor privat biltrafik helt eller delvist er forbudt. Områderne er typisk indrettet til fodgængere, cyklister og kollektiv transport og har til formål at skabe mere sikre, rolige og attraktive byrum. Når biltrafikken begrænses, falder udledningen af helbredsskadelig luftforurening, og befolkningen udsættes i mindre grad for luftforurening i de bilfrie områder. Samtidig mindskes støj, og der skabes bedre forhold for ophold, handel og byliv. Mange byer oplever desuden, at flere vælger at gå, cykle eller benytte kollektiv transport frem for bilen. Eksempler fra Danmark er Strøget i København, som er et af Europas ældste bilfrie handelsstrøg, Lati-nerkvarteret i Aarhus, hvor store dele er bilfri eller stærkt trafiksaneret, samt midtbyen i Odense, hvor bilfri gader er kombineret med letbane og cykelinfrastruktur. Derudover er gågader etableret i næsten alle både små og store provinsbyer i Danmark.

#### *Fremme af delebiler*

Delebiler kan bidrage til at reducere lokal luftforurening såvel som trængsel, fordi flere personer kan dele samme køretøj frem for at køre hver for sig i private biler, og idet delebilsordninger ofte indeholder elbiler.

Den første delebilsordning blev oprettet i Odense i 1997, og siden er der opstået flere lignende ordninger. Det findes især i større byer, men der er også eksempler fra mindre byområder og landdistrikter. Antallet af delebiler er steget, men det er stadig lavt i forhold til den samlede bilpark, og der er derfor fortsat potentiale for vækst.

I dag inddeles delebiler typisk i tre kategorier<sup>1</sup>: 1) delebiler med fast stamplads, hvor bilen altid står samme sted, 2) bybiler, som kan afhentes et sted og afleveres et andet inden for et afgrænset område i større byer, og 3) nabobiler, hvor private bilejere udlejer deres biler til andre medlemmer af ordningen. De første delebilsordninger havde faste stampladser, mens nyere ordninger inkluderer bybiler og nabobiler (Danske Delebiler, 2026).

Ifølge Danske Delebiler (Danske Delebiler, 2026) varierer effekterne af de forskellige delebilsordninger på bil-ejerskab, bilkørsel og overflytning mellem transportformer. Undersøgelser fra Danmark og udlandet viser, at delebiler med fast stamplads kan reducere bilkørsel med mindst 30 pct. Det dækker over, at tidligere bilejere reducerer deres kørsel med mindst 50 pct., mens medlemmer, der ikke tidligere har ejet bil, kun øger deres kørsel med ca. 10 pct. En delebil med fast stamplads erstatter typisk omkring seks privatbiler, og i gennemsnit deler mellem otte og ti personer bilen. Effekten af nabobiler kan være tilsvarende, men der foreligger endnu ikke studier. Bybiler bruges typisk til korte ture inden for afgrænsede områder, f.eks. i København, og erstatter i højere grad taxa, bus og cykel frem for privatbiler.

I byområder er delebiler særligt interessante, da de – foruden at forbedre luftkvaliteten – bidrager til mindre trængsel og reducerer behovet for parkeringspladser. De understøtter samtidig kollektiv trafik og cykeltrafik, da delebilister tenderer til oftere at bruge kollektiv transport end almindelige bilister. Et differentieret udbud af delebilsordninger – kombineret med gode forhold for cyklisme og kollektiv trafik – kan samtidig understøtte konceptet *Mobility as a Service* (MaaS), hvor borgere i bred forstand har mulighed for at planlægge og gennemføre deres daglige rejser uden at eje en bil.

Kommuner kan med fordel udarbejde strategier for fremme af delebiler. Roskilde Kommune har f.eks. udarbejdet en håndbog, der guider til etablering af lokale delebilsordninger (Roskilde Kommune, 2023). En sådan strategi kunne indeholde følgende elementer:

- Tilbyde delebiler med fast stamplads gratis eller dedikerede parkeringspladser på attraktive steder og tilbyde bybiler parkeringslicens under vilkår, der muliggør brug af delebiler.
- Indarbejde parkeringspladser og krav om delebilsordninger i forbindelse med nybyggeri eller større ombygninger, hvilket kan reducere parkeringsarealer og frigive plads til bolig eller erhverv.
- Undersøge muligheden for at erstatte nogle af kommunens egne biler med en delebilsordning med fast stamplads i samarbejde med en delebilsudbyder, f.eks. med aftale om, at biler kun bruges af medarbejdere i arbejdstiden, mens øvrige medlemmer kan benytte dem uden for dette tidsrum.

#### *Miljø- og nulemissionszoner*

Kommuner kan begrænse lokal luftforurening ved at etablere miljø- og nulemissionszoner, som kun tillader køretøjer, der udleder lidt eller ingen luftforurenende stoffer. En miljøzone er et afgrænset byområde – typisk i tætbefolkede områder – hvor adgangen for ældre og mere forurenende køretøjer er begrænset. I Danmark kan kun de kommuner, der har lovhjemmel – København, Frederiksberg, Aarhus, Odense og Aalborg – indføre miljøzoner, hvilket de alle har gjort. En nulemissionszone er et område, hvor kun nulemissionskøretøjer som el- og brintbiler må køre. Alle kommuner kan oprette én nulemissionszone, og de kan vælge mellem en zone for persontrafik eller en zone for al trafik, hvor også lette erhvervskøretøjer er omfattet. Undtagelser gælder for lastbiler over 12 tons, busser over 3,5 tons og køretøjer til politi, redningstjenester og forsvar.

#### *Effekt af miljøzoner*

Tabellen nedenfor viser en oversigt over af effekterne af de vedtagne miljøzonekrav på baggrund af en effektvurdering af DCE for Miljøstyrelsen (Jensen et al., 2024d). Den procentvise reduktion er vist for trafikken som helhed – altså med hensyn til køretøjernes samlede fordeling, selvom miljøzonekravene kun gælder bestemte køretøjskategorier. Reduktionerne er angivet for de år, hvor analyserne er gennemført. Eftersom den absolutte effekt i mikrogram pr. kubikmeter for partikler i luften er ens for koncentrationen af PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub>, er resultater

<sup>1</sup> Se f.eks. [https://danskedelebiler.dk/?page\\_id=56](https://danskedelebiler.dk/?page_id=56)

kun vist for PM<sub>2,5</sub>. PM<sub>2,5</sub> er desuden den anvendte indikator for beregning af helbredseffekter. Alle køretøjskategorier, der indgår i vurderingen, er dieselskøretøjer. Hvor miljøkravene er skærpet i trin, er kun slutkravene medtaget.

**Tabel 1** Opsummering af effekterne af vedtagne miljøzonekrav

	Implementeret	PM-udstødning (%)	NO <sub>x</sub> -emission (%)	PM <sub>2,5</sub> -koncentration (%)	NO <sub>2</sub> -koncentration (%)	PM <sub>2,5</sub> -koncentration (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> -koncentration (µg/m <sup>3</sup> )
Mindst Euro-norm IV for tunge køretøjer (eller DPF)	2008-2010	16 <sup>d</sup>	8 <sup>c,d</sup>	1,5 <sup>a</sup>	4-11 <sup>b</sup>	0,2 <sup>a</sup>	1-4 <sup>b</sup>
Mindst Euro-norm VI for tunge køretøjer og Euronorm 5 for varebiler <sup>h</sup> (eller DPF)	2020-2022	25 <sup>d,e</sup>	5-11 <sup>d,e</sup>	0,5 <sup>d,e</sup>	2-5 <sup>d,e</sup>	0,14 <sup>d,e</sup>	0,8-1,7 <sup>d,e</sup>
Mindst Euro-norm 5 for personbiler og Euronorm 5 for varebiler <sup>h</sup> (eller DPF)	2023	32 <sup>f</sup>	11 <sup>f</sup>	0,33 <sup>g</sup>	3,6 <sup>g</sup>	0,04 <sup>g</sup>	0,7 <sup>g</sup>
Mindst Euro-norm 5 for personbiler og Euronorm 5 for varebiler <sup>h</sup> (eller DPF) (nærværende effektvurdering <sup>i</sup> )	2023	36	4	0,2	1	0,02	0,3

Noter:

<sup>a</sup> Gennemsnit for 138 udvalgte gader i København. Maks er 0,7 µg/m<sup>3</sup>. Beregningsår 2010 (Jensen et al., 2011).

<sup>b</sup> Fire gader med målestationer: H.C. Andersens Boulevard og Jagtvej i København, Albanigade i Odense og Vesterbro i Aalborg. Beregningsår 2010.

<sup>c</sup> Noget af effekten skyldes udbudskrav til busdrift. Beregningsår 2010.

<sup>d</sup> H.C. Andersens Boulevard i København. Beregningsår 2022 (Jensen et al., 2018).

<sup>e</sup> Ikke beregnet på basis af det vedtagne lovforslag, men effekten vurderes at være tæt på scenarie D og E. Beregningsår 2022.

<sup>f</sup> Køretøjs sammensætning som for Grønlykkevej i Odense, hvor målestation er placeret. Beregningsår 2024 (Jensen et al., 2022a).

<sup>g</sup> Gennemsnit af 10 udvalgte gader i Odense. Beregningsår 2024.

<sup>h</sup> Krav om Euronorm 6 for varebiler blev fremrykket til 1. juni 2023, men da Euronorm 5 dieselvarebiler også har fabriksmonteret partikelfilter, kan de køre i miljøzonerne.

<sup>i</sup> Se resultater i nærværende rapport. Resultaterne er angivet for Jagtvej i København.

Som det fremgår, er de procentvise reduktioner i partikler fra udstødning relativt høje (16-36 pct.), mens reduktionen i PM<sub>2,5</sub>-koncentrationen er beskedent (0,2-1,5 pct.). Det skyldes, at en stor del af PM<sub>2,5</sub> i gaderummet stammer fra ikke-udstødning – altså fra vej-, dæk- og bremseslid – og fra langtransporteret luftforurening. Samtidig falder de absolutte niveauer af partikeludstødning over tid, fordi flere køretøjer får partikelfilter. For NO<sub>x</sub>-emissioner er de procentvise reduktioner lavere (4-11 pct.), men de fører til relativt større reduktioner i NO<sub>2</sub>-koncentrationen (1-11 pct.). Årsagen er, at NO<sub>2</sub> i gaderummet primært stammer fra lokal udstødning, og at bidraget fra langtransporteret NO<sub>2</sub> er beskedent. De absolutte reduktioner i både PM<sub>2,5</sub> og NO<sub>2</sub> er faldet over tid,

selvom procentvise reduktioner i emissionerne har været nogenlunde ens for de tre gennemførte miljøzonekrav. Det skyldes hovedsageligt, at den generelle udskiftning af bilparken løbende reducerer emissionerne, så en procentvis reduktion får mindre absolut betydning over tid.

Effekten af miljøzonekravene er størst i de første år efter ikrafttrædelse, hvor den mindskes over tid, når køretøjerne i bilparken alligevel opfylder kravene. Den procentvise effekt er generelt større for emissionerne end for luftkvaliteten, fordi luftkvaliteten i gaderum også påvirkes af andre emissionskilder og langtransporteret forurening. For partikelforurening betyder det, at selv relativt store reduktioner i udstødningen kun giver små reduktioner i koncentrationen af partikler i gaden.

Samlet set har miljøzonekravene medført lavere emissioner, bedre luftkvalitet og færre helbredseffekter. Som teknologisk virkemiddel er miljøzoner forholdsvis effektive, da det vil kræve større reduktioner i trafikmængden at opnå samme miljøgevinst. Effekten af miljøzoner har imidlertid været mindre, sammenlignet med de store gevinster, der opnås gennem skærpelse af Euronormer og den løbende udskiftning af bilparken.

Det er værd at bemærke, at effekten af miljøzonekrav naturligvis vil afhænge af, hvor store områder de omfatter. De nuværende miljøzoner er etableret i afgrænsede byområder med relativ høj befolkningstæthed. Tidligere estimater fra Jensen et al. (2022b) viser, at omkring 925.000 indbyggere bor inden for miljøzonerne, som samlet dækker et areal på 132 km<sup>2</sup> (Jensen et al., 2022b). I den forbindelse er det ligeledes belyst, hvad der sker, hvis miljøzonekravene udvides til flere byer i forskellige scenarier: 1) til alle byer med over 25.000 indbyggere, 2) til alle byer med over 50.000 indbyggere og 3) til alle byområder i Hovedstadsområdet, uanset indbyggertal. Beregninger for en gennemsnitlig bygade viser, at partikeludstødningen ville blive reduceret med omkring 68 pct. og NO<sub>x</sub> med omkring 12 pct., hvis miljøzonekravene blev indført i disse mindre byer i 2025. Derudover spiller tidsaspektet også en vigtig rolle for zonernes effekt. Jo mere restriktive kravene er, og jo tidligere de indføres, desto større bliver effekten. Hvis kravene f.eks. kun gælder en mindre del af en køretøjskategori, vil effekten være begrænset, mens en højere dækningsgrad og krav om nyere Euronorm, såsom Euronorm 6, giver større reduktioner i emissioner og luftforurening.

En anden vigtig overvejelse er, hvilken forskel det vil gøre at indføre krav for flere typer køretøjer i miljøzonerne. I dag har kommunerne mulighed for at stille udbuds- og kontraktkrav til f.eks. Euronorm for entreprenørmaskiner eller elektrisk drift i forbindelse med et konkret byggeri, hvor de selv er bygherre. Tidligere beregninger har vist, at skærpede krav til arbejdsmaskiner (offroad) i byområder kan have betydelige effekt på emission og luftkvalitet lokalt, f.eks. på selve byggepladsen, hvorimod reduktioner på byniveau er begrænsede, da emissioner fra arbejdsmaskiner udgør en lille del af de samlede emissioner (Lansø et al., 2023).

Der er kun overtaget en vurdering af sparede for tidlige dødsfald i forbindelse med den seneste skærpelse af miljøzonekravene, som omfatter krav om mindst Euronorm 5 for dieseldrevne person- og varebiler. En overslagsvurdering med udgangspunkt heri indikerer, at en skærpelse af miljøzonen kunne føre til en reduktion i antal for tidlige dødsfald på omkring 0-1, svarende til sparede eksterne omkostninger i størrelsesordenen 5 mio. kr. (Jensen et al., 2022a)

#### *Effekt af nulemissionszoner*

Beregninger for Odense Kommune har vist, hvilken effekt nulemissionszoner af forskellig geografisk udtrækning kan have på emissioner og luftkvalitet (Jensen et al., 2022a). Beregningerne er gennemført for 2024 og antager, at al udstødningsrelateret udledning ophører i zonerne. Det betyder, at kun partikler fra ikke-udstødning – vej-, dæk- og bremseslid samt ophvirvling heraf – bidrager til partikelkoncentrationen. Da emissionen af NO<sub>x</sub> helt fjernes, vil der kun være baggrunds niveauet tilbage i de undersøgte gader, hvilket betyder, at NO<sub>2</sub>-koncentrationen i gennemsnit falder med ca. 44 pct. i de 10 udvalgte gader. For partikler – PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub> – ophører udstødningsbidraget ligeledes, men dette påvirker kun gadekoncentrationen i begrænset omfang. Det skyldes det store bidrag fra ikke-udstødning og fra baggrundsforurening. Den gennemsnitlige reduktion for gaderne er derfor kun ca. 1 pct. for PM<sub>2,5</sub> og ca. 0,5 pct. for PM<sub>10</sub>.

En overslagsvurdering, baseret på tidligere kortlægninger og emissionsreduktioner, indikerer, at nulemissionszoner i forskellige størrelser kan reducere antallet af for tidlige dødsfald med ca. 0-1 første år ved indførelsen, men at dette vil aftage i takt med, at flere køretøjer bliver elektriske som følge af udskiftning i bilparken. Det svarer til en besparelse i eksterne omkostninger på omkring 2-35 mio. kr., hvor en zone, svarende til den nuværende miljøzone i Odense, estimeres til ca. 11 mio. kr. (Jensen et al., 2022a).

Nulemissionszoner med udelukkende elkøretøjer er et effektivt virkemiddel til at reducere udledninger fra køretøjer, da elkøretøjer ikke har udstødning. Der er dog stadigvæk et bidrag fra ikke-udstødningspartikler, som kun reduceres lidt til sammenligning med fossilkøretøjer. Da der er tale om mindre afgrænsede byområder, er effekten især lokalt inden for zonen, men der kan også opnås miljøgevinster udenfor, fordi bilister med ærinder i zonen vil skifte til elkøretøj.

Tabellen nedenfor er en kvalitativ vurdering af potentialet for effekten af de udvalgte tiltag, som er beskrevet i det foregående. Det er ikke muligt at lave en kvantitativ sammenligning på tværs af de forskellige tiltag, da det ville kræve, at der foreligger systematiske og sammenlignelige effektundersøgelser af de forskellige tiltag, hvilket ikke findes. Den kvalitative vurdering er et forsøg på at vurdere effekten af de forskellige tiltag i forhold til hinanden ud fra generel viden samt de undersøgelser, der foreligger. '+' indikerer positive effekter inden for den givne kategori, '-' indikerer negative effekter, mens 'n.a.' står for ingen effekter. Hvis et tiltag får flere plusser end et andet, indikerer det, at effekten er større, men det er ikke sådan, at f.eks. to plusser er dobbelt så godt som et plus.

Tabel 2 Kvalitativ vurdering af potentialet for effekten af udvalgte tiltag

	Miljøeffekter				Støj
	Emission ved kilde	Luft	Sundhed	Klima	
Fremme af cykeltrafik	+	+	+	+	+
Fremme af bus, metro og letbane	++	++	++	++	(+)
Trafikmængde og hastighed	+	-/+	+	+	+
Bilfrie områder (afgrænset område)	++	++	++	++	++
Delebiler	+	+	+	+	+
Miljøzoner	+++	+++	+++	n.a.	n.a.
Nulemissionszoner (afgrænset område)	++	++	++	++	(+)

Note: '+' indikerer positive effekter inden for den givne kategori, '-' indikerer negative effekter, mens 'n.a.' står for ingen effekter. '( )' indikerer en lille eller usikker effekt.

## Økonomi

Generelt er omkostningsstrukturen for de udvalgte tiltag kendetegnet ved, at anlægs- og driftsudgifter primært påhviler kommunen, mens de direkte monetære omkostninger for borgere/virksomheder er begrænsede.

For kommunerne varierer anlægsudgifterne markant afhængigt af tiltagets karakter og placering. Tung infrastruktur som metro og tunnelering hører til de absolut dyreste investeringer, da de kræver omfattende anlægsarbejde og avancerede systemer. I den anden ende af skalaen findes regulering af trafikmængde og hastighed, hvor omkostningerne til skiltning og afmærkning er mindre kapitaltunge. Fælles for anlægsprojekter i tæt by er dog, at pladsbegrænsninger ofte fordyrer processen. Dette ses tydeligt ved etablering af cykelstier, hvor prisen for enkeltrettede stier i storbyer ligger i spændet 5,5 til 16,65 mio. kr. pr. km. Hertil skal der erfaringsmæssigt tillægges 20-80 pct. oveni anlægsprisen til dækning af forundersøgelser, projektering og uforudsete udgifter (Cycling Embassy of Denmark, 2019).

Driftsomkostningerne dækker typisk løbende vedligehold, vintertjeneste og overvågning. For kollektiv trafik udgør driften til personale, køretøjer og vedligeholdelse af tekniske systemer dog en særlig stor og løbende post,

der skal finansieres via en kombination af billetter og tilskud. Trafikstyrelsen (2023) påpeger netop, at disse driftsudgifter er betydelige og udgør en central del af de samlede omkostninger ved bus- og metrodrift. Ved tiltag som miljø- og nulemissionszoner samt delebilsordninger flyttes en del af driftsudgiften til administration, dataintegration og kontrolsystemer. For delebiler kan der f.eks. være udgifter til kommunikation og integration i lokalplaner, som det er set i Roskilde Kommune (2023).

For borgere og erhvervsliv er der generelt ingen direkte monetære omkostninger ved tiltag som fremme af cykler, busser eller hastighedsregulering. De direkte private omkostninger opstår primært ved restriktive tiltag som miljø- og nulemissionszoner, hvor kravene nødvendiggør investeringer i opgradering eller udskiftning af vognparken. Ved bilfrie zoner kan der desuden opstå tilpasningsomkostninger for erhvervsdrivende, hvis logistikken skal ændres. For delebilsbrugere består omkostningen af brugerbetaling, men denne udgift vil for mange husholdninger modsvares af besparelser ved reduceret eller ophørt privat bilejerskab.

### Case: Indførelse af miljøzone

I denne case sammenstilles de direkte monetære omkostninger med de samfundsøkonomiske gevinster, der opnås udelukkende gennem forbedret luftkvalitet som følge af ændringer i udledningen af PM<sub>2,5</sub> og NO<sub>x</sub>. Formålet er at illustrere cost-benefit-balancen i en konkret kontekst, hvor investeringer hos kommune og borgere/virksomheder holdes direkte op imod værdien af forbedringer af luftkvaliteten. Det skal i den forbindelse understreges, at vurderingerne beror på eksisterende forskning, modelresultater og illustrative cases, og dermed ikke udgør generelle, kausale effektbeviser, der uden videre kan overføres til enhver kommunal kontekst.

Casen tager afsæt i DCE's miljøanalyse (Jensen et al. 2022b) og COWI's omkostningsanalyse, som er opsummeret i Miljøministeriets dokumentationsnotat (Miljøministeriet, 2023).<sup>2</sup> Her belyses konsekvenserne ved en udvidelse af miljøzoner, fordelt på tre scenarier:

1. Byer med over 50.000 indbyggere.
2. Byer med over 25.000 indbyggere.
3. Hovedstadsområdet (uanset byernes indbyggertal).

Omkostningsvurderingen forudsætter, at ejere af berørte køretøjer vælger den økonomisk mest fordelagtige løsning, hvilket vil sige enten montering af partikelfilter eller en fremrykket udskiftning af køretøjet. Hertil kommer omkostninger til kørsels substitution, hvor transportbehovet løses via andre transportformer eller ændret adfærd. Usikkerheden ved disse valg er angivet som intervaller i Tabel 3.

Som et supplement til de nationale scenarier inddrages erfaringstal fra en konkret kommune, hvor implementering af en miljøzone for både person-, vare- og lastbiler har medført engangsomkostninger på ca. 3,7 mio. kr. Denne udgift dækker primært informationskampagner, fysisk skiltning samt nødvendig udskiftning eller eftermontering af filtre på kommunens egen vognpark. I casens samlede økonomiske opgørelse tillægges dette beløb de private omkostninger for at illustrere den totale investering ved tiltaget.

<sup>2</sup> Da kilden er dateret den 18. oktober 2023, og de bagvedliggende analyser fra COWI er udarbejdet forud herfor, antages det, at casen er opgjort i 2022-priser.

Tabel 3 Estimeret anlægsinvesteringer (År 1)

Omkostningstype	Antal/enhed	Enhedspris (gns.)	Samlet omkostning
<b>Scenarie 1</b>			
<b>(byer &gt; 50.000 indbyggere)</b>			
Direkte berørt køretøj	11.118 stk.	500-7.000 kr.	
Kørselssubstitution	3.961 stk.	700-5.000 kr.	80.000.000 kr.
<b>Scenarie 2</b>			
<b>(byer &gt; 25.000 indbyggere)</b>			
Direkte berørt køretøj	21.357 stk.	2.500-21.000 kr.	
Kørselssubstitution	7.815 stk.	800-5.300 kr.	154.000.000 kr.
<b>Scenarie 3</b>			
<b>(Hovedstadsområdet)</b>			
Direkte berørt køretøj	6.346 stk.	2.500-22.000 kr.	
Kørselssubstitution	2.478 stk.	800-5.600 kr.	51.000.000 kr.
<b>Kommune:</b> Skiltning, information, udskiftning m.m.			3.700.000 kr.

### Fremadrettet drift (år 2 og frem)

Driften af miljøzonen varetages af kommunen og omfatter mindre løbende udgifter til administration, skiltning og håndhævelse. Disse omkostninger vurderes at være marginale i forhold til anlægsinvesteringerne.

Vurderingen baseres på erfaringstal fra kommunale interviews vedrørende tiltaget i afsnit 5.1, hvor det løbende ressourcetræk til en lignende administrativ opgave blev opgjort til ca. 0,25 årsværk årligt. Selvom tallet knytter sig til et andet indsatsområde, antages arbejdsbyrden at være af tilnærmelsesvis samme omfang, hvilket bekræfter, at den fremadrettede drift kan håndteres med minimale ressourcer.

De primære omkostninger for private og erhvervsliv ligger i engangstilpasningen til kravene ved implementeringen, hvorfor der ikke forventes væsentlige løbende monetære udgifter herefter.

### Miljøeffekter og samfundsøkonomisk gevinst

I forhold til værdisætningen af reduktioner i udstødning og gadekoncentrationer for PM<sub>2,5</sub> og NO<sub>x</sub> har Miljøministeriet estimeret de samfundsøkonomiske gevinster i 2025 til ca. 3 mio. kr. for scenarie 1 og 2, mens gevinsten for scenarie 3 vurderes til 12 mio. kr. Disse estimater dækker udelukkende over værdien af den forbedrede luftkvalitet som følge af de reducerede emissioner af PM<sub>2,5</sub> og NO<sub>x</sub>.

### Cost-benefit-konklusion

I en forenklet beregning uden diskontering og alene baseret på luftkvalitetsgevinster, udgør de samlede anlægsinvesteringer (inkl. kommunale udgifter) hhv. 83,7, 157,7 og 54,7 mio. kr. for de tre scenarier. I forhold til driften vil der være mindre løbende omkostninger, men disse vurderes at være uvæsentlige i det samlede billede. Det skal dog bemærkes, at miljøeffekten, og dermed gevinsten, svækkes over tid, da en del af vognparken ville blive udskiftet naturligt uanset tiltaget.

Holdes anlægsinvesteringerne op mod de estimerede årlige gevinster på henholdsvis 3 mio. kr. (scenarie 1 og 2) og 12 mio. kr. (scenarie 3), fremstår tilbagebetalingstiden relativt lang. Det skal hertil bemærkes, at denne sammenligning er foretaget uden tilbagediskontering. Indregnes en diskonteringsrente, vil nutidsværdien af de fremtidige gevinster være lavere, hvilket vil forlænge den økonomiske tilbagebetalingstid yderligere.

Afslutningsvis er det væsentligt at understrege, at denne beregning udelukkende beror på værdien af den forbedrede luftkvalitet. For en beskrivelse af de øvrige potentielle samfundsøkonomiske effekter henvises til de tværgående betragtninger i Kapitel 4, der giver et overblik over disse effekttyper, som ikke er kvantificeret i denne case.

Samlet set indikerer analysen dog, isoleret set i forhold til luftkvalitetseffekten, at der må forventes en længere tilbagebetalingstid, før investeringen er tjent hjem rent samfundsøkonomisk.

### **Samlet vurdering inden for mobilitets- og trafikplanlægning**

Når kommunernes erfaringer sammenholdes med analyserne af miljøeffekter og økonomiske forhold, fremstår mobilitets- og trafikplanlægning som et område med et betydeligt, men varieret potentiale for at forbedre lokal luftkvalitet.

Fremme af cykeltrafik vurderes at have et betydeligt potentiale for at reducere lokal luftforurening gennem overflytning fra bil til cykel og bidrager samtidig til væsentlige sundhedsgevinster, som overstiger den øgede eksponering for luftforurening blandt cyklister. Samfundsøkonomiske analyser peger samlet på betydelige gevinster, selv om anlægsomkostningerne kan være høje i tætte byområder.

Tiltag, der fremmer bus, metro og letbane, kan reducere både luftforurening og trængsel, særligt i tætbefolkede områder og især når transporten er elektrificeret. Effekten afhænger dog i høj grad af passagerbelægning og investeringernes omfang. Busløsninger, herunder BRT, fremstår generelt som mere fleksible og omkostningseffektive end metro og letbane, som kræver meget store anlægsinvesteringer og derfor primært er realistiske i større byer.

Regulering af trafikmængde og hastighed kan gennemføres med relativt begrænsede økonomiske midler, men effekterne på luftkvaliteten er mere usikre og kontekstafhængige. Reduktion i trafikmængder giver generelt lavere koncentrationer af især NO<sub>2</sub>, mens effekten på partikler er mere begrænset. Hastighedsregulering kan have både positive og negative effekter, blandt andet afhængigt af kørselsmønstre og forekomsten af stop-and-go-trafik.

Bilfrie byområder kan reducere lokal eksponering for luftforurening betydeligt og samtidig forbedre støjforhold, bymiljø og opholds-kvalitet. Effekten er primært lokal og mest udtalt i tætte byområder.

Delebil kan bidrage til lavere samlet biltrafik og dermed lavere emissioner, især hvor ordninger reducerer bil-ejerskab og kombineres med kollektiv transport og cykling. Effekten er dog stærkt afhængig af bystruktur og anvendelsesmønstre og er generelt størst i tætbefolkede områder.

Miljøzoner kan reducere udstødningsrelaterede emissioner, særligt NO<sub>2</sub>, markant. Effekten på partikler er mere begrænset, blandt andet på grund af ikke-udstødningspartikler og baggrundsforurening, og effekten aftager over tid i takt med den generelle fornyelse af bilparken. Nulemissionszoner har et endnu større potentiale for at reducere udstødningsrelateret forurening lokalt, men indebærer også højere implementeringsomkostninger og er primært relevante i større byer.

Kommunerne har generelt stor erfaring med udbygning af cykelinfrastruktur og peger på fortsat udbygning som et centralt indsatsområde. De væsentligste barrierer knytter sig til anlægsomkostninger og begrænset plads i eksisterende byrum.

Fremme af kollektiv transport indgår som et vedvarende fokusområde i flere kommuner, men store investeringer og lange planlægningshorisonter begrænser mulighederne for hurtig implementering af metro- og letbaneprojekter. Busbaserede løsninger vurderes derfor som mere realistiske i mange kommuner.

Tiltag, der begrænser biltrafik, herunder bilfri områder og hastighedsregulering, fremhæves som administrativt gennemførlige, men forbundet med hensyn til fremkommelighed, trafiksikkerhed, erhvervsliv og social balance. Kommunernes erfaringer med bilfri byområder er generelt positive i bymidter, hvor tiltagene ofte kombineres med forbedringer for cyklister og kollektiv trafik.

Delebilsordninger ses som et relevant supplement i en bred mobilitetsstrategi, men med et potentiale, der varierer betydeligt afhængigt af lokale forhold. Kommunernes omkostninger er typisk begrænset til planlægning, administration og parkeringsregulering.

Miljøzoner opleves som et effektivt virkemiddel i de kommuner, der har adgang til ordningen, men implementeringen er forbundet med betydelige omkostninger, blandt andet til skiltning, information og tilpasning af kommunale køretøjer. Kun få kommuner har i dag mulighed for at etablere zoner, og ønsket om at udvide ordningen til flere køretøjstyper eller kommuner kræver ændringer i lovgivningen. Tilsvarende vurderes nulemissionszoner at være et potentielt effektivt, men økonomisk og administrativt krævende virkemiddel, primært relevant i større byer.

### Samlet vurdering

Samlet peger analysen på, at mobilitets- og trafikplanlægning rummer nogle af de mest direkte og dokumenterbare muligheder for at forbedre lokal luftkvalitet, især gennem reduktion af udstødningsrelateret forurening i tætte byområder. Effekterne varierer imidlertid betydeligt mellem virkemidler og afhænger af lokale forhold, investeringernes omfang og samspillet med andre mobilitetstiltag. De største muligheder ligger i kombinationer af virkemidler, mens de centrale barrierer primært er økonomiske, pladsmæssige og institutionelle.

## 6.2 Elektrificering af transport

Inden for temaet ses der nærmere på følgende konkrete tiltag med henblik på at afdække potentielle miljøeffekter og økonomiske omkostninger, forbundet med tiltagene:

- *Elektrificering af kollektiv transport*  
Kommuner kan understøtte omstilling af den kollektive transport til ældre løsninger, herunder busser og tog, gennem indkøb og etablering af nødvendig infrastruktur.
- *Elektrificering af egen bilflåde*  
Kommuner kan som led i den løbende udskiftning af køretøjer prioritere ældre personbiler til drifts- og tilsynsopgaver og derigennem bidrage til en gradvis udskiftning af fossile ældre køretøjer.
- *Investering i ladeinfrastruktur til understøttelse af privat elbilisme*  
Kommuner kan understøtte borgernes overgang til elbiler gennem etablering og udbygning af offentligt tilgængelig ladeinfrastruktur.

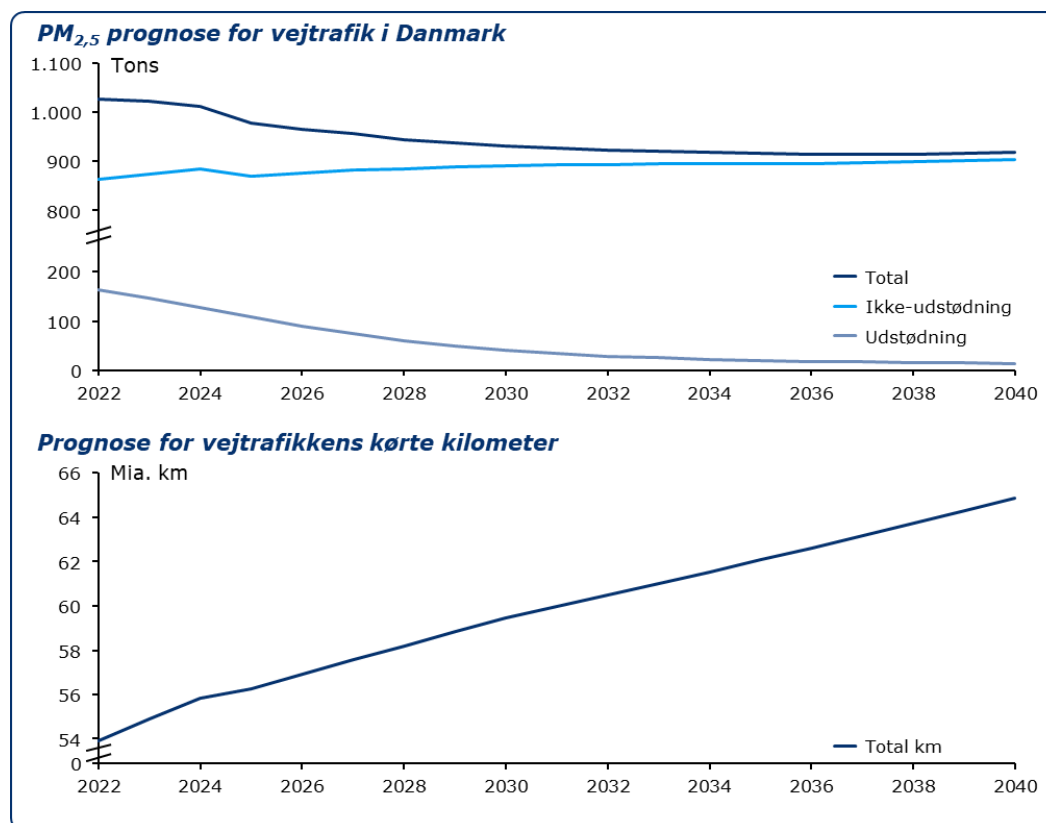
### Områdets betydning for luftkvalitet

Eldre køretøjers store fordel er, at de ikke har udstødning og dermed ikke bidrager så meget til partikeludledning som konventionelle diesel- eller benzinmotorer. De vil derfor bidrage til en forbedring af luftkvaliteten – især i byerne.

Eldre køretøjer udleder dog fortsat ikke-udstødningspartikler, som omfatter vej-, dæk- og bremseslid. Sammenlignes en gennemsnitlig elbil med en gennemsnitlig benzin-/dieselbil med Euronorm 6, har elbiler lidt større udledninger af partikler fra vej- og dækslid, men markant lavere udledninger fra bremseslid og selvfølgelig intet udstødningsbidrag. Samlet set fører elbiler til lavere partikeludledninger fra udstødning og ikke-udstødning i forhold til fossile biler. I procent er den samlede PM<sub>2,5</sub>-udledning for elbiler omkring 18 pct. lavere, set i forhold til fossile biler. For Jagtvej i København i 2022 udgør vejtrafikkens samlede partikelbidrag fra udstødning og ikke-udstødning omkring 1,3 µg/m<sup>3</sup> på gadeniveau, som kunne reduceres med omkring 18 pct. ved overgang til elektriske køretøjer, svarende til en reduktion på omkring 0,23 µg/m<sup>3</sup> (Ellermann & Jensen, 2024c).

Prognoserne fra DCE for udviklingen i PM<sub>2,5</sub> fra vejtrafik på landsplan peger på et fald på omkring 10 pct. fra 2022 og frem til 2040. Dette fald er en kombination af stigende trafik og indfasningen af elkøretøjer. Stigende trafik giver, alt andet lige, mere ikke-udstødning, men flere elkøretøjer giver samlet set mindre udstødning og ikke-udstødning i forhold til fossilbiler (se Figur 2).

Figur 2 Forventet udvikling i PM<sub>2,5</sub> og kørsel for vejtrafik



Note: Øverst: Prognose for udledningerne af PM<sub>2,5</sub> fra vejtrafik frem mod 2040 på landsplan. Prognoserne er opdelt i bidrag fra udstødning og ikke-udstødning (vej-, dæk- og bremseslid). Nederst: Prognose for udvikling i vejtrafikkens kørte km (Nielsen et al., 2023; Ellermann & Jensen, 2024c).

På nationalt plan forventes trafikken at stige, men stigningen er ikke jævnt fordelt på vejnettet. For de trafikerede bygader, hvor DCE har luftkvalitetsmålestationer i København, Aarhus, Odense og Aalborg og for de 99 gader i København og 26 gader i Aalborg, som DCE laver årlige modelberegninger for, har trafikken været nogenlunde konstant over mange år (Nordstrøm et al., 2024). For disse gader med konstant trafik vil en overgang til elbiler føre til en reduktion af PM<sub>2,5</sub>-gadekoncentrationsbidraget på omkring 18 pct., men da baggrundsbidraget er meget højt fra andre danske og udenlandske kilder, vil den samlede procentvise partikkelkoncentrationsreduktion være meget mindre. Hvis den samlede luftforurening med PM<sub>2,5</sub> på de stærkt trafikerede gader skal nedbringes, skal faldet også ledsages af et fald i landbaggrundsbidraget. Landbaggrundsbidraget kommer for langt hovedparten fra udenlandske kilder, så en reduktion afhænger af det internationale samarbejde om reduktion af udledninger i EU, Europa og på globalt plan. For at opnå et større reduktion i ikke-udstødning kræver det således en reduktion i selve trafikken.

Der er også knyttet luftforurening til produktion af strøm til elbilene. Elproduktion på kraftværker bidrager kun lidt til lokal luftforurening pga. rensning og høje skorstene, og der vil derfor, alt andet lige, være en luftforureningsmæssig fordel i at flytte luftforurening fra gadeniveau til skorstensniveau. Elproduktionen vil i stigende grad bidrage med endnu mindre luftforurening ved overgang til vedvarende energikilder som vind, sol, varmepumper, geotermi mv., mens forbrænding af biomasse fortsat vil være forbundet med luftforurening.

### *Helbredseffekter*

Ifølge beregninger af vejtransportens bidrag til helbredseffekter i Danmark står vejtransportsektoren for 102 for tidlige dødsfald i 2023. Det fordeler sig med 44 for tidlige dødsfald pga. udstødning og 58 pga. ikke-udstødning (Nordstrøm et al., 2024). Med andre ord ville 44 for tidligere dødsfald være undgået, hvis alle køretøjer i Danmark i 2023 havde været eldrevne, som følge af reduktionen i udstødningen. Desuden ville der også være et mindre fald i antal for tidlige døde som følge af reduktion i ikke-udstødningen. Både udstødnings- og ikke-udstødningspartikler er helbredsskadelige, men en del tyder på, at udstødning er mere helbredsskadelig end ikke-udstødning (Rohr & Wyzga, 2012).

Eldrevne køretøjers store fordel er, at de ikke har udstødning og dermed ikke bidrager så meget til helbredsskadelig luftforurening. De vil derfor bidrage til forbedring af luftkvaliteten særligt i byerne.

### *Klimaeffekter*

Ud over at mindske den helbredsskadelige luftforurening vil eldrevne køretøjer også bidrage til reduktion af klimagasser gennem en markant reduktion af CO<sub>2</sub>-emissionen, som opnås ved, at eldrift erstatter benzin og diesel. Det skyldes dels, at CO<sub>2</sub>-emissionen pr. energienhed er relativ lille for elproduktion i forhold til CO<sub>2</sub>-emissionen pr. energienhed for fossile brændsler, dels at elmotoren har højere energieffektivitet i forhold til forbrændingsmotoren. Da der er et nationalt mål om at have en elproduktion, baseret på 100 pct. vedvarende energi i 2030 og 90 pct. af varmforsyningen ifølge Energiaftalen 2018, vil elproduktion til den tid i princippet være CO<sub>2</sub>-neutral, og klimagevinsten dermed endnu større, når eldrift erstatter fossile brændsler.

Klimarådet har undersøgt, hvor klimavenlige elbiler er, sammenlignet med opladningshybrider, effektive dieselbiler og almindelige fossilbiler. I undersøgelsen ser man på den samlede CO<sub>2</sub>-udledning fra både produktion og brug af bilerne. Resultatet viser, at elbiler under danske forhold udleder omkring halvt så meget CO<sub>2</sub> som en effektiv dieselbil og markant mindre end en almindelig fossilbil. Lidt overraskende finder Klimarådet, at en opladningshybrid har omtrent samme CO<sub>2</sub>-udledning som en effektiv dieselbil. Det skyldes, at der udledes CO<sub>2</sub> ved produktion af batteriet, og at analysen antager, at 60 pct. af kilometerne køres på benzin (en benzinmotor er ikke så effektiv som en dieselmotor), mens 40 pct. af kilometerne køres i elektrisk tilstand. Elbilen vil blive endnu mindre CO<sub>2</sub> forurenende over tid i takt med, at hele energisektoren omlægges til vedvarende energi, hvilket er planlagt at skulle opnås i 2030 (Klimarådet, 2018).

### *Støj og trængsel*

En elmotor støjer mindre end en tilsvarende forbrændingsmotor, men allerede ved omkring 30-40 km/t er dækstøj dominerende fra et køretøj. Elbiler vil derfor kun reducere trafikstøj i byer ved lav hastighed, ved 'tomgang' og ved accelerationer fra kryds.

Elbiler vil alt andet lige ikke bidrage til at reducere trængsel, hverken på vejene eller ved parkering, da elbiler fylder og optager den samme plads som fossilbiler.

### **Miljøeffekter af udvalgte tiltag**

Tabel 4 viser den procentvise fordeling af kørte km og emissioner for forskellige fossile køretøjskategorier for byveje i 2022. Ikke-udstødning betegner bidraget fra partikler fra vej-, dæk- og bremseslid. PM<sub>2,5</sub> total er PM<sub>2,5</sub>-udstødning plus PM<sub>2,5</sub> ikke-udstødning og tilsvarende for PM<sub>10</sub> total.

Kørte km fordeler sig med omkring 79 pct. på personbiler, 17 pct. på varebiler, 1,5 pct. på lastbiler og 2,5 pct. på busser i gennemsnit på byveje. Fordelingen er dog forskellig på forskellige typer af veje, ligesom den varierer fra vej til vej.

Tabel 4 Procentvis fordeling af kørte km og emissioner for forskellige køretøjskategorier for byveje (2022)

Brændstoftype	Køretøjs-type	Kørte km (%)	NO <sub>x</sub> (%)	PM <sub>2,5</sub> - udstødning (%)	PM <sub>2,5</sub> Ikke-udstødning (%)	PM <sub>10</sub> Ikke-udstødning (%)	PM <sub>10</sub> Total (%)	PM <sub>2,5</sub> Total (%)
Diesel	Personbil	31,8	34,0	40,1	26,8	26,7	28,4	29,6
Benzin	Personbil	47,3	16,7	6,2	39,8	39,6	35,7	32,4
Diesel	Varebil	15,8	31,3	31,9	19,7	19,7	21,2	22,3
Benzin	Varebil	1,0	0,6	0,2	1,3	1,3	1,1	1,0
Diesel	Lastbil < 32t	0,7	1,4	1,7	2,3	2,4	2,2	2,2
Diesel	Lastbil > 32t	0,8	1,3	2,2	3,2	3,5	3,1	3,3
Diesel	Rutebus	2,2	12,1	13,0	5,9	5,8	6,8	7,4
Diesel	Turistbus	0,4	2,6	4,6	1,0	1,0	1,4	1,8
Total		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

#### Potentiale for eldrevne personbiler

Som det fremgår af Tabel 4, er emissionspotentialet for NO<sub>x</sub>- og PM<sub>2,5</sub>-udstødning i 2022 for dieselpersonbiler hhv. 34 og 40 pct. og for benzpersonbiler hhv. 17 og 6 pct., hvilket i princippet kunne undgås, hvis alle personbiler var eldrevne.

Både offentlige og private flådeejere er en målgruppe for elbiler, da elbiler kan indpasses som en del af flåden, samtidig med at transportbehovene kan imødekommes. Kommunerne er flådeejere med køretøjer inden for f.eks. teknik- og miljøområdet og socialområdet, og med mange forskellige modeller at vælge i mellem og med god total økonomi i elbiler i forhold til fossilbiler er det muligt for kommunerne hurtigt at overgå til elektrisk drift, og sikre, at elbilerne nemt kan oplades.

På nationalt plan udgør taxier kun en meget lille del, men taxier udgør samtidig en ikke-ubetydelig del af trafikken i de største byer i Danmark. Taxierhvervet er et reguleret erhverv, som tidligere er miljøreguleret gennem den grønne taxilov. En kommune kan ikke stille miljøkrav til alle taxier, som opererer i kommunen, men en kommune har mulighed for at stille krav om eldrift i forbindelse med udbud af transportydelse, som omfatter taxikørsel.

Langt de fleste personbiler ejes af private, og det er denne gruppe, som i fremtiden skal købe flere elbiler, hvis andelen af elbiler skal fortsætte med at stige. Kommunerne kan understøtte dette ved at bidrage med at sikre tilstrækkeligt med offentlige hurtig- og lynladere sammen med private udbydere.

#### Potentiale for eldrevne varebiler

Som det fremgår af Tabel 4 er emissionspotentialet i 2022 for dieselvarebiler hhv. 31 og 32 pct. for NO<sub>x</sub>- og PM<sub>2,5</sub>-udstødning, hvis alle dieselvarebiler var elektriske.

En dansk undersøgelse har tidligere afdækket, hvilken rækkevidde der kræves for eldrevne varebiler for at kunne opfylde daglige kørselsbehov for forskellige erhverv (Christensen et al., 2016). Undersøgelsen viste, at omkring 80 pct. af varebiler på under to ton havde et dagligt kørselsbehov på mindre end 100 km og ca. 40 pct. mindre end 50 km. Det højeste kørselsbehov var 250 km. For varebiler på 2-3,5 ton, og afhængig af branche, havde 60-90 pct. af køretøjerne et gennemsnitligt dagligt kørselsbehov på mindre end 100 km, og 10-40 pct. et større behov end 100 km, og 30-60 pct. af køretøjerne et mindre behov end 50 km.

De faktiske rækkevidder på varebiler sammen med hurtige opladningshastigheder gør, at en stor del af det daglige kørselsbehov kan opfyldes.

En kommune kan derfor omstille egne varebiler til eldrift og har også mulighed for at stille krav om eldrift i forbindelse med udbud af f.eks. vareleverancer.

#### *Potentiale for eldrevne busser*

Rutebusser kører efter en køreplan og omfatter bybusser i byområder, men også regionalbusser. Herudover er der turistbusser. Som det fremgår af Tabel 4 er emissionspotentialet i 2022 for bybusser hhv. 12 og 13 pct. for NO<sub>x</sub>- og PM<sub>2,5</sub>-udstødning og for turistbusser hhv. 3 og 5 pct.

Dette er baseret på den nationale emissionsopgørelse, og fordelingen kan variere fra kommune til kommune. Da bussernes kørsel ikke er jævnt fordelt på vejnettet, vil nogle veje have større andel og andre veje mindre.

Bybusser har i stigende grad mulighed for at blive rene batteridrevne busser, og udviklingen er gået relativt hurtigt mod elektrisk drift inden for de seneste år. Roskilde Kommune var den første kommune til at skifte alle sine lokale bybusser til elbusser i 2019. Mange kommuner er allerede kommet langt med at skifte til eldrift ved at stille krav til udbud af busdriften, hvor en kommune kan beslutte over lokale bybusser i kommunen. En kommune indgår også i et regionalt trafikelskab, hvor kommunen har indflydelse på regionalbusser, som opererer i kommunen. Det er især bybusser og til dels regionalbusser, som har potentiale for elektrisk drift.

Da turistbusser tilbagelægger lange afstande med forskellige ruter, er de vanskeligere at omlægge til elbusser. Hvis udviklingen mod længere rækkevidde og super hurtig opladning fortsætter, vil det være realistisk, at regionalbusser og turistbusser bliver elektriske. Kommunerne kan ikke direkte regulere turistbusser, men kunne understøtte elektrisk drift ved at bidrage med at sikre etablering af offentlige lynladere sammen med private udbydere, hvilket kunne være relevant i større byer og ved store turistattraktioner.

#### *Potentiale for eldrevne lastbiler*

Lastbiler inddeles i to vægtklasser hhv. under og over 32 ton. Som det fremgår af Tabel 4 er emissionspotentialet i 2022 for lastbiler under 32 ton hhv. 1,4 og 1,7 pct. for NO<sub>x</sub>- og PM<sub>2,5</sub>-udstødning og for lastbiler over 32 ton hhv. 1,3 og 2,2 pct. for NO<sub>x</sub>- og partikeludstødning. Dette gælder i gennemsnit for byveje, men lastbilkørsel er ikke jævnt fordelt på vejnettet.

Elektrisk drift af lastbiler kan være en udfordring, da lastbiler er tunge (køretøj og last) og kræver stor batterikapacitet, som fylder og er dyrt. Desuden kan det være vanskeligt at indpasse opladning, hvis det skal ske ofte. Tidligere har det kun været muligt at købe meget små elektriske lastbiler til lette opgaver, f.eks. i parkanlæg, men størrelsen af elektriske lastbiler udvides hele tiden. Rækkevidden og ladehastigheden øges, hvilket gør, at flere og flere lastbiler forventes at blive elektriske.

Fra 1. januar 2025 betaler lastbiler vejafgift efter, hvor langt de kører i Danmark, og afgiften vil være differentieret efter lastbilernes CO<sub>2</sub>-udledning. Ellastbiler vil betale mindre end fossile lastbiler, og staten giver også tilskud til køb af ellastbiler (Skatteministeriet, 2023). Dette vil være et yderligere incitament til omlægning af lastbiler til elektrisk drift.

Kommunerne er flådeejere af lastbiler til f.eks. renovation, som kan omlægges til elektrisk drift.

Kommunerne kan desuden stille krav i udbud til, at f.eks. vareleverancer til kommunens institutioner skal leveres med eldrevne vare- eller lastbiler.

Kommunerne kan understøtte elektrisk drift af lastbiler ved at bidrage med at sikre etablering af offentlige lynladere sammen med private udbydere.

### *Elcykler*

Elcykler er i vækst og kan bidrage til at udvide, hvor langt cyklister f.eks. vil pendle. Dermed kan de være med til at erstatte bilture og dermed reducere luftforurening. Supercykelstier understøtter også pendling over længere afstande. Herudover formodes elcykler at udvide kredsen af cyklister, da de hjælper personer, som ikke tidligere cyklede, ikke cyklede så langt eller havde besvær med at cykle. Eldrevne ladcyclykler er en god mulighed for at transportere børn og indkøb, men kan være en udfordring på smalle cykelstier. Der er ingen lokal luftforurening forbundet med brugen af elcykler, men de har et marginalt lille bidrag til den regionale luftforurening via forbrugt strøm.

Kommunerne kan understøtte ved at etablere gratis lademulighed for elcykler, f.eks. ved busterminaler og togstationer.

### **Eksempel på en kommunal elbilstrategi**

Kommunalbestyrelsen på Frederiksberg besluttede i 2019 strategien 'Frederiksberg ELBILBY NR. 1', som rækker frem mod 2030.

Visionen er, at der på vejene på Frederiksberg hovedsageligt kører busser og biler på el. Kommunens egne biler kører på el, ligesom kommunens befordring af borgere og transport af varer til kommunen er eldrevet. Kommunen er opsøgende i forhold til udviklingen på elbilområdet, deltager i forsøg, nye initiativer og forskningsprojekter og er en vigtig part i arbejdet med rammevilkårene for elbiler.

Elbilstrategien omfatter fire overordnede indsatsområder med tilhørende målsætninger og initiativer. Målsætninger er fastsat for såvel 2023 som for 2030 og er understøttet af en række initiativer:

- Kommunens egne køretøjer: I 2023 benytter 75 pct. af de kommunale køretøjer grønne drivmidler. I 2030 benytter 100 pct. grønne drivmidler, herunder 90 pct. el.
- Udbudt kørsel: Krav om minimum 30 pct. grønne drivmidler og prioritering af el, hvor det er muligt i 2023. I 2030 foregår 100 pct. udbudt befordring med el.
- Kollektiv transport: Al kollektiv trafik udbydes som emissionsfri fra 2018. 100 pct. af den kollektive bustrafik benytter el eller brint i 2030.
- Den private bilpark: 5 pct. i 2023 og 20 pct. af de indregistrerede biler er elbiler eller plug-in hybridbiler i 2030. Der er maksimalt 500 m i 2023 og 250 m til en ladestander fra al etagebyggeri på Frederiksberg i 2030.

Køretøjer indkøbes i denne prioriterede rækkefølge: El, brint, plug-in hybrid, og samlet betegner Frederiksberg Kommune disse som grønne drivmidler/køretøjer. Desuden, hvis ikke andet er muligt, så benzin før diesel. Hvert fjerde år vil strategien blive revideret. Der er i strategien fastsat målemetoder til vurdering af indfrielse af de fastsatte mål.

Kommunerne bør arbejde systematisk med omlægning til elektrisk drift af egne køretøjer, udbudt kørsel, kollektiv transport og understøtte lademuligheder og formulere en kommunal elbilstrategi herfor.

Tabel 5 er en kvalitativ vurdering af potentialet for effekten af de udvalgte tiltag, som er beskrevet i det foregående. Det er ikke muligt at lave en kvantitativ sammenligning på tværs af de forskellige tiltag, da det ville kræve, at der forelå systematiske og sammenlignelige effektundersøgelser af de forskellige tiltag, hvilket ikke findes. Den kvalitative vurdering er et forsøg på at vurdere effekten af de forskellige tiltag i forhold til hinanden ud fra generel viden samt de undersøgelser, der foreligger.

'+' indikerer positive effekter inden for den givne kategori, '-' indikerer negative effekter, mens 'n.a.' står for ingen effekter. Hvis et tiltag får flere plusser end et andet indikerer det, at effekten er større, men det er ikke sådan, at f.eks. to plusser er dobbelt så godt som et plus.

Tabel 5 Kvalitativ oversigt over potentialet for effekt af virkemidler inden for elektrificering af vejtransport

Type regulering	Effekter			Sideeffekter	
	Emission	Luft kvalitet	Helbredseffekt	Klima	Støj
Eldrevne personbiler	+++++	+++	+++++	+++++	++
Eldrevne taxier	+	+	+	+	+
Eldrevne varebiler	+++	++	+++	+++	+
Eldrevne busser	++	+	++	++	+
Elcykler	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)

Note: "+" angiver positive effekter og "-" angiver negative effekter. '( )' indikerer en lille eller usikker effekt.

### Økonomi

Generelt er de direkte omkostninger i elektrificering af transport kendetegnet ved høje initiale anlægsinvesteringer, der over tid modsvares af lavere løbende driftsomkostninger.

For kommunerne udgør omstillingen af den kollektive trafik en tung anlægspost. Anskaffelsesprisen for en elbus (ca. 3,7 mio. kr.) er højere end for traditionelle dieselbusser, og hertil kommer nødvendige investeringer i ladeinfrastruktur, hvor prisen spænder fra ca. 0,125 mio. kr. for 'slow-charge'-løsninger til 2,25 mio. kr. for 'fast-charge'-løsninger (COWI, 2019). Samme forskydning mellem anlæg og drift ses ved elektrificering af kommunens egen bilflåde. Her viser beregninger fra Miljøstyrelsen (2020) dog, at totaløkonomien (TCO) over en 4-årig periode stort set er udlignet; For en mindre bil koster en benzinbil ca. 57.600 kr. årligt, mod ca. 58.100 kr. for en elbil, når alle udgifter indregnes.

Når det gælder ladeinfrastruktur til privatbilisme, påtager kommunen sig primært omkostninger til planlægning og udbud, mens selve investeringen i hardware oftest bæres af private operatører. Omkostningen varierer her markant efter type: En almindelig offentlig ladestander (AC) koster typisk 10.000-30.000 kr., mens en lynlader (DC) løber op i 0,8-1,8 mio. kr. inklusiv installation (Kommissionen for grøn omstilling af personbiler, 2021).

For borgerne er der ingen direkte monetære omkostninger ved kommunens flådeudskiftning eller elektrificering af busser, medmindre merudgifter overvæltes i billetpriserne. Ved brug af offentlig ladeinfrastruktur består borgerens omkostning af brugerbetaling for strømmen, som typisk ligger højere end ved privat hjemmeoplading.

### Case: Elektrificering af 30 bybusser

I denne case sammenstilles de direkte monetære omkostninger med de samfundsøkonomiske gevinster, der opnås udelukkende gennem forbedret luftkvalitet som følge af ændringer i udledningen af PM<sub>2,5</sub> og NO<sub>x</sub>. Formålet er at illustrere cost-benefit-balancen i en konkret kontekst, hvor investeringer hos kommune og borgere/virksomheder holdes direkte op imod værdien af forbedringer af luftkvaliteten. Det skal i den forbindelse understreges, at vurderingerne beror på eksisterende forskning, modelresultater og illustrative cases, og dermed ikke udgør generelle, kausale effektbeviser, der uden videre kan overføres til enhver kommunal kontekst.

Casen analyserer økonomien ved at udskifte 30 konventionelle dieselbusser med elbusser. Der tages udgangspunkt i en depotløsning, hvor bussernes oplades, når de er taget ud af drift. I beregningen forudsættes det, at der etableres en 'slow-charge'-ladestander pr. bus samt en fælles 'fast-charge'-lader pr. 30 busser til hurtig supplering.

De estimeret anlægsinvesteringer er betydelige, da anskaffelsesprisen for elbusser ofte ligger væsentligt over dieselbusser. Samlet løber investeringen op i 117 mio. kr., hvoraf selve busserne udgør den absolut største post. Den resterende del dækker etableringen af nødvendig ladeinfrastruktur, jf. Tabel 6.

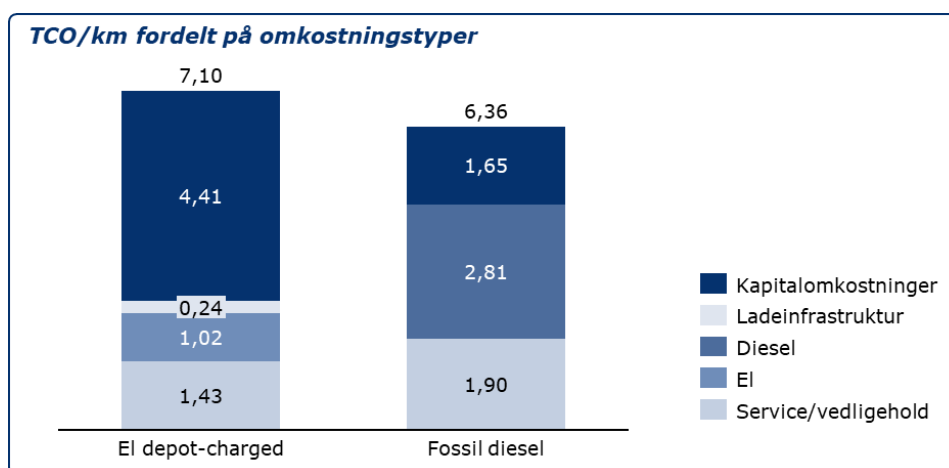
Tabel 6 Estimeret anlægsinvesteringer (År 1)

Omkostningstype	Antal/enhed	Enhedspris (gns.)	Samlet omkostning
Elbusser	30 stk.	3.700.000 kr.	111.000.000 kr.
Slow-charge-stander	30 stk.	125.000 kr.	3.750.000 kr.
Fast-charge-stander	1 stk.	2.250.000 kr.	2.250.000 kr.
<b>Total anlægsinvestering</b>			<b>117.000.000 kr.</b>

### Totalomkostninger (TCO) og driftsøkonomi

For at vurdere den reelle økonomi anvendes TCO, som inkluderer både kapitalomkostninger (afskrivning på busser/anlæg) og de løbende driftsudgifter (energi og vedligehold).<sup>3</sup>

Figur 3 Totalomkostninger pr. km: Depot-charged vs. fossil diesel



Note: Figuren er baseret på rapporten *Alternative drivmidler i Sydtrafik* (COWI, 2019), men el- og dieselomkostningerne er justeret for prisudviklingen, der er sket fra 2019-2025. De resterende omkostningsposter er ens med resultaterne fra COWI (2019).

Som det fremgår af Figur 3, er TCO for en depotopladt elbus fortsat højere end for en dieselbus, primært drevet af de tungere kapitalomkostninger. Det bemærkes, at beregningerne er baseret på forudsætninger fra 2019, og at anskaffelsespriserne for elbusser sidenhen forventes at være reduceret.

Driftsbilledet har dog ændret sig yderligere siden COWI's oprindelige beregninger fra 2019. Fra 2026 er elafgiften reduceret til 0,8 øre/kWh, hvilket med et energiforbrug på 1,3 kWh/km reducerer elbussernes driftsomkostninger betydeligt. Dette bringer TCO for elbusser ned på ca. 7,10 kr. pr. km., sammenlignet med 7,94 kr. pr. km i COWI's oprindelige beregninger.

I samme periode er dieselprisen steget. Korrigeret for inflation og markedsudvikling frem mod 2025, er dieselprisen øget med ca. 1,175 kr. pr. liter (Drivkraft Danmark, 2026). Med et brændstofforbrug på 3,1 km/l resulterer dette i en samlet TCO for dieselbusser på ca. 6,36 kr. pr. km., sammenlignet med 5,98 kr. pr. km i COWI's beregninger.

Trods de forbedrede driftsvilkår for el, er der fortsat en difference i totaløkonomien på ca. 0,74 kr. pr. km i disfavør af elbusserne, når der ikke korrigeres for potentielle fald i anskaffelsespriser. Ved et årligt kørselsomfang på 70.500 km pr. bus svarer dette til en meromkostning på ca. 52.160 kr. pr. bus årligt. For den samlede flåde på

<sup>3</sup> Som angivet i noten til Figur 3, er omkostningerne prisreguleret fra 2019- til 2025-niveau. Casen præsenteres dermed i 2025-priser.

30 busser indebærer omstillingen således en årlig meromkostning på ca. 1,56 mio. kr., sammenlignet med fortsat dieseldrift.

### Miljøeffekter og samfundsøkonomisk gevinst

Investeringen skal ses i lyset af de opnåede miljøgevinster. En dieseldrevet bybus (Euro VI) udleder ca. 1,4 g/km NO<sub>x</sub> og 0,008 g PM<sub>2,5</sub> pr. km. Med afsæt i DCE's enhedspriser for en by, svarende til Odense, hvor prisen er 444 kr./kg for NO<sub>x</sub> og 1.993 kr./kg for partikler, kan værdien af den sparede luftforurening opgøres (Brandt et al., 2023).

Ved en årlig kørsel på 70.500 km pr. bus sparer samfundet ca. 1,31 mio. kr. årligt på reduceret NO<sub>x</sub>-udledning og ca. 34.000 kr. på reduceret PM<sub>2,5</sub>-udledning.

$$NO_x: 30 \text{ busser} * 70.500 \text{ km} * 0,0014 \text{ kg/km} * 444 \text{ kr/kg} = 1.314.680 \text{ kr. årligt}$$

$$PM: 30 \text{ busser} * 70.500 \text{ km} * 0,000008 \text{ kg/km} * 1.993 \text{ kr/kg} = 33.720 \text{ kr. årligt}$$

Samlet giver dette en årlig samfundsøkonomisk gevinst på ca. 1,35 mio. kr., alene grundet bedre luftkvalitet.

### Cost-benefit-konklusion

I en forenklet beregning uden diskontering og alene baseret på luftkvalitetsgevinster, resterer der en årlig nettoomkostning på ca. 210.000 kr., hvis driftsmeromkostningerne ved eldrevne busser (1,56 mio. kr.) sammenholdes med den beregnede samfundsøkonomiske gevinst ved forbedret luftkvalitet (1,35 mio. kr.).

Denne omkostning skal ses i lyset af, at elbusser er kendetegnet ved høje etableringsomkostninger, sammenlignet med dieselbusser, hvor kapitalomkostningerne udgør den absolut største post i totaløkonomien, jf. Tabel 6 og Figur 3. Da udgifterne falder tungt i starten (år 1), mens besparelserne på driften realiseres løbende over mange år, vil en beregning, baseret på nutidsværdi med en indregnet diskonteringsrente, forværre billedet. Nutidsværdien af de fremtidige driftsbesparelser vil blive udhulet, hvilket vil øge den beregnede nettoomkostning væsentligt mere, end den simple TCO-betragtning viser.

Afslutningsvis er det væsentligt at understrege, at denne beregning udelukkende beror på værdien af den forbedrede luftkvalitet. For en beskrivelse af de øvrige potentielle samfundsøkonomiske effekter, herunder CO<sub>2</sub>-reduktion og støj, henvises til de tværgående betragtninger i Kapitel 4, der giver et overblik over disse effektktyper, som ikke er kvantificeret i denne case.

Samlet set indikerer analysen dog, isoleret set på luftkvalitetseffekten, at omkostningerne overstiger gevinsterne, hvorfor investeringen ikke tjenes hjem rent samfundsøkonomisk i denne betragtning.

### Samlet vurdering inden for elektrificering af transport

Når de tekniske vurderinger af miljøeffekter og økonomi sammenholdes med kommunernes erfaringer, fremstår elektrificering af transport som et område med et betydeligt og relativt veldokumenteret potentiale for at forbedre lokal luftkvalitet og samtidig reducere klimabelastningen. Effekten er størst for udstødningsrelateret forurening i tætbefolkede byområder, mens den samlede effekt på partikler er mere begrænset, da en stor del stammer fra ikke-udstødningskilder og baggrundsforurening. Elektrificering reducerer desuden ikke i sig selv selv trængsel og har kun en tydelig støjefekt ved lave hastigheder, tomgang og acceleration.

Kommunernes erfaringer understøtter dette billede. Særligt elektrificering af den kollektive transport – især bybusser – fremhæves som et centralt og allerede gennemført virkemiddel i flere kommuner. Kommunerne oplever klare lokale luftgevinster, fordi udstødningen fjernes fra gadeniveau, og tiltaget vurderes samtidig at blive positivt modtaget af borgerne.

De økonomiske analyser peger på, at hovedudfordringen ved elbusser er de høje anlægsinvesteringer til køretøjer og ladeinfrastruktur, mens lavere energi- og vedligeholdelsesomkostninger reducerer driftsudgifterne.

Den konkrete case med 30 bybusser illustrerer denne forskydning: Totalomkostningerne kan fortsat være højere end for dieselbusser, men forskellen reduceres betydeligt af ændrede energipriser og afgifter. Når de samfundsøkonomiske gevinster ved forbedret luftkvalitet medregnes, nærmer tiltaget sig en samlet nettogevinst. Rentabiliteten afhænger dog i høj grad af lokale forhold, herunder kørselsmønstre, energipriser og anskaffelsesomkostninger.

Kommunerne peger i den forbindelse især på finansiering og investeringshorisont som barrierer, da omlægningen kræver store kapitalbindinger og typisk gennemføres gradvist i takt med kontraktperioder og udskiftning af materiel.

Elektrificering af kommunernes egen bilflåde fremstår både i analyserne og i kommunernes erfaringer som et administrativt håndterbart tiltag med relativt forudsigelig effekt, fordi kommunen selv kan styre indkøb og anvendelse. Tiltaget reducerer direkte den lokale udstødningsforurening, og totaløkonomiske beregninger viser, at omkostningerne for el- og benzinbiler i mange tilfælde er sammenlignelige over en normal udskiftningsperiode. Kommunerne fremhæver dog, at omstillingen følger den almindelige udskiftningstakt, og at elektrificering af tunge køretøjer og arbejdsmaskiner fortsat er teknologisk og økonomisk mere udfordrende.

Investering i ladeinfrastruktur til privat elbilisme vurderes i analysen primært som et muliggørende virkemiddel, hvor kommunens rolle især er planlægning, arealdisponering og udbud, mens selve investeringerne ofte foretages af private aktører. Kommunerne fremhæver, at tiltaget er særligt relevant i tætbefolkede områder uden mulighed for hjemmeopladning. De direkte kommunale omkostninger er typisk begrænsede sammenlignet med andre virkemidler, men der er behov for strategisk planlægning af placering og kapacitet. Samtidig ligger en væsentlig del af omstillingen uden for kommunernes direkte kontrol, da borgernes bilvalg også afhænger af nationale rammevilkår, priser og modeludbud.

Samlet set peger analysen på, at elektrificering er et effektivt virkemiddel til at reducere udstødningsrelateret luftforurening, især NO<sub>x</sub> og NO<sub>2</sub>, mens gevinsten for partikler er mere moderat og i nogle tilfælde kræver supplerende tiltag. Kommunernes erfaringer understøtter, at elektrificering derfor er mest virkningsfuld som led i en bredere mobilitetsstrategi, der også reducerer trafikmængden eller fremmer transportformer med lavere emissioner.

De væsentligste muligheder ligger i fortsat udbredelse af elbusser, systematisk omlægning af kommunale køretøjer og udbygning af ladeinfrastruktur, mens de centrale barrierer primært er økonomiske (store investeringer), tidsmæssige (gradvis udskiftning) og institutionelle (afhængighed af nationale beslutninger på visse områder).

### 6.3 Bolig og opvarmning

Inden for temaet ses der nærmere på følgende konkrete tiltag med henblik på at afdække potentielle miljøeffekter og økonomiske omkostninger, forbundet med tiltagene:

- *Udbygning af fjernvarme*  
Kommuner kan gennem varmeplanlægning og projektkodkendelse understøtte en omstilling fra individuelle olie- og gasfyr til kollektiv fjernvarme.
- *Udskiftning af kommunale gas- og oliefyr*  
Kommuner kan gå foran ved at omlægge opvarmning af egne bygninger til fjernvarme eller varmepumper.
- *Skærpet miljøtilsyn af brændeovne*  
Kommuner kan føre tilsyn efter brændeovnsbekendtgørelsen (BEK nr. 199/2022) og præcisere eller skærpe bekendtgørelsens krav gennem forskrifter. Tilsynsopgaven kan understøttes af eksisterende national vejledning og informationsplatform<sup>1</sup> samt inddragelse af skorstensfejere.

- *Oplysningskampagner om brændefyring*  
Kommuner kan gennemføre kampagner om korrekt fyring, brug af tørt brænde samt alternativer til brændeovne – eventuelt i samarbejde med lokale skorstensfejere og nationale kampagner. Kampagner kan f.eks. fokusere på korrekt fyring, herunder anvendelse af top-down-optænding, understrege kravet om kun at bruge rent og tørt brænde, belyse risici ved indendørs eksponering og/eller oplyse om klimabelastning ved brændefyring.
- *Forbud mod brændeovne produceret før 2008*  
Kommuner kan kræve udskiftning eller nedlæggelse af brændeovne og pejseindsatse produceret før 1. juni 2008 i områder med fjernvarme eller naturgas (BEK nr. 640/2023).
- *Krav om partikelfiltre til brændeovne*  
Kommuner kan anvende krav om partikelfiltre til brændeovne, forudsat at staten fastsætter lovgivningsmæssig hjemmel hertil.

### Områdets betydning for luftkvalitet

Varmeforsyning er både en central del af energisystemet og en betydelig kilde til emissioner, der varierer med teknologi og brændsler. Fjernvarme udgør den langt mest udbredte opvarmningsform i Danmark – særligt i byområder. Varmen produceres typisk på fjernvarmeværker, kraftvarmeværker og affaldsforbrændingsanlæg, hvor brændselsgrundlaget hovedsageligt omfatter naturgas, herunder en stigende andel af biogas, og biomasse som træflis, mens kul er under gradvis udfasning. I områder uden fjernvarme udgør varmepumper en voksende del af den individuelle boligopvarmning. Teknologien drives af elektricitet og udnytter varme fra omgivelserne, hvilket gør den væsentligt mere energieffektiv end direkte elvarme og relevant både som individuel løsning og i kollektive systemer, såsom termonet. Gas- og oliefyring er dog fortsat udbredt til varmforsyning. Der er dog en national politisk målsætning om at udfase individuelle olie- og gasfyr senest i 2035 (Regeringen, 2022). Udfordringen afspejles også i den kommunale bygningsmasse, hvor en ikke ubetydelig andel af bygninger fortsat opvarmes af naturgas eller olie – heraf langt størstedelen med naturgas. Endelig udgør brændeovne og træpilleovne fortsat en del af opvarmningsbilledet i Danmark – særligt uden for fjernvarmeområder. Træpilleovne anvendes typisk som primær varmekilde til både centralvarme og varmt brugsvand, mens brændeovne i højere grad fungerer som et supplement til anden opvarmning, hvor komfort og 'hygge' ofte er en væsentlig drivkraft.

Boligopvarmning kan overordnet henføres til to hovedemissionssektorer: *El- og fjernvarmeproduktion* (sektor A) og *Små forbrændingsanlæg* (sektor B). Forbrænding af gas, olie, affald og træ medfører udledning af en række luftforurenende stoffer med betydning for både luftkvalitet og borgernes helbred. De vigtigste i denne sammenhæng er:

- Kvælstofoxid (NO<sub>x</sub>), som bidrager til dannelse af NO<sub>2</sub> og ozon.
- Fine partikler (PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub>).
- Svovldioxid (SO<sub>2</sub>), som især relevant ved svovlholdige brændsler.
- Sodpartikler (black carbon eller BC) er både sundhedsskadelige at indånde og fungerer som et kortlivet klimaforurenende stof, det vil sige et forurenende stof, der har en kraftig, men kortvarig effekt på den globale opvarmning.

I Tabel 7 vises emissionsfaktorer for NO<sub>x</sub> og PM<sub>2,5</sub> for individuel og kollektiv varmforsyning i 2021. Som det fremgår, er forskellene i NO<sub>x</sub> begrænsede på tværs af opvarmningsformer, mens forskellene i PM<sub>2,5</sub> modsat er betydelige. Gasfyr og varmepumper har forholdsvis lave emissioner af både NO<sub>x</sub> og PM<sub>2,5</sub>, mens sær-

ligt træbaserede teknologier er forbundet med højere emissioner af begge stoffer. For NO<sub>x</sub> ses de laveste emissioner ved netop gasfyr og varmepumper, mens højere emissioner særligt ses ved pillekedler/-ovne samt kraft- og fjernvarmeværker på træpiller. For PM<sub>2,5</sub> har gasfyr samt kraft- og fjernvarmeværker på naturgas/olie de laveste emissioner, mens brændeovne – særligt ældre modeller – har mange gange højere emissioner end de øvrige opvarmningsformer.

Det skal bemærkes, at varmepumper i 2021 havde højere PM<sub>2,5</sub>-emissioner end f.eks. gasfyr som følge af elforbruget i den nuværende elproduktion, men emissionerne forventes at falde yderligere i takt med den fortsatte udbygning af vedvarende energi, så emissioner, knyttet til varmepumper, fremover vil falde. Overordnet set vil udskiftning af gasfyr således normalt øge de samlede partikelemissioner, mens udskiftning af oliefyr, brændeovne og pillekedler/-ovne typisk vil medføre reduktioner.

Tabel 7 Emissionsfaktorer for individuel og kollektiv varmforsyning i 2021

	Naturgas/olie	Træ	Strøm
<b>NO<sub>x</sub>-emissioner (g/GJ)</b>			
Gasfyr	18	-	-
Oiefyr	52	-	-
Individuel varmepumpe	-	-	30
Brændeovn – fra før 1990	-	50	-
Brændeovn – med svanemærke	-	75	-
Brændeovn – gennemsnitlig	-	74	-
Pillekedel/-ovn	-	80	-
Kraftværker	-	81	-
Fjernvarmeværker	-	90	-
<b>PM<sub>2,5</sub>-emissioner (g/GJ)</b>			
Gasfyr	0,1	-	-
Oiefyr	5	-	-
Individuel varmepumpe	-	-	1
Brændeovn – fra før 1990	-	930	-
Brændeovn – med svanemærke	-	118	-
Brændeovn – gennemsnitlig	-	269	-
Pillekedel/-ovn	-	47	-
Kraftværker	0,1	1,3	-
Fjernvarmeværker	0,1	10	-

Note: Emissionsfaktorer er baseret på Ellermann & Jensen (2024a), Nielsen et al. (2023) og Energinet (2022). Emissionerne fra varmepumper er indirekte og relateret til elproduktionen, som fortsat er delvist baseret på biomasse med emissioner, men som i stigende grad baseres på vedvarende energi uden emissioner.

### Helbredseffekter

De beskrevne emissioner inden for opvarmning har væsentlige afledte effekter på befolkningens helbred. Sektoren for el- og fjernvarmeproduktion bidrog i 2023 til omkring 24 for tidlige dødsfald, mens sektoren for små forbrændingsanlæg bidrog til omtrent 324 for tidlige dødsfald (Nordstrøm et al., 2024). Set i forhold til sektorens betydelige andel af både varme- og elproduktionen er antallet af for tidlige dødsfald fra el- og fjernvarmeproduktion meget lavt relativt til sektoren for små forbrændingsanlæg. Dette kan hovedsageligt tilskrives krav om brug af effektive renseteknologier og høje skorstene, som samlet medfører lav befolkningseksposering og dermed færre negative helbredseffekter. Det betydeligt højere antal af for tidlige dødsfald, knyttet til sektoren for små forbrændingsanlæg, skal ses i lyset af, at sektoren er domineret af emissioner fra brændeovne med

et mindre bidrag fra individuelle olie- og gasfyr. De høje emissioner fra brændeovne, kombineret med lave udledningshøjder, medfører en høj lokal eksponering af befolkningen. Der er derfor et betydeligt potentiale for at reducere antallet af for tidlige dødsfald gennem regulering af brændeovne.

#### *Klimaeffekter*

Forbrænding af gas, olie, affald og træ medfører udledning af drivhusgasser, herunder CO<sub>2</sub>, samt en række kortlevende klimakomponenter – særligt BC – der bidrager til den globale opvarmning. Brændefyring kan i princippet være CO<sub>2</sub>-neutral, hvis træet stammer fra bæredygtig skovdrift, hvor udtag ikke overstiger tilvæksten. Hvis skovressourcen overudnyttes, øges netto-CO<sub>2</sub>-udledningen, og biodiversiteten kan forringes. Uagtet om brændefyring er CO<sub>2</sub>-neutralt, bidrager det fortsat til den globale opvarmning gennem udledning af BC og kan derfor ikke betragtes som klimaneutral. BC absorberer solstråling i atmosfæren og øger afsmeltning af sne og is ved at reducere overfladers albedo. Eftersom BC kun opholder sig i atmosfæren i dage til uger, kan reduktioner i emissionerne give næsten øjeblikkelige klimamæssige effekter (Bond et al., 2013). Varmepumper anvender elektricitet, og deres klimaeffekt afhænger derfor af elproduktionens CO<sub>2</sub>-intensitet. Denne er dog faldet markant i Danmark, fra 331 g CO<sub>2</sub>/kWh i 2014 til omkring 66 g CO<sub>2</sub>/kWh i 2024, og forventes at falde yderligere (Energistyrelsen, 2024). I takt med den stigende andel af sol- og vindenergi vil varmpumper derfor medføre en stadig lavere klimabelastning.

#### **Miljøeffekter af udvalgte tiltag**

##### *Udbygning af fjernvarme*

Kommunal udbygning af fjernvarme kan reducere CO<sub>2</sub>-udledningen – særligt hvis fjernvarmen på sigt baseres på varmpumper, geotermi, spildvarme og andre ikke-fossile kilder. Med den nuværende teknologisammensætning er der imidlertid ikke entydig gevinst for emissioner af NO<sub>x</sub> og PM<sub>2,5</sub>, da fjernvarme på træpiller og affald kan have højere emissionsfaktorer end de individuelle fyr, der erstattes. Den samlede miljøgevinst afhænger derfor i høj grad af de anvendte brændsler og teknologier i fjernvarmeproduktionen.

##### *Udskiftning af kommunale gas- og oliefyr*

Udskifter kommunen egne gas- og oliefyr med varmpumper, opnås typisk reduktioner i både NO<sub>x</sub>, PM<sub>2,5</sub> og CO<sub>2</sub>. Hvis der i stedet konverteres til fjernvarme, vil effekten svare til den generelle vurdering for fjernvarme, beskrevet ovenfor. Varmepumper er det eneste af de udvalgte tiltag, som kan medføre støjgener. Luft-til-luft- og luft-til-vand-varmpumper har en udendørs enhed, der kan give anledning til støj i naboskel, mens jordvarmpumper ikke har udendørs støjkluder. Den indendørs støj fra varmpumper er typisk på niveau med et køleskab.

##### *Skærpet miljøtilsyn af brændeovne*

Som tilsynsmyndighed og med mulighed for at præcisere eller skærpe kravene i brændeovnsbekendtgørelsen kan kommunen bidrage til at reducere lokale emissioner fra brændeovne gennem sagsbehandling. Naboer til brændefyring kan opleve gener – også indendørs – hvis der fyres med vådt brænde eller affald, ved forkert fyring, utilstrækkelige skorstensforhold eller under bestemte meteorologiske forhold, hvor røgen føres mod nabo-bebyggelse. Tiltaget vurderes primært at have en lokal effekt i forhold til røg- og lugtgener og har ikke en væsentlig samlet effekt på den samlede partikeludledning.

##### *Oplysningskampagner om brændeovne*

Kommunerne har mulighed for indirekte at reducere røg- og partikelemissioner ved at gennemføre oplysningskampagner om brændefyring. Kampagner kan f.eks. fokusere på korrekt fyring, herunder anvendelse af top-down-optænding, som ifølge Miljøstyrelsen kan reducere partikeludledningen i optændingsfasen med 50-80 pct., sammenlignet med traditionel bundoptænding (Miljøstyrelsen, 2017). Effekten er dog primært begrænset til optændingsfasen.

##### *Forbud mod brændeovne før 2008*

Kommunalt forbud mod brændeovne før 2008 i fjernvarme- og naturgasområder er et af de mest effektive virkemidler for reduktion af partikler. Dette illustreres i tekstboksen nedenfor, hvor erfaringer fra Odense viser, at

hvis 30 pct. af brændeovnene nedlægges, og 70 pct. udskiftes, kan der forventes en betydelig reduktion i den samlede partikelforurening. Særligt estimeres emissioner af PM<sub>2,5</sub> at mindskes markant, mens mindre reduktioner forventes i SO<sub>2</sub>- og NO<sub>x</sub>-emissioner. Effekten på NO<sub>x</sub> er begrænset, da nyere brændeovne generelt har højere NO<sub>x</sub>-emissioner end ældre ovne, og reduktionen skyldes derfor primært, at en andel af ovnene fjernes helt. For BC forventes en mindre stigning i emissioner – og deraf en svagt negativ klimaeffekt – da de ældste ovne har lavere BC-emissioner end nyere modeller. Tilsvarende effekter kan forventes i andre kommuner. Nyere erfaringer fra Miljøstyrelsen viser, at ved ejerskifte nedlægges omkring 50 pct. af brændeovnene, mens de resterende 50 pct. udskiftes. Hvis dette lægges til grund for et forbud, vil effekten være større end i Odense-eksemplet, idet en større andel af ovnene nedlægges.

#### Erfaringstal fra Odense

##### Hvis 30 pct. af brændeovne nedlægges, og 70 pct. udskiftes, forventes...

- Reduktion i det samlede brændeforbrug på ca. 15 pct.
- Reduktion i både PM<sub>2,5</sub>- og PM<sub>10</sub>-emissioner på ca. 52 pct.
- Reduktion i NO<sub>x</sub>-emissioner på ca. 3 pct.
- Reduktion i SO<sub>2</sub>-emissioner på ca. 15 pct.
- Stigning i BC-emissioner på ca. 3 pct.

Kilde: Jensen et al. (2022a).

Forbud forventes dog ikke kun at påvirke udledningen af partikler, men også koncentrationen af disse i luften. I en tidligere undersøgelse for Odense Kommune (Jensen et al., 2022) beregnes brændeovnes bidrag til luftkvaliteten på bybaggrundsniveau til ca. 0,24 µg/m<sup>3</sup> for PM<sub>2,5</sub> og ca. 0,08 µg/m<sup>3</sup> for NO<sub>2</sub>. Et forbud estimeres i den forbindelse at reducere koncentrationen af PM<sub>2,5</sub> med ca. 54 pct. og NO<sub>2</sub> med ca. 3 pct.

Effekten af et forbud mod ældre brændeovne afhænger naturligvis af udbredelsen af brændeovne i den enkelte kommune. På tværs af kommuner kan der dog forventes forbedringer af luftkvaliteten som følge af lavere partikelemissioner.

Helbredseffekterne vurderes samtidig at være betydelige, da selv mindre reduktioner i partikelkoncentrationer kan give mærkbare helbredsgevinster, når eksponeringen omfatter store befolkningsgrupper. Som tidligere beskrevet, anslås sektoren for Små forbrændingsanlæg, herunder især brændeovne, at bidrage til 324 for tidlige dødsfald i Danmark (Nordstrøm et al., 2024). Hvis den beregnede effekt fra Odense overføres til nationalt niveau, vil et forbud mod ældre brændeovne potentielt kunne resultere i omtrent en halvering af partikelemissionen. Da partikler står for en meget stor del af de for tidlige dødsfald, har virkemidlet potentiale til næsten at halvere antallet af disse, hvis det gennemføres i alle kommuner.

#### Krav om partikelfiltre til brændeovne

Den hidtidige teknologiske udvikling af brændeovne har primært fokuseret på passiv optimering af forbrændingen gennem udformning af forbrændingskammer og efterforbrænding. Enkelte producenter tilbyder i dag brændeovne med aktiv styring af forbrændingsprocessen, som bidrager til en mere stabil og ren forbrænding med lavere partikeludledning, men der er samtidig afhængigheden af brugerens fyringsteknik. Det næste teknologiske skridt mod væsentlig lavere partikeludledning er effektiv rensning af røggassen gennem partikelfiltre – analogt til teknologien bag partikelfiltrering i dieselmotorer. I en ældre undersøgelse testede Miljøstyrelsen (2011) fem forskellige elektrostatiske partikelfiltre og fandt begrænset effekt af filtre – med langt større estimerede effekter ved udskiftning af ældre brændeovne med nyere modeller. Siden er der dog udviklet mere effektive elektrostatiske partikelfiltre til montering i toppen af skorstenen. Ifølge en producent af sådanne filtre kan disse reducere antallet af ultrafine partikler med 90-95 pct. og den samlede partikelmasse med 70-75 pct. (Azizadini et al., 2018). Det skal i den forbindelse bemærkes, at Miljøstyrelsen for nyligt har fremlagt forslag til en godkendelsesordning for partikelfiltre til brændeovne (Miljøstyrelsen, 2025), som dog endnu ikke er vedtaget.

Hvis målet er, at brændefyring skal have partikeludledninger (PM<sub>2,5</sub>) på niveau med andre opvarmningsformer, er det nødvendigt at kombinere aktiv styring af forbrændingsprocessen med effektiv røgrænsning. De nyeste svanemærkede brændeovne har en partikelemission på ca. 155 g/GJ, mens pilleovne og -fyr ligger omkring 29 g/GJ. Til sammenligning har individuelle oliefyr en emission på ca. 5 g/GJ, gasfyr omkring 0,1 g/GJ og varmepumper et niveau imellem disse afhængigt af elproduktionsmixet. Ved kollektiv varmeforsyning, baseret på træpiller, ligger partikelemissionerne på ca. 5 g/GJ for kraftværker og ca. 10 g/GJ for fjernvarmeværker. For at nå et emissionsniveau på hhv. 5 og 10 g/GJ skal de nyeste Svanemærkede brændeovne således forbedres med en faktor 15-30 (svarende til en reduktion på 94-97 pct.), mens pilleovne og -fyr skal forbedres med en faktor 3-5 (65-83 pct.). Dette vil forudsætte en kombination af aktiv forbrændingsstyring og efterfølgende røgrænsning med partikelfilter.

En samlet kvalitativ vurdering af effekterne af hver tiltag fremgår af Tabel 8. Det er ikke muligt at lave en kvantitativ sammenligning på tværs af de forskellige tiltag, da det ville kræve, at der forelå systematiske og sammenlignelige effektundersøgelser af de forskellige tiltag, hvilket ikke findes. Den kvalitative vurdering er et forsøg på at vurdere effekten af de forskellige tiltag i forhold til hinanden ud fra generel viden samt de undersøgelser, der foreligger. '+' indikerer positive effekter inden for den givne kategori, '-' indikerer negative effekter, mens 'n.a.' står for ingen effekter. Hvis et tiltag får flere plusser end et andet, indikerer det, at effekten er større, men det er ikke sådan, at f.eks. to plusser er dobbelt så godt som et plus.

For de direkte miljøeffekter vurderes forbud mod brændeovne før 2008 som særligt effektivt, mens der ligeledes forventes positive effekter af de øvrige tiltag – med undtagelse af udbygning af fjernvarme. Et tilsvarende mønster ses for helbredseffekter. Udbygning af fjernvarme og udskiftning af kommunale gas- og oliefyr forventes desuden at resultere i positive klimaeffekter. Ingen af tiltagene vurderes umiddelbart at medføre positive effekter i forhold til støj.

Tabel 8 Kvalitativ vurdering af potentialet for effekt af udvalgte tiltag

	Miljøeffekter				Støj
	Emission ved kilde	Luft	Sundhed	Klima	
Udbygning af fjernvarme	(-)	(-)	(-)	+	n.a.
Udskiftning af kommunale gas- og oliefyr	+	+	+	++	-
Skærpet miljøtilsyn af brændeovne	+	+	+		n.a.
Oplysningskampagner om brændefyring	+	+	+		n.a.
Forbud mod brændeovne før 2008	++++	++++	++++	(-)	n.a.
Krav om partikelfiltre til brændeovne	+++++	+++++	+++++	+	n.a.

Note: '+' indikerer positive effekter inden for den givne kategori, mens '-' indikerer negative effekter. '( )' indikerer en lille eller usikker effekt. 'n.a.' står for ingen effekter.

## Økonomi

For kommunerne er omkostningsbilledet todelt. Ved udskiftning af kommunens egne olie- og gasfyr til varmepumper kræves direkte anlægsinvesteringer til indkøb, installation og eventuel opgradering af elinstallationer. Denne investering modsvarer dog typisk delvist af lavere løbende udgifter til drift og vedligehold. Når det gælder den brede udbygning af fjernvarme i kommunen, er de kommunale udgifter derimod primært administrative og dækker ressourcer til strategisk varmeplanlægning og myndighedsbehandling, da selve anlægsinvesteringen i ledningsnettet afholdes af forsyningsselskaberne og finansieres over varmeprisen.

Ved regulering af brændeovne skifter de kommunale omkostninger karakter til ren drift og administration. Mens oplysningskampagner og skærpet miljøtilsyn primært kræver årsværk til koordination og sagsbehandling, medfører et decideret forbud mod ældre brændeovne en tungere administrativ byrde. KL (2021) har estimeret de samlede administrative omkostninger for miljøzonekommunerne til 4-5 mio. kr., mens erfaringer fra en enkelt kommune indikerer et ressourcetræk på ca. 0,25 årsværk til implementering og tilsvarende 0,25 årsværk til løbende drift.

For borgerne medfører tiltagene direkte monetære omkostninger. Ved konvertering til fjernvarme skal der betales tilslutningsbidrag og interne installationer. Endnu tydeligere er udgiften ved regulering af brændeovne. Et krav om nedlæggelse af ældre ovne pålægger boligejeren en investering, hvor en ny ovn gennemsnitligt koster ca. 11.500 kr. ekskl. montering, mens en sløjfning af ildstedet koster ca. 5.000 kr. (KL, 2021). Hvis kravet i stedet omhandler montering af partikelfiltre, er omkostningen endnu højere.

Et indhentet tilbud fra Himmerlands Pejsecenter viser en samlet pris på ca. 23.000 kr. inkl. montering, hvor selve filterenheden udgør ca. 14.000 kr. (Jensen et al., 2022a). Da prisen for et filter dermed ofte overstiger prisen på en ny brændeovn, vurderes det ikke realistisk, at borgere vil foretage denne investering uden lovkrav eller tilskud.

I forhold til finansiering af udskiftningen vurderer KL, at en eventuel skrotningspræmie på ca. 2.150 kr. vil kræve en statslig pulje på ca. 47 mio. kr. for de fem miljøzonekommuner, og at administrationen heraf med fordel kan placeres centralt hos Miljøstyrelsen.

#### Case: Udskiftning af brændeovne og krav om partikelfiltre

Da både miljøeffekter og omkostninger varierer betydeligt fra sag til sag – afhængigt af lokal befolkningstæthed, boligmasse og kommunal praksis – opstilles her to cases, der sammenstiller de direkte monetære omkostninger med de samfundsøkonomiske gevinster, der opnås udelukkende gennem forbedret luftkvalitet som følge af ændringer i udledningen af PM<sub>2,5</sub> og NO<sub>x</sub>. Formålet er at illustrere cost-benefit-balancen i en konkret kontekst, hvor investeringer hos kommune og borgere/virksomheder holdes direkte op imod værdien af forbedringer af luftkvaliteten. Det skal i den forbindelse understreges, at vurderingerne beror på eksisterende forskning, modelresultater og illustrative cases, og dermed ikke udgør generelle, kausale effektbeviser, der uden videre kan overføres til enhver kommunal kontekst.

Case 1 tager afsæt i Odense Kommune, der vurderes repræsentativ for større danske provinskommuner. Case 2 tager derimod udgangspunkt i nationale gennemsnitstal for at belyse potentialet bredt.

#### Case: Udskiftning af brændeovne produceret før 2008 i Odense

Denne case tager udgangspunkt i bestanden af ældre brændeovne (produceret før 2008), som i Odense Kommune udgør ca. 5.200 enheder. Det metodiske grundlag for beregningen af miljøeffekterne tager udgangspunkt i DCE's tidligere analyse af dette forbud i Odense Kommune (Jensen et al., 2022a).<sup>4</sup>

I beregningen opstilles et scenario, hvor det antages, at 30 pct. af ejerne (svarende til 1.565 ovne) vælger at nedlægge brændeovnen, mens de resterende 70 pct. (3.652 ovne) udskifter den til en nyere og mere miljøvenlig model.

Tabel 9 Estimeret anlægsinvesteringer (År 1)

Omkostningstype	Antal/enhed	Enhedspris (gns.)	Samlet omkostning
Borgere: Nedlæggelse	1.565 ovne (30%)	5.000 kr.	7.825.000 kr.
Borgere: Udskiftning	3.652 ovne (70%)	11.500 kr.	41.998.000 kr.
Kommune: Implementering	0,25 årsværk	540.000 kr.	135.000 kr.

<sup>4</sup> Da kilden er dateret fra november 2022, antages det, at casen er opgjort i 2021-priser.

---

<b>Samlede omkostninger (År 1)</b>	<b>49.958.000 kr.</b>
------------------------------------	-----------------------

---

Tabel 9 viser, at de samlede anlægsinvesteringer i år 1 løber op i knap 50 mio. kr. Denne udgift bæres altovervejende af borgerne. For den gruppe, der vælger at nedlægge ovnen, estimeres en gennemsnitlig udgift på 5.000 kr. pr. husstand, hvilket giver en samlet post på ca. 7,8 mio. kr. For den større gruppe, der vælger at udskifte til en ny ovn, er enhedsprisen sat til 11.500 kr., hvilket medfører en samlet omkostning på ca. 42 mio. kr.

For kommunen er anlægsudgifterne minimale, sammenlignet med borgernes udgift. Implementeringen vurderes at kræve et administrativt ressourcetræk på ca. 0,25 årsværk, svarende til 135.000 kr.

### **Fremadrettet drift (År 2 og frem)**

Efter implementeringsåret falder omkostningerne markant, da den tunge anlægsinvestering er afholdt. Fra år 2 og frem består udgiften udelukkende af kommunale driftsomkostninger til løbende administration, tilsyn og håndhævelse. Dette vurderes at kunne håndteres inden for samme ramme som implementeringen, svarende til ca. 0,25 årsværk eller 135.000 årligt. Der forventes ingen yderligere investeringsomkostninger for borgerne i driftsfasen.

### **Miljøeffekter og samfundsøkonomisk gevinst**

Tiltaget forventes at reducere den samlede emission af partikler (PM<sub>2,5</sub>) med 26,89 tons årligt. Der ses også mindre reduktioner i NO<sub>x</sub> og SO<sub>2</sub> samt en lille stigning i BC, som der i denne beregning ses bort fra (Jensen et al., 2022a).

For at værdisætte reduktionen anvendes DCE's beregningsprincipper for enhedspriser, som angiver den samfundsmæssige omkostning for helbredseffekter af luftforurening ved udledning af et kilo luftforurening i en given geografi. For en befolkningstæthed på over 3.000 indbyggere pr. km<sup>2</sup>, er enhedsprisen fastsat til 1.663 kr. pr. kg PM<sub>2,5</sub> (Brandt et al., 2023).

Den årlige samfundsøkonomiske besparelse kan dermed opgøres til:

$$26.890 \text{ kg} * 1.663 \text{ kr./kg} \approx 44,7 \text{ mio. kr. årligt}$$

Det skal dog bemærkes, at effekten af tiltaget i de efterfølgende år langsomt vil aftage, da der sker en naturlig, løbende udskiftning af brændeovne, som ville have fundet sted uanset tiltaget (Jensen et al., 2022a).

### **Cost-benefit-konklusion**

I en forenklet beregning uden diskontering og alene baseret på luftkvalitetsgevinsterne, ses en høj omkostnings-effektivitet ved at sammenholde anlægsinvesteringen på ca. 50 mio. kr. med den årlige samfundsøkonomiske gevinst på 44,7 mio. kr. De samfundsmæssige gevinster vil overstige de samlede omkostninger allerede kort tid efter det første år. Herefter vil gevinsten årligt være markant højere end de beskedne driftsomkostninger til kommunalt tilsyn. Selv hvis der indregnes en diskonteringsrente, vil den korte tilbagebetalingstid betyde, at projektet forbliver rentabelt.

Det er væsentligt at understrege, at denne beregning udelukkende beror på værdien af den forbedrede luftkvalitet. Beregningen ekskluderer effekter, både negative effekter såsom tab af velfærds- og forsyningsværdi ('hygge-effekten' og 'supplerende varme' for borgeren, og positive effekter såsom reduceret CO<sub>2</sub>-udledning. For en samlet beskrivelse af øvrige tværgående samfundsøkonomiske effekter henvises til Kapitel 4.

### **Case: Krav om partikelfiltre**

Denne case beregner de økonomiske konsekvenser ved at stille krav om montering af partikelfiltre på 5.200 brændeovne. Beregningen tager udgangspunkt i en gennemsnitsbetragtning for at illustrere potentialet ved en bredere anvendelse.

Der forudsættes et årligt energiforbrug på 13,9 GJ pr. ovn, svarende til gennemsnittet for alle boliger med brændeovn i Danmark (DCE's nationale emissionsopgørelse for 2024).<sup>5</sup> Det tekniske udgangspunkt er et elektrostatisk partikelfilter, der erfaringsmæssigt kan reducere partikelmassen med 70-75 pct.

For borgerne er omkostningerne i denne beregning baseret på et indhentet tilbud fra Himmerlands Pejsecener. Prisen for et partikelfilter til brændeovn vurderes samlet til ca. 23.000 kr. i gennemsnit, inkl. montering og nødvendige adaptore.<sup>6</sup> Prisen tager udgangspunkt i installation på stålskorsten og inkluderer en delvis vægtning af meromkostninger ved murstensskorstene. Det forudsættes, at monteringen kan udføres uden brug af lift, da dette ellers vil medføre yderligere omkostninger.

For kommunen er omkostningerne i denne fase marginale. De administrative opgaver i forbindelse med implementeringen forventes at kunne håndteres for ca. 135.000 kr., svarende til 0,25 årsværk, jf. erfaringstallene fra den foregående case.

Tabel 10 Estimeret anlægsinvesteringer (År 1)

Omkostningstype	Antal/enhed	Enhedspris (gns.)	Samlet omkostning
Borgere: Partikelfilter	5.200 ovne	23.000 kr.	119.600.000 kr.
Kommune: Implementering	0,25 årsværk	540.000 kr.	135.000 kr.
<b>Samlede omkostninger (År 1)</b>			<b>119.735.000 kr.</b>

De samlede omkostninger i implementeringsåret løber op i ca. 119,7 mio. kr. Langt størstedelen af denne udgift påhviler borgerne.

### Fremadrettet drift (År 2 og frem)

Efter det første år falder omkostningsniveauet markant. For kommunen videreføres det administrative ressourcetræk på 0,25 årsværk (ca. 135.000 kr. årligt) til løbende tilsyn og håndhævelse. For borgerne vil der være mindre løbende driftsudgifter til service, rensning og strømforbrug til filtret, men disse udgifter vurderes at være uden væsentlig betydning, sammenlignet med den store engangsinvestering.

### Miljøeffekter og samfundsøkonomisk gevinst

For at beregne miljøgevinsten anvendes emissionsfaktoren for en gennemsnitlig brændeovn, som er opgjort til 269g PM<sub>2.5</sub> pr. GJ, jf. tabel 7. Med et samlet energiforbrug på 72.280 GJ for de omfattede ovne kan den totale emission før filtrering opgøres til ca. 19,4 tons PM<sub>2.5</sub>. Ved en antaget reduktionseffektivitet på 72,5 pct. reduceres denne emission med ca. 14,1 tons årligt.

Ligesom forrige case værdisættes denne reduktion med enhedsprisen for byområder med høj befolkningstæthed (>3.000 indbyggere/km<sup>2</sup>) på 1.663 kr. pr. kg. PM<sub>2.5</sub>. Dette resulterer i en årlig samfundsøkonomisk gevinst på:

$$14.100 \text{ kg} * 1.663 \text{ kr./kg.} \approx 23,4 \text{ mio. kr.}$$

### Cost-benefit-konklusion

I en forenklet beregning uden diskontering og alene baseret på luftkvalitetsgevinster, overstiger de beregnede samfundsmæssige gevinster (ca. 23,4 mio. kr.) investeringsomkostningerne (ca. 119,7 mio. kr.) efter godt fem år.

<sup>5</sup> Ifølge emissionsopgørelsen for 2024 estimeres bestanden til 669.346 brændeovne samt 48.186 øvrige ovne (pejse, masseovne mv.). Det samlede brændselsforbrug for brændeovne er opgjort til 9.271.361 GJ. Opgørelsen ekskluderer brændekedler og pillefyrede anlæg.

<sup>6</sup> Da tilbuddet er indhentet i slutningen af 2025, antages casen også at være opgjort i 2025-priser.

Det skal dog bemærkes, at denne tilbagebetalingstid er beregnet uden tilbagediskontering. Da omkostningerne falder tungt i år 1, mens gevinsterne realiseres løbende over en årrække, vil indregning af en diskonteringsrente betyde, at nutidsværdien af gevinster falder, hvorved den reelle tilbagebetalingstid forlænges yderligere.

Ligesom ved de øvrige cases beror denne beregning udelukkende på værdien af den forbedrede luftkvalitet. Analysen ekskluderer potentielle afledte effekter, og for en samlet beskrivelse af disse tværgående effekter henvises til Kapitel 4.

Endelig må det forventes, at den høje private anlægsinvestering vil udgøre en markant barriere for frivillig efterlevelse. En realisering vil sandsynligvis forudsætte lovkrav eller betydelige tilskud,<sup>7</sup> hvilket vil flytte en stor del af omkostningen fra borgerne til det offentlige. KL har, i forbindelse med forbud mod ældre brændeovne, vurderet, at indførelse af en skrotningspræmie på 2.150 kr. alene vil kræve en statslig pulje på ca. 47 mio. kr. for de fem miljøzonekommuner. Etablering af en lignende eller større tilskudsordning for partikelfiltre vil således medføre en væsentlig omkostningsforøgelse for det offentlige.

### **Samlet vurdering af tiltag inden for bolig og opvarmning**

Udbygning af fjernvarme forventes under de nuværende produktionsformer at have en begrænset direkte effekt på lokal luftkvalitet, særligt hvis varmen fortsat baseres på biomasse og affald. Tiltaget indebærer samtidig store investeringer og en lang planlægningshorisont. Fra et luftkvalitetsperspektiv er gevinsten derfor på kort sigt begrænset, men kan på længere sigt blive større, hvis produktionen bliver næsten fossilfri. Flere kommuner peger på, at der allerede arbejdes med gradvis omlægning til fjernvarme som led i varmeplanlægningen, primært motiveret af klima- og energihensyn.

Udskiftning af kommunale gas- og oliefyr vurderes ligeledes at have en begrænset direkte effekt på lokal luftkvalitet, men kan bidrage med stabile CO<sub>2</sub>-reduktioner. Effekten afhænger af den alternative varmekilde, f.eks. fjernvarme eller varmepumper. Tiltaget kræver betydelige anlægsinvesteringer, men lavere driftsomkostninger forventes på længere sigt. Kommunerne har allerede erfaring med gradvis udskiftning i egen bygningsmasse, hvilket indikerer, at implementeringen er administrativt håndterbar, mens økonomi fremstår som den primære barriere.

Skærpet miljøtilsyn med brændeovne kan reducere partikelemissioner lokalt, men effekten vurderes begrænset, da indsatsen typisk retter sig mod enkeltsager. Omkostningerne er hovedsageligt administrative, og tiltaget fremstår relativt dyrt i forhold til den forventede luftkvalitetsgevinst. Kommunerne vurderer derfor, at indsatsen især giver mening i områder med mange klager eller dokumenterede gener.

Oplysningskampagner om brændefyring kan bidrage til reduktion af emissioner til relativt lave omkostninger, men effekten afhænger af borgernes adfærd og er derfor usikker på længere sigt. Kampagner fremstår som et omkostningseffektivt supplement, men ikke som et tiltag, der alene kan skabe store eller varige reduktioner. Flere kommuner anvender allerede denne type indsatser som et første skridt.

Forbud mod brændeovne etableret før 2008 vurderes at give de største reduktioner i partikelemissioner blandt de analyserede virkemidler og dermed også de mest betydelige helbredseffekter. Tiltaget indebærer høje private omkostninger, men relativt begrænsede kommunale udgifter og kan samlet set medføre betydelige samfundsøkonomiske gevinster. Kommunerne peger samtidig på brændeovne som en væsentlig lokal kilde til luftforurening og har erfaring med regulering og tilsyn, hvilket taler for, at tiltaget kan implementeres effektivt. Høje private omkostninger og manglende alternativer i områder uden kollektiv varmforsyning vurderes dog at kunne gøre implementeringen politisk og socialt vanskelig.

<sup>7</sup> Tilskud til private boligejere kræver som udgangspunkt specifik lovhjemmel eller statslige puljer. En lokal tilskudsordning finansieret af kommunen vil derfor forudsætte, at kommunen opnår status som frikommune på området.

**Krav om partikelfiltre på brændeovne** kan også give betydelige reduktioner i lokal luftforurening, men medfører omkostninger og vedligehold for den enkelte husholdning. Tiltaget kan i nogle tilfælde være samfundsøkonomisk fordelagtigt sammenlignet med fuld udskiftning af ovne. Kommunerne har i dag ikke hjemmel til at stille sådanne krav, og tiltaget er ikke konkret efterspurgt, men øget fleksibilitet i reguleringen af brændeovne nævnes som et muligt perspektiv, særligt i områder med kollektiv varmforsyning.

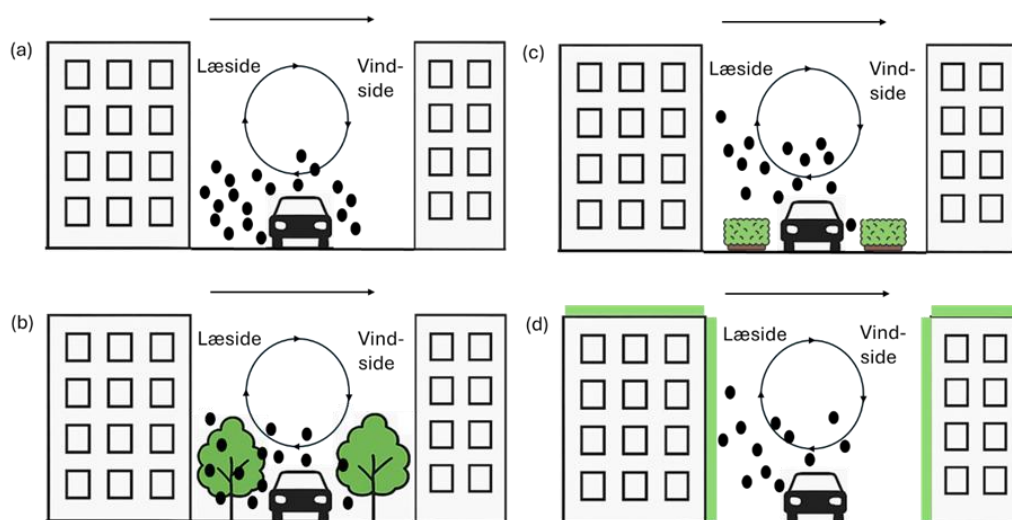
#### 6.4 Grønne byområder

Dette tema dækker begrønningstiltag i byrum.

##### Områdets betydning for luftkvalitet

I Figur 4 er et lukket gaderum illustreret for forskellige typer af beplantninger, og hvilken betydning det har for koncentrationen i gaderummet som følge af, hvordan spredningen påvirkes, baseret på en systematisk litteraturgennemgang (Abhijith et al., 2017). I det pågældende tilfælde er vindretningen vinkelret på vejens orientering, hvorved der dannes en hvirvlen, som trækker relativt lave koncentrationer fra luften over gade ned i gaderummet på vindsiden, og hvirvlen skubber udledninger fra biltrafikken mod læsiden, som får højere koncentrationer, illustreret med tætheden af prikkerne (a). Introduktion af træer svækker hvirvlen og øger dermed opholdstiden, som øger koncentrationerne mest i læsiden, men påvirker også vindsiden (b). Tæt række af buske løfter så at sige hvirvlen og kan give lavere koncentrationer ved overfladen (c), mens grønne tage og vægge kan reducere luftforureningen primært gennem deposition på vegetationen, men også øge luftforureningen som følge af reduceret cirkulation (d). Når det blæser parallelt med vejorienteringen, vil der være en mere jævn fordelt koncentration i gaderummet ved overfladen, men vegetationen vil alt andet lige reducere vindhastigheden, øge opholdstiden og øge koncentrationerne.

Figur 4 Skematisk figur af, hvordan forskellig vegetation påvirker spredningsforholdene i et lukket gaderum med vindretningen vinkelret på gadeorienteringen



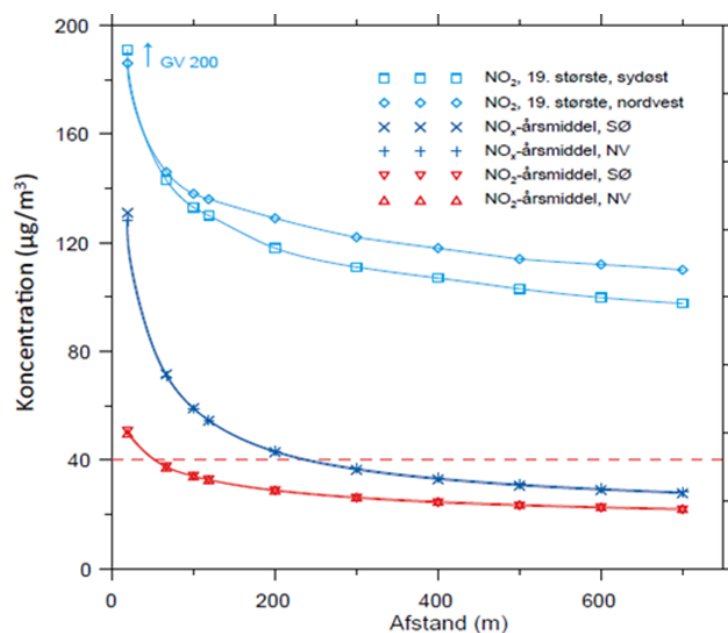
Note: (a) Ingen vegetation, (b) træer, (c) hække, (d) grønne tage og vægge. Tegnet med inspiration fra Abhijith et al., 2017. og ikoner fra juice fish.

Afstanden mellem udledning af luftforurening og et eksponeringspunkt er meget afgørende for koncentrationsniveauet. Dette blev tidligere erfaret ved målestationen på H.C. Andersens Boulevard i København, som er en af målestationerne, der indgår i det nationale luftkvalitetsmåleprogram. Målestationen er en gadestation, som står tæt på trafikken. I forbindelse med en omlægning af vejbanerne blev en busbane nedlagt ved siden af målestationen, og trafikken kørte nu også i denne vejbane, og målestationen kom dermed tættere på trafikken med omkring tre meter. Målinger viste, at denne ændring førte til en stigning i koncentrationer på  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i  $\text{NO}_2$  efter omlægningen i 2015. Det svarer til en forøgelse på omkring 20 pct. Ses der alene på trafikens bidrag i gaden (forskel mellem gade- og bybaggrundskoncentration) var det en procentvise ændring på omkring 30 pct. (Eller-

mann et al., 2014). Målestationen blev i 2016 flyttet, så afstanden til vejbanen blev genskabt for at kunne opretholde en sammenlignelig tidsserie for denne station, hvor der er målinger siden 2001. Dette illustrerer, at der er stor variabilitet i koncentrationerne i et gaderum, og at vegetation kan være en mindre betydende faktor i forhold til andre dynamikker omkring spredning.

Figur 5 viser, hvordan luftforureningen spredes fra en vej i åbent terræn, når vinden er vinkelret på vejretningen, og hvordan koncentrationerne aftager med afstanden, baseret på modelberegninger med OML-Highway, hvor målinger bekræfter dette (Jensen et al., 2013). Det ses, at koncentrationen af  $\text{NO}_x$  halveres inden for de første 100 m, og det er lidt mindre for  $\text{NO}_2$  pga. fotokemi.

Figur 5 Beregnede  $\text{NO}_x$ - and  $\text{NO}_2$ -koncentrationers afhængighed af afstanden fra motorvejen i 2003 på Køge Bugt Motorvejen



Note: (a) Grænseværdien for årsmiddelværdien er på  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for  $\text{NO}_2$  og er vist som en rød stiplede linje. Grænseværdien for den 19. højeste timeværdi er  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Jensen et al., 2013).

Når COWI (2023a) nævner, at et grønt adskilt område i byen kan forbedre luftkvaliteten (får tre stjerner ud af tre), skyldes det i mindre grad effekten af vegetationen, men afstanden til trafikudledninger. Det samme vil gælde for et træbælte langs en vej i åbent terræn, hvor afstanden også vil være den afgørende faktor.

Som beskrevet ovenfor, er spredning og flow omkring forhindringer afgørende faktorer for koncentrationerne i et gaderum, byrum og langs veje. En anden faktor er deposition af luftforurening på vegetation, som kan bidrage til at fjerne luftforurenende stoffer og dermed forbedre luftkvaliteten. Hvor meget der deponeres, afhænger af overfladearealet, type af vegetation og årstiden (med/uden løv). Der hersker stor usikkerhed om dette, da det er vanskeligt at kvantificere og adskille fra andre faktorer.

### Miljøeffekter af tiltag

Det er ikke inden for rammerne af dette projekt at kunne gennemføre en systematisk litteraturgennemgang af miljøeffekterne af vegetation for luftkvaliteten. I COWI's gennemgang var den seneste reference for 2023 (COWI, 2023b).

I 2024 blev der publiceret et stort reviewstudie, som har undersøgt grøn-blå-grå infrastrukturens påvirkning på luftkvaliteten, herunder vegetations påvirkning af luftkvaliteten (Kumar et al., 2023). Et reviewstudie er en artikel, som systematisk opsummerer resultaterne af en lang række artikler. Formålet var her at opsummere kvantitative studier. Gennemgangen viste, at forskningen er begrænset og fragmenteret, og hvor der var dokumenterede

kvantitative effekter, varierede resultaterne betydeligt mellem både forværring (-) og forbedring af luftkvaliteten (+). For ændringer i koncentrationen af f.eks. PM<sub>2,5</sub> rapporteres for træer -70 til +160 pct.; for hække -30 til +14 pct.; for grønne vægge -95 til +65 pct. og for grønne tage -30 til +40 pct. Effekten afhænger stærkt af byens udformning, vegetationstype og vindforhold, og nogle løsninger – især gadetræer i snævre gaderum – kan forværre luftkvaliteten.

Idet resultaterne varierer meget, er det vanskeligt at opsummere anbefalinger vedr. effekterne af virkemidlerne. Der er derfor ikke gennemført en case med forsøg på at kvantificere økonomiske fordele og ulemper ved tiltagene.

### **Økonomi**

I modsætning til de foregående afsnit indeholder dette afsnit ikke en beregning af specifikke case-eksempler. Fraværet af en robust økonomisk case skyldes et usikkert evidensgrundlag for at kunne kvantificere den isolerede effekt på netop luftkvaliteten, og er dermed ikke udtryk for, at grønne tiltag er irrelevante i kommunal planlægning. Effekten af tiltag som træplantning og grønne vægge er kompleks og i høj grad afhængig af den specifikke lokale kontekst, herunder vindforhold og gadens geometri.

Derudover etableres disse tiltag sjældent med luftkvalitet som det primære eller eneste formål. Argumenterne for disse tiltag handler i højere grad om effekter såsom klimatilpasning, CO<sub>2</sub>-optag, øget biodiversitet, æstetik samt borgernes generelle velfærd og sundhed.

### **Omkostningsstrukturen for tiltag**

For kommunerne varierer anlægsomkostningerne til beplantning i byrum betydeligt afhængigt af de lokale forhold. Et enkelt gadetræ kan således koste mellem 25.000 og 125.000 kr. at etablere, når alle udgifter indregnes. Dertil kommer løbende drifts- og vedligeholdelsesomkostninger på 100-2.000 kr. pr. træ årligt til blandt andet beskæring og udskiftning (Københavns Kommune, 2016).

Vælges mere tekniske løsninger som mosvægge eller specialiseret partikelreducerende beplantning, stiger omkostningerne typisk. Drifts- og vedligeholdelsesomkostningerne er relativt høje og omfatter blandt andet overvågning, rensning, udskiftning af planter og drift af vandingsystemer.

For private bygherrer og ejendomsejere opstår de direkte omkostninger, hvis der stilles krav om grønne facader eller tage på privat byggeri. Dette indebærer betydelige anlægsudgifter, som varierer efter bygningens udformning. Grønne facader kræver typisk klatre- eller modulopbygninger og vandingsanlæg, mens grønne tage ofte nødvendiggør en forstærkning af tagkonstruktionen. Hertil kommer de løbende private udgifter til vedligeholdelse af beplantningen og de tekniske systemer.

For den almindelige borger er der ingen direkte monetære omkostninger forbundet med beplantning af offentlige byrum.

### **Samlet vurdering af tiltag inden for grønne byområde**

Når den eksisterende viden om miljøeffekter, økonomi og barrierer sammenholdes med kommunernes erfaringer, fremstår grønne byområder som et tema med betydelige sidegevinster, dog med et varierende og kontekstafhængigt potentiale i forhold til forbedring af lokal luftkvalitet.

Den tekniske litteratur peger på, at der ikke findes et robust grundlag for at forvente, at bestemte former for beplantning systematisk reducerer luftforurening i byrum. Effekten afhænger i høj grad af lokale forhold såsom byens geometri, vindforhold, vegetationstype og placering i forhold til forureningskilder og eksponeringspunkter. I nogle situationer kan vegetation – især gadetræer i snævre gaderum – medføre højere koncentrationer ved at reducere ventilationen. Mekanismerne er generelt modstridende: Vegetation kan fjerne forurenende stoffer gennem deposition på blade og overflader, men kan samtidig reducere vindhastighed og luftudskiftning og dermed øge opholdstiden for forureningen. Visse træarter kan desuden bidrage til ozondannelse gennem

egne emissioner. Litteraturen dokumenterer derfor store spænd i effekter — fra reduktioner til lokale forværringer — og viser samtidig, at afstand mellem kilde og eksponeringspunkt ofte har større betydning for koncentrationer end vegetationsdækning i sig selv.

Kommunernes erfaringer afspejler dette usikre vidensgrundlag. Grønne byområder anvendes sjældent som et målrettet luftkvalitetsvirkemiddel, men indgår primært i bredere strategier for bykvalitet, trivsel, biodiversitet, klimatilpasning og æstetik. Flere kommuner arbejder med træplantning, øget trækronedække og forbedring af parker og grønne anlæg, og der er en generel interesse i, at grønne områder også kan bidrage til bedre luft og sundhed. Samtidig peges der på, at det er vanskeligt at dokumentere konkrete luft- og sundhedseffekter, hvilket begrænser muligheden for at prioritere tiltagene ud fra et rent luftkvalitetsperspektiv.

Økonomisk adskiller området sig ved, at der ikke er opstillet cases for luftkvalitetseffekter, netop fordi effekterne ikke kan kvantificeres med tilstrækkelig sikkerhed. Anlægsomkostninger til træer og beplantning i byrum kan være betydelige, særligt hvor der skal tages hensyn til ledningsinfrastruktur, jordbundsforhold og eksisterende belægninger, og der er løbende driftsudgifter til vedligehold. Specialiserede løsninger som mosvægge og tekniske grønne facader er generelt dyrere både i anlæg og drift. For grønne tage og facader bæres hovedparten af omkostningerne typisk af private aktører, mens kommunens rolle primært er planlægnings- og myndighedsmæssig. De væsentligste samfundsmæssige gevinster ligger derfor ofte på andre områder end luftkvalitet, herunder varmeø-reduktion, biodiversitet, æstetik, opholdskvalitet og trivsel.

Samlet peger analysen på, at grønne byområder bør betragtes som et supplerende og multifunktionelt virkemiddel, hvor eventuelle luftkvalitetsgevinster ikke kan stå alene som hovedbegrundelse. Tiltagene kan i nogle tilfælde bidrage positivt til luftkvaliteten, men kan også have neutrale eller negative effekter lokalt, hvis de ikke tilpasses byens rumlige og klimatiske forhold. De væsentligste muligheder ligger derfor i at integrere grønne løsninger i helhedsorienteret byplanlægning, hvor flere hensyn tilgodeses samtidigt, mens centrale barrierer er høje anlægs- og driftsomkostninger samt et svagt og usikkert evidensgrundlag for netop luftkvalitetseffekter, hvilket gør politisk prioritering vanskelig, hvis målet specifikt er renere luft.

## 6.5 Viden og samarbejde

De tiltag, som fremgår af kommunernes erfaringer inden for temaet viden og samarbejde, er tiltag der kan styrke beslutningsgrundlag, eksponeringshåndtering og prioritering og er dermed ikke tiltag, som giver konkrete reduktioner af emissionerne.

### Områdets betydning for luftkvalitet

Der er allerede et landsdækkende luftkvalitetsmålenet i Danmark, som sammen med modelbegninger som Luft på din vej giver værdifuld viden om luftkvaliteten i Danmark (Nordstrøm et al., 2025; Jensen et al. 2021c). Det er en statslig opgave at overvåge luftkvaliteten i Danmark, og Københavns Kommune er den eneste kommune i Danmark, som har suppleret det nationale målenet med egne kvalitetsmålinger. En væsentlig grund til, at kommunerne ikke supplerer med egne målinger, er, at det er meget omkostningstungt at monitorere luftkvaliteten med kvalitetsmålinger. Low-cost-sensorer kan ikke bruges til egentlig monitoring, da kvaliteten ikke er god nok, men kan bruges i forskellige projektsammenhænge.

Københavns Kommune har i samarbejde med DCE og et it-firma udviklet en app, målrettet befolkningsgrupper, der er sensitive over for luftforurening. Det er et informations- og varslingsystem, som viser luftforureningsniveauet de næste fire døgn samt et let forståeligt luftkvalitetsindeks sammen med forskellige handleanvisninger (Jensen et al., 2025). Systemet reducerer ikke luftforureningen, men kan bidrage til, at særligt sensitive befolkningsgrupper minimerer deres eksponering ved at følge handleanvisningerne samt udnytte informationerne til at reducere gener gennem medicinering. Københavns Kommune stiller platformen til rådighed for andre kommuner, som måtte ønske at indgå i informations- og varslingsystemet for deres kommune. For nye kommuner er omkostningerne begrænsede for at deltage, da platformen allerede er udviklet.

Ideen om at udvikle en app, som kan hjælpe borgere med at finde alternative ruter fra A til B i en by, som dermed kan reducere borgerens eksponering, reducerer ikke selve luftforureningen, men har fokus på at minimere eksponeringen. En sådan app kræver udvikling af et operationelt modelsystem, som 'on-the-fly' kan beregne eksponering for alternative ruter samt udvikling af brugerflade og selve appen. Der vil være betydelige omkostninger forbundet med udvikling af dette.

Tilsvarende 'Grønne byområder', beregnes der heller ikke i dette afsnit på specifikke caseeksempler. Årsagen er, at flere af initiativerne under 'Viden og samarbejde' ikke har en direkte og målbar effekt på luftforureningen, men bidrager gennem øget viden, regulering, koordinering og opmærksomhed til bedre beslutninger og mere effektiv indsats på tværs af kommuner og stat. De økonomiske konsekvenser er generelt mindre end ved fysiske eller tekniske tiltag, men kan stadig være væsentlige, afhængigt af omfang, kompleksitet og graden af national koordinering.

### **Samlet vurdering af tiltag inden for viden og samarbejde**

Når den eksisterende viden om miljøeffekter, økonomi og barrierer sammenholdes med kommunernes erfaringer, fremstår viden og samarbejde som et understøttende — snarere end direkte teknisk — indsatsområde i arbejdet med luftkvalitet.

Den tekniske analyse viser, at sådanne tiltag ikke i sig selv reducerer emissioner eller koncentrationer af luftforurenende stoffer. Deres betydning ligger primært i at styrke beslutningsgrundlag, koordinering og mulighed for at reducere befolkningens eksponering gennem information. Effekten er dermed indirekte og knyttet til bedre prioritering af andre virkemidler samt til forebyggelse af sundhedsmæssige konsekvenser.

På dataområdet udgør nationale målestationer og modeller det centrale faglige fundament for vurdering af lokal luftkvalitet. Egne kommunale kvalitetsmålinger forekommer sjældent, da etablering og drift er forbundet med betydelige omkostninger. Low-cost-sensorer anvendes primært i afgrænsede projekter, hvor de kan give indikationer af lokale variationer, men ikke kan erstatte standardiseret overvågning. Brugen af WHO's vejledende retningslinjer som pejlemærker i enkelte kommuner afspejler et ønske om et højere beskyttelsesniveau end de gældende grænseværdier, men ændrer ikke i sig selv emissionsniveauerne.

Kommunernes erfaringer afspejler denne situation. Flere kommuner efterspørger bedre og mere lokalt relevant datagrundlag for at kunne planlægge og prioritere indsatser, men peger samtidig på, at omkostninger og tekniske krav begrænser mulighederne for selv at etablere omfattende måleprogrammer.

Borgerrettet formidling fremstår som et konkret og relativt omkostningseffektivt redskab, der kan have sundhedsmæssig betydning uden at påvirke selve luftforureningen. Erfaringer med app-baserede varslings- og informationssystemer viser, at særligt sårbare borgere kan tilpasse adfærd, reducere eksponering og håndtere symptomer bedre. Effekten består således primært i reduceret eksponering og gener, ikke i emissionsreduktioner. Platforme, der allerede er udviklet, kan udbredes til flere kommuner med begrænsede meromkostninger. Tilsvarende kan rutevejledning til mindre forurenede strækninger potentielt reducere individuel eksponering, men forudsætter avancerede modeller og betydelige udviklingsressourcer.

Kommunerne fremhæver samtidig samarbejde på tværs af kommunegrænser og med andre aktører som centralt, især i forhold til problemstillinger der rækker ud over den enkelte kommunes geografiske råderum, såsom miljøzoner, større infrastruktur anlæg og påvirkning fra lufthavne eller større virksomheder. Samarbejde kan bidrage til mere sammenhængende planlægning, vidensdeling og implementering, men har ikke i sig selv en direkte målbar effekt på luftkvaliteten.

Økonomisk adskiller området sig fra fysiske og tekniske tiltag ved generelt lavere anlægsomkostninger, men potentielt betydelige udgifter til data, systemudvikling og koordinering afhængigt af ambitionsniveau. Præcise målinger er omkostningstunge, mens digitale informationsløsninger kan være relativt billige at udbrede, når først de er udviklet. Samtidig er det vanskeligt at kvantificere samfundsøkonomiske gevinster, da effekterne typisk er

indirekte og knyttet til bedre beslutningsgrundlag og reduceret eksponering frem for direkte emissionsreduktioner.

Samlet peger analysen på, at viden og samarbejde udgør en central rammebetingelse for en effektiv luftkvalitetsindsats, men ikke et selvstændigt virkemiddel til at forbedre luftkvaliteten. De væsentligste muligheder ligger i et styrket datagrundlag, systematisk vidensdeling, tværkommunal koordinering og videreudvikling af borgerrettede informationsløsninger. De centrale barrierer er høje omkostninger til præcise målinger, begrænset kvalitet og sammenlignelighed af billigere sensorteknologier samt behovet for stærkere national koordinering og mere permanente strukturer for vidensdeling.

## 6.6 Kommunespecifikke forhold

Dette tema adskiller sig fra de øvrige, ved at dække tiltag som er vurderet særligt relevante i enkelte kommuner. Inden for temaet ses der nærmere på følgende konkrete tiltag med henblik på at afdække potentielle miljøeffekter og økonomiske omkostninger, forbundet med tiltagene:

- Regulering af asbestholdige tagplader
- Begrænse NO<sub>2</sub> gennem NO<sub>x</sub>-reducerende belægninger
- Begrænse luftforurening fra skibe i bynære havne
- Begrænse luftforurening fra flytrafik.

### Miljøeffekter af udvalgte tiltag

#### *Regulering af asbestholdige tagplader*

I forbindelse med EU's luftkvalitetsdirektiv er der lovkrav om monitorering af en række luftforurenende stoffer i miljøet, men der er ingen krav om at måle asbestfibre i udeluften. Der er meget begrænset viden om koncentrationniveauet af asbestfibre i miljøet. Et nyligt systematisk litteraturstudie, udgivet i 2025 (Sørensen et al., 2025), identificerede 22 artikler, som omhandler målinger af asbest i luften i udemiljøet, hvoraf det i ni af tilfældene formodes, at hovedkilden er asbestholdige materialer fra bygninger. Målinger var gennemført i lande som Polen, Italien, Sydkorea og Kina. Studiet konkluderede, at der var indikation på at lave, men ikke ubetydelige, niveauer af luftbårne asbestfibre kan være til stede i udendørsmiljøet. Gennemgangen fremhæver også behovet for yderligere forskning i niveauerne af luftbåren asbest i landlige og bymæssige områder samt behovet for standardiserede metoder til måling af miljøeksponering.

Der er gennemført et nyt dansk studie med måleprøver af asbest i udeluften i 2024 og 2025 i København, Odense, Aarhus, og Aalborg (Sørensen et al., 2026). Konklusionen fra dette studie er, at asbestfibre kunne påvises i nogle få prøver fra by- og boligområder i Danmark. Koncentrationerne var lavere end detektionsgrænsen, hvilket indikerer lav asbesteksponering, også i områder med høj forekomst af bygninger med asbestholdige tage.

Ud fra den begrænsede viden, der er om asbest i udeluften, tyder det ikke på noget større sundhedsproblem, men håndtering af asbestholdige materialer ved nedrivning, renovering og bortskaffelse skal håndteres som et arbejdsmiljøansvar, hvor der samtidig lægges vægt på minimering af eksponering til udemiljøet ud fra et forsigtighedshensyn.

Asbest som sundhedsrisiko er derfor helt overvejende et arbejdsmiljøproblem, forbundet med fiberfrisætning ved nedrivning, renovering eller uhensigtsmæssig bortskaffelse, hvilket kræver korrekt håndtering og tilsyn for at minimere eksponering.

Kommunerne har mulighed for at anvise praktiske og administrative tiltag over for egne kommunale medarbejdere for at sikre korrekt håndtering af asbestholdige materialer på f.eks. kommunale genbrugspladser. Tiltag overfor borgerne kunne omfatte nemmere og omkostningsfri adgang til aflevering på genbrugspladser samt

generel vejledning til borgerne om håndtering af asbest. Kommunerne kan også have administrativ opmærksomhed på renoverings- og nedrivningssager for at kunne stille krav til korrekt håndtering af asbest samt udføre kontrol.

#### *NO<sub>x</sub>-reducerende belægninger*

NO<sub>x</sub>-reducerende belægninger er et nyere virkemiddel, som retter sig mod rensning af luftforureningen i selve miljøet. De kan enten påføres eksisterende belægninger som f.eks. maling eller indbygges i nye belægningsmaterialer. Den NO<sub>x</sub>-reducerende effekt i belægningsoverfladen er baseret på stoffet TiO<sub>2</sub> (titaniumdioxid), som fungerer som en katalysator, der under påvirkning af lys kan omdanne NO<sub>x</sub> til nitrat. Den dannede nitrat formodes at blive udvasket med vejvandet.

NO<sub>x</sub> (kvælstofoxider) består af kvælstofdioxid (NO<sub>2</sub>) og kvælstofmonooxid (NO), hvor NO<sub>2</sub> er en luftvejsirriterende forureningskomponent. NO<sub>2</sub> har derfor en helbredseffekt i nærområdet. NO er ikke helbredsskadelig i de koncentrationer, det optræder i det eksterne miljø. Imidlertid er den største helbredseffekt, relateret til luftforurening, knyttet til partikelforureningen. Her skal det bemærkes, at NO<sub>x</sub> omdannes under transport i atmosfæren til partikulært nitrat i den fine partikelfraktion (PM<sub>2,5</sub> dvs. massen af partikler med en diameter under 2,5 µm). Denne dannelse af fine partikler sker imidlertid først efter mange timers transport i atmosfæren, og derfor bidrager NO<sub>x</sub> ikke til mængden af fine partikler i nærområdet omkring kilderne.

DCE har tidligere gennemført et internationalt litteraturstudie af effekten af fotokatalytiske belægninger, som er udgivet i en DCE-rapport (Frederickson et al., 2021) og i en peer-reviewed artikel i et internationalt anerkendt tidsskrift (Russel et al., 2021). Studiet er baseret på 115 videnskabelige artikler, som behandler laboratoriestudier, feltstudier, beregningsstudier og review-artikler, som alle har behandlet brugen af fotokatalytiske overflader. Studiet påpeger, at hvis man sammenligner med andre virkemidler til at nedbringe helbredsskadelig luftforurening, er der meget lille effekt af fotokatalytiske belægninger. Et grundlæggende problem ved fotokatalytiske belægninger som virkemiddel er, at effekten er meget beskeden, meget varierende og først og fremmest usikker.

Ud fra de undersøgte studier er der ikke tilstrækkelig dokumentation for, at de fotokatalytiske materialer kan give en langsigtet effekt til forbedringen af luftkvaliteten mht. reduktion af NO<sub>x</sub> i udendørsmiljøer.

#### *Begrænsning af luftforurening fra skibe i bynære havne*

DCE har i en række studier undersøgt luftforureningen fra krydstogtskibe og andre skibe i bynære havne (Jensen et al., 2021a). Dette har omfattet detaljeret kortlægning af udledninger fra skibene, og hvilken betydning de har for luftkvaliteten i havnene og de nære byområder, belyst ved modelberegninger. Undersøgelserne har omfattet Københavns Havn, Aarhus Havn, Aalborg Havn, Skagen Havn og Rønne Havn, som er de største havne for anløb af krydstogtskibe. Baggrunden for undersøgelserne er, at der er øget boligbyggeri i havneområderne, hvorved befolkningen eksponeres for luftforureningen fra skibene.

Undersøgelserne viser, at krydstogtskibenes og andre skibes emission kun påvirker årsmiddelkoncentrationerne for NO<sub>2</sub> og PM<sub>2,5</sub> meget lidt ved jordoverfladen i de tilstødende byområder, beliggende op til havnene. Derimod er der problemer med at overholde grænseværdierne for NO<sub>2</sub> i højderne 25-70 m inden for få hundrede meter af skibene både, grænseværdien for årsmiddelværdien, men især grænseværdien for spidsværdier (19. højeste timeværdi). Dette er i højder, som er sammenlignelig med etagebyggeri i havnene.

Flere havne i Danmark arbejder med at etablere landstrøm, som vil fjerne lokale emissioner i forbindelse med, at skibene ligger ved kaj. Det gælder blandt andet Københavns Havn (Lansø et al., 2024). Kommunerne har særligt mulighed for at fremme landstrøm i de kommunalt ejede havne.

En anden mulighed for at reducere udledninger fra skibe er ved eftermontering af partikelfilter for at reducere partikeludledning og eftermontering af en NO<sub>x</sub>-reducerende katalysator (SCR) for reduktion af NO<sub>x</sub>. De to teknologier kan også fås i kombination. Effekterne af disse teknologier er tidligere demonstreret i et projekt under Miljøstyrelsens Udviklings- og Demonstrationsprogram (MUDP) for to konkrete skibe, som sejlede i kystnære farvande (Jensen et al., 2021b). Studierne viser, at der kan forventes en reduktion i partikeludstødning på omkring 90 pct. og omkring 80 pct. for NO<sub>x</sub>. Luftkvaliteten i bynære områder til havnene er dog kun påvirket i mindre grad, da der er mange andre kilder til luftforurening i bynære områder, herunder langtransporteret luftforurening. Hvis al national skibstrafik fik eftermonteret partikelfilter og NO<sub>x</sub>-katalysator, ville det reducere antallet af for tidlige dødsfald med omkring 17 i Danmark og 98 i Europa (inkl. DK) i 2018.

En tredje mulighed er elektrificering af selve skibstransporten, hvilket er en mulighed for skibe over kortere afstande som f.eks. færger. Eksempler er elfærgen mellem Ærø og Als og elfærgerne mellem Helsingør og Helsingborg.

Nogle kommuner driver færgefart eller sender færgefart i udbud og har derigennem mulighed for at stille miljøkrav til teknologi og drift. Der er også statstilskud til færgefart.

#### *Begrænsning af luftforurening fra flytrafik*

Luftforurening fra lufthavne er kun et lokalt luftforureningsproblem for de kommuner, som har større lufthavne, som grænser op til byområder. Københavns Lufthavn beliggende i Tårnby Kommune er et eksempel herpå, hvor der er byområder, som ligger lige op ad lufthavnsområdet, hvor befolkningen er eksponeret for luftforureningen fra lufthavnen samt også lugtgener og støj.

DCE har for Tårnby Kommune udarbejdet en detaljeret kortlægning af udledningerne fra lufthavnen, og hvordan de påvirker luftkvaliteten. Det er sket gennem både målinger og modelberegninger, herunder beregninger af helbredseffekterne (Ellermann et al., 2024d). Projektet viste, at flytrafik er en stor kilde til ultrafine partikler, og der blev målt koncentrationer af ultrafine partikler ved et børnehus med niveauer på højde med H.C. Andersens Boulevard i København, som er Danmarks mest trafikerede bygade. Lufthavnens bidrag til PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub> var små, men lidt større for NO<sub>2</sub>. De beregnede helbredseffekter i form af for tidlige dødsfald pga. lufthavnen var meget små.

I helbredseffekterne indgår ultrafine partikler ikke, da der ikke er tilstrækkelig viden om sammenhængen mellem ultrafine partikler og helbredseffekter til at kvantificere effekten. Det skyldes, at verdenssundhedsorganisationen WHO ikke har haft det nødvendige videnskabelige grundlag for at opstille eksponeringsresponsammenhænge. Der er heller ikke opstillet luftkvalitetskriterier for ultrafine partikler på samme måde, som det kendes for f.eks. PM<sub>2,5</sub> og NO<sub>2</sub>.

Miljøstyrelsen er miljømyndighed for Københavns Lufthavn, og Tårnby Kommune har ingen direkte mulighed for at stille miljøkrav til lufthavnen.

I et nordisk studie af bæredygtig luftfart (Ydersbond et al., 2020) er der givet et overblik over, hvilke virkemidler som kan reducere emissioner af drivhusgasser, som også vil have betydning for de tilhørende helbredsskadelige emissioner fra luftfart.

Alle foranstaltninger vil i princippet fungere gennem en eller flere af følgende tre underopdelte faktorer:

1. Reduceret lufttransport af passagerer og gods (passager- og tonkilometer).
2. Forbedringer af energi- og miljøeffektiviteten ved:
  - Flere passagerer eller fragt pr. flyvning.
  - Lufttrafikstyring og -drift.
  - Mindre brændstofforbrugende flytyper blandt de eksisterende flytyper.

- Teknologisk udvikling af fly og motorer.
- 3. Udskiftning af fossilt jetbrændstof med brændsler med mindre klimapåvirkning gennem:
  - Brændstoffer med lavere drivhusgasemissioner i hele livscyklussen, som også har lavere udledninger af ultrafine partikler.
  - Elektrisk fremdrift i stedet for forbrændingsmotorer.

Ud over ovenstående er der også emissioner fra alt handling af udstyr, hvor der er muligheder for elektrificering. Der er også nogle muligheder for at begrænse emissionen, knyttet til selve driften af lufthavnens bygninger.

### **Økonomi**

Der udarbejdes ikke en specifik caseberegning i dette afsnit. Dette skyldes, at tiltagene er udpræget kommunespecifikke, hvilket vanskeliggør opstillingen af et repræsentativt regnestykke, der kan overføres på tværs af kommuner. Desuden er flere af tiltagene karakteriseret ved enten manglende kvantificerbare effekter på luftkvaliteten (f.eks. asbest) eller så høj en teknisk kompleksitet (f.eks. flytrafik), at de ikke egner sig til en standardiseret beregningsmodel.

### **Omkostningsstrukturen for de udvalgte tiltag**

Ved regulering af asbestholdige tagplader påhviler de tunge direkte omkostninger borgerne. En komplet udskiftning til et nyt tag vurderes i 2025 at koste mellem 1.200 og 2.000 kr. pr. m<sup>2</sup>, hvortil kommer udgifter til nedtagning, bortskaffelse samt eventuel genhusning under arbejdet (Asbestreovering, 2025). Kommunens rolle og dermed omkostning er primært understøttende og omfatter administration, tilsyn, information samt praktisk hjælp i form af udlevering af emballage (bigbags) og drift af modtageordninger på genbrugspladserne.

For NO<sub>x</sub>-reducerende belægninger er omkostningsfordelingen anderledes. Her er det udelukkende en kommunal anlægsudgift, der varierer efter arealets størrelse og belægningstype. Driftsomkostningerne adskiller sig ikke væsentligt fra almindelig belægning og knytter sig primært til rengøring og almindeligt slid.

Når det gælder begrænsning af luftforurening fra skibe i bynære havne, afhænger økonomien af den valgte tekniske løsning. Etablering af landstrømsanlæg er en tung infrastrukturinvestering til transformatorer og kabler, der ofte finansieres i et samspil mellem havn, kommune og EU. Driften dækkes typisk via rederiernes brugerbetaling for strømmen (Trafikstyrelsen, 2024). Vælges i stedet en løsning med krav om partikelfiltre, bærer rederierne typisk investeringen og driften, hvilket estimeres til en omkostning på ca. 238 kr. pr. reduceret kg partikler. For kommunen medfører filterkravet primært administrative omkostninger til kontrol, tidligere estimeret til ca. 1,9 mio. kr. årligt (Miljøministeriet, 2012).

For luftfart er handlemulighederne for en kommune ofte begrænsede til ejerstyring og interessevaretagelse, da området reguleres nationalt. De kommunale udgifter dækker derfor primært administration og dialog. De egentlige omkostninger til omstilling, såsom indkøb af elektrisk jordudstyr og bæredygtige brændsler, bæres af lufthavne og flyselskaber. Disse udgifter kan dog indirekte ramme borgerne gennem højere billetpriser.

### **Samlet vurdering af tiltag inden for kommunespecifikke forhold**

Når de beskrevne tiltag sammenholdes med viden om miljøeffekter, økonomi og barrierer, fremstår temaet som en samling af specialiserede og kildeorienterede indsatser med meget varierende effektspotentiale. Effekterne spænder fra teknologisk veldokumenterede emissionsreduktioner ved kilden til tiltag med usikker eller begrænset dokumentation. Fælles for flere af indsatserne er, at de ligger i krydsfeltet mellem kommunal indflydelse og nationale eller internationale reguleringsrammer.

Den eksisterende viden peger på, at regulering af asbestholdige tagplader primært vedrører arbejdsmiljø og affaldshåndtering snarere end den generelle luftkvalitet. Målinger viser, at der kan forekomme lave, men målbar koncentrationer af asbestfibre i udeluften, men niveauerne er generelt lave og ofte under detektionsgrænser. Risikoen er især knyttet til håndtering af materialer ved nedrivning, reovering og bortskaffelse. Luftkvalitetsgevinsten ved regulering er derfor vanskelig at kvantificere og hviler i høj grad på et forsigtighedsprincip.

NO<sub>x</sub>-reducerende (fotokatalytiske) belægninger er et teknologisk interessant virkemiddel, men feltstudier dokumenterer kun små, varierende og usikre effekter. Selvom den kemiske mekanisme er velkendt, er der ikke tilstrækkelig evidens for stabile og langsigtede forbedringer af luftkvaliteten udendørs. Set i forhold til andre virkemidler vurderes effekten derfor som begrænset.

Tiltag rettet mod luftforurening fra skibe kan derimod være meget effektive på emissionsniveau. Teknologier som landstrøm og renseteknologier kan reducere emissioner fra det enkelte skib markant. Modelstudier viser dog, at bidraget til byernes gennemsnitlige koncentrationer ofte er moderat, da andre kilder og baggrundsforurening dominerer. Lokale effekter kan være større i umiddelbar nærhed af havne og i højder svarende til etagebyggeri.

For flytrafik viser analyser, at kilden kan have betydelig lokal påvirkning tæt på lufthavne, især i form af ultrafine partikler. Bidragene til PM<sub>2,5</sub> og PM<sub>10</sub> er typisk små, mens NO<sub>2</sub>-bidrag kan være større. De samlede helbredseffekter vurderes generelt som begrænsede, men usikkerheden er betydelig, blandt andet fordi ultrafine partikler endnu ikke indgår i standardiserede beregningsmetoder.

Kommunernes indflydelse varierer betydeligt på tværs af de beskrevne tiltag. For asbest ligger indsatsen primært i korrekt håndtering, tilsyn, borgervejledning og etablering af praktiske ordninger for sikker aflevering. De økonomiske konsekvenser bæres i høj grad af borgere, der står over for betydelige udgifter ved tagudskiftning, mens kommunale udgifter hovedsageligt er administrative.

I forhold til skibe er kommunernes handlemuligheder størst i kommunalt ejede havne og i forbindelse med færgedrift. Her peges der på høje anlægsinvesteringer, f.eks. til landstrøm, samt manglende ensartede lovkrav til skibe som væsentlige barrierer.

For flytrafik er kommunernes rolle primært planlægningsmæssig og dialogbaseret, da reguleringskompetencen i vidt omfang ligger nationalt og internationalt. Manglende grænseværdier for ultrafine partikler og behovet for overordnet regulering begrænser mulighederne for lokal styring.

Fotokatalytiske belægninger og andre teknologiske nichetiltag fremstår generelt som områder med begrænset kommunal erfaring og et usikkert beslutningsgrundlag.

Samlet viser analysen, at kommunespecifikke tiltag spænder fra forsigtighedsbaserede indsatser med begrænset dokumentation til teknisk effektive, men institutionelt komplekse løsninger. Luftkvalitetsgevinsterne er ofte tydeligere på emissionsniveau end i målte koncentrationer i bymiljøet, hvor mange samtidige kilder påvirker resultatet.

De største muligheder findes i målrettede indsatser, hvor kommunerne har direkte indflydelse, f.eks. i havne, færgedrift og håndtering af asbestaffald. De væsentligste barrierer er manglende eller utilstrækkelig lovgivning, høje anlægsomkostninger samt et begrænset eller usikkert evidensgrundlag for visse teknologier.

## 7. SAMLET OPSUMMERING PÅ TVÆRS AF KAPITLER

Når de seks temaer sammenholdes, tegner analysen et samlet billede af et kommunalt indsatsfelt, hvor lokale tiltag kan bidrage til forbedret luftkvalitet, men sjældent kan ændre den samlede luftforurening i byerne markant. Effekterne er gennemgående kontekstafhængige og påvirkes både af lokale forhold og af en betydelig baggrundsforurening fra kilder uden for kommunal kontrol. Kommunale indsatser bidrager derfor typisk med lokale og delvise forbedringer frem for gennemgribende ændringer i den samlede eksponering. På tværs af temaerne

kan indsatserne overordnet opdeles i tre typer: tiltag med direkte lokal effekt, tiltag med betydeligt potentiale men begrænset gennemførlighed og tiltag med primært indirekte eller understøttende betydning.

På tværs af temaerne fremstår indsatser rettet mod udstødningsrelateret forurening fra vejtrafik som de mest dokumenterbare og gennemprøvede muligheder for at forbedre luftkvaliteten lokalt, særligt i tætte byområder. Mobilitetsændringer, elektrificering og zonetiltag kan reducere koncentrationer af NO<sub>2</sub> tæt på befolkningen og indgår samtidig ofte i bredere klima- og byudviklingsstrategier. Effekten på partikler er derimod generelt mere begrænset, blandt andet fordi en væsentlig del stammer fra ikke-udstødningsrelaterede kilder samt regionale bidrag.

Analysen peger samtidig på, at der eksisterer indsatser med et betydeligt teknisk miljø- og sundhedspotentiale, hvor realiseringen i praksis begrænses af økonomiske, sociale eller juridiske forhold. Regulering af brændefyring er et tydeligt eksempel, hvor potentialet for reduktion af primære partikler er stort, men hvor gennemførligheden påvirkes af private omkostninger, varmforsyningsforhold og begrænsede kommunale beføjelser. Denne forskel mellem teknisk effekt og implementerbarhed genfindes på tværs af flere indsatsområder.

Andre typer indsatser bidrager primært indirekte eller usikkert til luftkvaliteten. Grønne byområder kan have betydelige sidegevinster for bykvalitet, trivsel og klima, men deres effekt på luftforurening varierer betydeligt med lokale forhold og er vanskelig at kvantificere. Tilsvarende kan forbedret viden, data og samarbejde styrke beslutningsgrundlag og reducere eksponering for sårbare grupper uden nødvendigvis at reducere emissionerne direkte.

For kilder som skibe i bynære havne og flytrafik viser analysen, at teknologiske løsninger kan reducere emissioner betydeligt ved kilden, men at det samlede bidrag til byernes luftkvalitet ofte er moderat sammenlignet med andre kilder. Samtidig ligger reguleringskompetencen i vidt omfang uden for kommunalt niveau, hvilket begrænser mulighederne for lokal styring.

Samlet peger analysen på tre gennemgående vilkår for kommunernes arbejde med luftkvalitet: For det første, at de mest effektive lokale tiltag typisk er dem, der reducerer emissioner tæt på befolkningen fra kilder, som kommunerne allerede påvirker gennem mobilitets- og byudviklingsplanlægning. For det andet, at flere indsatser med stort miljøpotentiale ikke kan realiseres fuldt ud inden for de nuværende økonomiske eller regulatoriske rammer. For det tredje, at mange lokale tiltag samtidig bidrager til andre samfundsmål og derfor sjældent implementeres med luftkvalitet som eneste formål.

Dette skaber et identificerbart spænd mellem lokale effektmuligheder og de eksisterende styringsmæssige rammer. I et frikommuneperspektiv kan dette spænd danne grundlag for en målrettet afprøvning af udvidede kommunale beføjelser på udvalgte områder, hvor der både er et dokumenteret eller sandsynligt miljøpotentiale og en eksisterende praksis at bygge videre på. En sådan afprøvning vil ikke nødvendigvis føre til entydige forbedringer i luftkvaliteten, men kan bidrage med systematisk viden om effekter, omkostninger og implementerbarhed under forskellige lokale forudsætninger og dermed styrke det fremtidige beslutningsgrundlag.

## 8. REFERENCER

Abhijith, K.V., Kumar, P., Gallagher, J., McNabola, A., Baldauf, R., Pilla;f., Broderick, B., Sabatino, S.D., Pulvirenti, B., 2017. Air pollution abatement performances of green infrastructure in open road and built-up street canyon environments. A review. *Atmospheric Environment* 162 (2017) 71-86.

Andersen, Z.J., Nazelle, A.D., Mendez, M.A, Garcia-Aymerich, J., Hertel, O., Tjønneland, A., Overvad, K., Raaschou-Nielsen, O., Nieuwenhuijsen, M.J., 2015. A Study of the Combined Effects of Physical Activity and Air Pollution on Mortality in Elderly Urban Residents: The Danish Diet, Cancer, and Health Cohort. *Environmental Health Perspectives*, Volume 123, Number 6, June 2015.

Asbestreovering, 2025. Asbest tag priser i 2025 – Hvad koster det at skifte tag?

<https://asbestreovering.dk/asbest-tag-priser-2025/>

Azizaddini, S., Weigang, L., Illerup, J. B., & Hermansen, P. (2018). *A small-scale ESP for reduction of particulate matter emissions from residential wood stoves – Evaluation of different discharge electrodes. I Proceedings of the 26th European Biomass Conference and Exhibition (14–17 May 2018, Copenhagen, Denmark).*

BEK nr. 1449/2021. *Bekendtgørelse om udskiftning eller nedlæggelse af visse fyringsanlæg til fast brændsel under 1 MW ved ejerskifte af fast ejendom.* Miljø- og Ligestillingsministeriet.

<https://www.retsinformation.dk/eli/ta/2021/1449>

BEK nr. 199/2022. *Bekendtgørelse om regulering af luftforurening fra fyringsanlæg til fast brændsel under 1 MW.* Miljø- og Ligestillingsministeriet.

<https://www.retsinformation.dk/eli/ta/2022/199>

BEK nr. 640/2023. *Bekendtgørelse om kommunale forskrifter om udskiftning eller nedlæggelse af ældre brændevogne og pejseindsatse i områder med kollektiv varmforsyning.* Miljø- og Ligestillingsministeriet.

<https://www.retsinformation.dk/eli/ta/2023/640>

Bond, T. C., Doherty, S. J., Fahey, D. W., Forster, P. M., Berntsen, T., DeAngelo, B. J., Flanner, M. G., Ghan, S., Kärcher, B., Koch, D., Kinne, S., Kondo, Y., Quinn, P. K., Sarofim, M. C., Schultz, M. G., Schulz, M., Venkataraman, C., Zhang, H., Zhang, S., Bellouin, N., Guttikunda, S. K., Hopke, P. K., Jacobson, M. Z., Kaiser, J. W., Klimont, Z., Lohmann, U., Schwarz, J. P., Shindell, D., Storelvmo, T., Warren, S. G., & Zender, C. S. (2013). Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118(11), 5380-5552.

Brandt, J., Christensen, J. H., & Andersen, M. S. (2023). *Miljøøkonomiske beregningspriser for emissioner 4.0* (Fagligt notat nr. 2023/54). Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi.

Brandt, J., Jensen, S. S., Andersen, M., Plejdrup, M., og Nielsen, O.-K. (2016). *Helbredseffekter og helbredsomkostninger fra emissionssektorer i Danmark.* (Videnskabelig rapport nr. 182). Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi.

COWI, 2019. *Alternative drivmidler i Sydtrafik.*

COWI, 2023a. *GRØNNERE BYER. Brug af grønne tiltag til reduktion af luftforurening, støj, varmeøer og CO<sub>2</sub>.*

COWI (2023b). *Grønne byer: Et litteraturstudie af tiltag til reduktion af luftforurening, støj, varmeøer og CO<sub>2</sub>.*

<https://mim.dk/media/s4eisjab/groenne-byer-litteraturstudie.pdf>

COWI, 2023c. Nulemissionszoner – sammenligning af forslag.

<https://www.kk.dk/sites/default/files/agenda/4b53f381-12af-4d07-842d-6902c2474367/5a84b54f-2514-4aec-a54f-243a8f5ca9f7-bilag-2.pdf>

Cycling Embassy of Denmark, 2019. Overslag og prisberegninger.

<https://idekatalogforcykeltrafik.dk/overslag-og-prisberegninger/>

Danmark Statistik (2024). *Byopgørelsen 1. januar 2024*.

<https://www.dst.dk/Site/Dst/Udgivelser/nyt/GetPdf.aspx?cid=49099>.

Dansk Fjernvarme (2023, 30. oktober). Fjernvarmens rolle i energisystemet.

<https://danskfjernvarme.dk/viden-vaerktoejer/udgivelser/fjernvarmens-rolle-i-energisystemet>

Danske Delebler, 2026.

<https://danskedelebler.dk/>. Besøgt 14.1.2026.

Drivkraft Danmark, 2025. Prisudvikling på diesel.

<https://www.drivkraftdanmark.dk/priser/diesel-autodiesel/>

DTU, 2026. TERESA og Transportøkonomiske Enhedspriser.

<https://www.man.dtu.dk/myndighedsbetjening/teresa-og-transportoekonomiske-enhedspriser>

Ellermann, T., Brandt, J., Jensen, S.S., Hertel, O., Løfstrøm, P., Ketzler, M., Olesen, H.R. & Winther, M. 2014. Undersøgelse af de forøgede koncentrationer af NO<sub>2</sub> på H.C. Andersens Boulevard. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 100 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 111.

<http://dce2.au.dk/pub/SR111.pdf>

Ellermann, T., Jensen, S. S. (2024a). *Vurdering af mulighed for fremrykning af overholdelse af WHO's retningslinjer for luftkvalitet* (Videnskabelig rapport nr. 620). Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi.

Ellermann, T., Jensen, S. S. (2024b). *Vurdering af Delprogram for luft under NOVANA i forhold til EU' s forslag til nyt luftkvalitetsdirektiv – opdatering 2024*.

[N2024\\_02.pdf](#)

Ellermann, T., Jensen, S.S., 2024c. *Vurdering af mulighed for fremrykning af overholdelse af WHO's retningslinjer for luftkvalitet*. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 67 s. - Videnskabelig rapport nr. 620.

Ellermann, T., Jensen, S.S., Lansø, A.S., 2024d. *Kortlægning af partikelforureningen i Tårnby Kommune. Sammenfatning af delrapport 1, 2, 3 og 4*. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 36 s. – Fagligt notat nr. 2024|48.

Energistyrelsen (2025). *Energistatistik 2024: Danmarks produktion og forbrug af energi*.

<https://ens.dk/analyser-og-statistik/aarlig-energistatistik>

Energistyrelsen (2025). *Nøgletal om energiforbrug og -forsyning*.

<https://ens.dk/analyser-og-statistik/noegletal-om-energiforbrug-og-forsyning>

Fisher, J.E., Loft, S., Ulrik, C.S., Raaschou-Nielsen, O., Hertel, O., Tjønneland, A., Overvad, K., Nieuwenhuijsen, M.J., Andersen, Z.J., 2016. Physical Activity, Air Pollution, and the Risk of Asthma and Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, Volume 194, Number 7, October 1 2016.

Frederickson, L. B., Russell H. S., Hertel, O., Ellermann, T., Jensen S. S. 2021. Effekt for luftkvaliteten af fotokatalytiske belægninger. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 58 s. - Videnskabelig rapport nr. 448 <http://dce2.au.dk/pub/SR448.pdf>

Jensen, S.S., Ketzler, M., Nøjgaard, J. K. & Becker, T. 2011. Hvad er effekten af miljøzoner for luftkvaliteten? - Vurdering for København, Frederiksberg, Aarhus, Odense, og Aalborg. Slutrapport. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet 110 s. –Faglig rapport nr. 830. <http://www.dmu.dk/Pub/FR830.pdf>.

Jensen, S.S., Ketzler, M., Hertel, O., Becker, T., Løfstrøm, P., Olesen, H.R. (2013): Vejledning i luftkvalitetsvurdering af motorveje. Vejdirektoratet. Report 455-2013. Udarbejdet af DCE for Vejdirektoratet.

Jensen, S.S., Brandt, J., Christensen, J.H., Ketzler, M. (2017). *Helbredseffekter og relaterede eksterne omkostninger af luftforurening i Aarhus Kommune* (Videnskabelig rapport nr. 225). Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi.

Jensen, S. S., Brandt, J., Frohn, L. M., Ketzler, M., Winther, M., Plejdrup, M. S., Nielsen, O.-K. (2020a). *Kortlægning af luftforureningen i Frederiksberg Kommune* (Videnskabelig rapport nr. 342). Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi.

Jensen, S. S., Brandt, J., Frohn, L. M., Ketzler, M., Winther, M., Plejdrup, M. S., Nielsen, O.-K., Ellermann, T. (2020b). *Kortlægning af luftforureningen i Odense Kommune* (Videnskabelig rapport nr. 407). Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi.

Jensen, S.S., Winther, M., Løfstrøm, P., Ketzler, M., Frohn, L.M. 2021a. Kortlægning af udviklingen i luftforurening fra krydstogtskibe og andre skibe i fem danske havne. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 129 s. - Videnskabelig rapport nr. 413. <http://dce2.au.dk/pub/SR413.pdf>

Jensen, S.S., Winther, M., Brandt, J., Frohn, L.M., 2021b. Reduktionspotentialer for luftforurening fra national søfart i Danmark ved retrofit af SCR og partikelfiltre - Betydning for helbredseffekter og tilhørende eksterne omkostninger. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 43 s. - Videnskabelig rapport nr. 464. <http://dce2.au.dk/pub/SR464.pdf>

Jensen, S.S., Ketzler, M., Khan, J., Valencia, V.H., Brandt, J., Christensen, J.H., Frohn, L.M., Nielsen, O.-K. Plejdrup, M.S., Ellermann, T., 2021c. Luften på din vej 2.0. DCE-Nationalt Center for Miljø og Energi, 62 s. - Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 445, <http://dce2.au.dk/pub/SR445.pdf>

Jensen, S. S., Ketzler, M., Plejdrup, M. S., & Winther, M. (2022a). *Effekt af skærpede miljøzoner og forbud mod ældre brændeovne i Odense Kommune* (Videnskabelig rapport nr. 506). Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi.

Jensen, S. S., Ketznel, M., Winther, M., 2022b. Effekt for luftforureningen ved udbredelse af miljøzoner til flere byer. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 47 s. - Videnskabelig rapport nr. 516, <http://dce2.au.dk/pub/SR516.pdf>

Jensen, S. S., Brandt, J., Winther, M., Plejdrup, M. S., Nielsen, O.-K., Ketznel, M., Lansø, A. S., & Ellermann, T., 2024a. *Virkemiddelkatalog for begrænsning af luftforurening i Tårnby Kommune* (Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 618). DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi.

Jensen, S. S., Brandt, J., Ketznel, M., Plejdrup, M. S., & Winther, M., 2024b. *Kortlægning af luftforureningen og dens helbredseffekter i Københavns Kommune* (Videnskabelig rapport nr. 605). Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi.

Jensen, S. S., Brandt, J., Ketznel, M., Plejdrup, M.S., 2024c. *Kortlægning af partikelforureningen i Tårnby Kommune. Delrapport 2 - Luftforurening og dens helbredseffekter* (Videnskabelig rapport nr. 616). Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi.

Jensen, S.S., Andersen, C., Ketznel, M., Winther, M. 2024d. Evaluering af skærpede miljøzoner for dieselpersonbiler. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 80 s. - Videnskabelig rapport nr. 608.

Jensen, S. S., Khan, J., Christensen, J.H., Ketznel, M., Hansen, K.M., Andersen, C., Brandt, J., Ellermann, T. (2025): Prognose- og varslingsystem for luftkvalitet i Københavns Kommune. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 33 s. - Videnskabelig rapport nr. 636.

Kappelt, N., Russell, H.S., Fessa, D., Ryswyk, K.V., Hertel, O. Johnson, M.S., 2023. Particulate air pollution in the Copenhagen metro part 1: Mass concentrations and ventilation. *Environment International* 171 (2023) 107621.

KL (2023). *Udfasning af olie- og naturgasfyr i kommunale bygninger*.

<https://www.kl.dk/media/j5rnqf2n/udfasning-af-olie-og-naturgasfyr-i-kommunale-bygninger.pdf>

KL (2021). Høringssvar: Udskiftning eller nedlæggelse af brændeovne og pejseindsatser. <https://www.kl.dk/hoeringssvar/teknik-og-miljoe/2021/hoeringssvar-udskiftning-eller-nedlaeggelse-af-braendeovne-og-pejseindsatser>

Kommissionen for grøn omstilling af personbiler, 2021. *Veje til en veludbygget ladeinfrastruktur*.

[https://fm.dk/media/wdipx4l4/delrapport-2\\_veje-til-en-veludbygget-ladeinfrastruktur\\_web\\_a.pdf](https://fm.dk/media/wdipx4l4/delrapport-2_veje-til-en-veludbygget-ladeinfrastruktur_web_a.pdf)

Kumar, P., Corada, K., Debele, S. E., Mendes Emygdio, A. P., Abhijith, K. V., Hassan, H., ... & Jones, L. (2024). Air pollution abatement from Green-Blue-Grey infrastructure. *The Innovation Geoscience*, 2(4).

Københavns Kommune, 2016. *Nøgletal for plantering og pleje af træer*.

<https://www.kk.dk/sites/default/files/agenda/2306412b-ae72-49dc-82d6-04512a405931/914b34ef-d5af-4756-87c6-004e89063fc6-bilag-6.pdf>

Københavns Kommune, 2025. *Resultat af foranalyse om forslag til nulemissionszone*.

<https://www.kk.dk/dagsordener-og-referater/Borgerrepr%C3%A6sentationen/m%C3%B8de-21082025/referat/punkt-16>

Lansø, A.S., Winther, M. & Plejdrup M., 2023. Miljøeffekter af miljøzoner for ikke-vejgående arbejdsmaskiner. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 59 s. - Videnskabelig rapport nr. 564.

Lansø, A. S., Winther, M., Khan, J., 2024. Impacts of onshore power installation in four Baltic Sea Ports Emissions of air pollutants and greenhouse gases, air pollution and noise. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 63 pp. Scientific Report No. 637

Miljø- og Fødevarerstyrelsen (2020). Anbefalinger om brug af TCO (totaløkonomi) ved offentlige indkøb. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2020/06/978-87-7038-194-9.pdf>

Miljøministeriet, 2012. Reducing Air Pollution from Ships. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publications/2012/06/978-87-92903-11-2.pdf>

Miljøministeriet (2022) *Baggrundsnotat: Regulering af brændeovne i danske kommuner.* <https://mim.dk/media/qnjaozfd/spoergeskemaundersoegelse-af-kommunale-til-regulering-af-braendeovne.pdf>

Miljøministeriet, 2023. Dokumentationsnotat vedrørende beregninger for miljøzoner til flere byer og for ikke-vejgående køretøjer. <https://mim.dk/media/firjmbce/samfundsoekonomi-for-miljoezoner-til-flere-byer-og-for-ikke-vejgaaende-koe-retoejer.pdf>

Miljøstyrelsen (2011). *Test of technologies for flue gas cleaning and combustion improvement for existing residential wood burning appliances* (Miljøprojekt nr. 1393).

Miljøstyrelsen (2017). *Laboratoriemålinger af emissioner fra brændeovne ved forskellige fyringsteknikker* (Miljøprojekt nr. 1969).

Miljøstyrelsen (2025). *Forslag til en godkendelsesordning for partikelfiltre til brændeovne.* <https://mst.dk/publikationer/2025/maj/forslag-til-en-godkendelsesordning-for-partikelfiltre-til-braendeovne>

Movia, 2024. Personlig kommunikation med Victor Hug, 11.3.2024.

Neergaard, F. S. (2025, 5. juni). En femtedel af landets boliger har brændeovn. *Danmarks Statistik.* <https://www.dst.dk/da/Statistik/nyheder-analyser-publ/bagtal/2025/2025-06-05-en-femtedel-af-landets-boliger-har-braendeovn>

Nielsen, O.-K., Plejdrup, M. S., Winther, M., Mikkelsen, M. H., Nielsen, M., Gyldenkærne, S., Fauser, P., Albrektsen, R., Hjelgaard, K. H., & Bruun, H. G. (2023). *Annual Danish informative inventory report to UNECE: Emission inventories from the base year of the protocols to year 2021* (Videnskabelig rapport nr. 540). Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi.

Nordstrøm, C., Ellermann, T., Brandt, J., Christensen, J., Ketzel, M., Massling, A., Bossi, R., Frohn, L. M., Geels, C., Solvang Jensen, S., Nielsen, O.-K., Winther, M., Poulsen, M. B., Sørensen, M. B., Skou Andersen, M., & Sigsgaard, T. (2024). *Luftkvalitet 2023. Status for den nationale luftkvalitetsovervågning* (Videnskabelig rapport nr. 627). Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi.

Nordstrøm, C., Ellermann, T., Brandt, J., Christensen, J., Ketzel, M., Massling, A., Bossi, R., Geels, C., Solvang Jensen, S., Nielsen, O.-K., Winther, M., Poulsen, M. B., Sørensen, M. B., Skou Andersen, M., Ørby, P.V., Kumar, V. og Sigsgaard, T. (2025). *Luftkvalitet 2024. Status for den nationale luftkvalitetsovervågning.* (Videnskabelig rapport nr. 679). Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi.

Rambøll (2022). *Kortlægning af olie- og gasfyr i kommunale og regionale bygninger.* [https://ens.dk/sites/default/files/media/documents/2024-11/kortlaegning\\_af\\_olie-\\_og\\_gasfyr\\_i\\_kommunale\\_og\\_regionale\\_bygninger.pdf](https://ens.dk/sites/default/files/media/documents/2024-11/kortlaegning_af_olie-_og_gasfyr_i_kommunale_og_regionale_bygninger.pdf)

Regeringen (2022). *Aftale om et mere grønt og sikkert Danmark*.

<https://regeringen.dk/nyheder/2022/aftale-om-et-mere-groent-og-sikkert-danmark/>

Rohr, A.C. & Wyzga, R.E., 2012. Attributing health effects to individual particulate matter constituents. *Atmospheric Environment*. Volume 62, December 2012, Pages 130–152.

Rojas-Rueda, D., Nazelle, A.D., Andersen, Z.J., Braun-Fahrländer, C., Bruha, J., Bruhova-Foltynova, H., Desqueyroux, H., Praznoczy, C., Ragettli, M.S., Tainio, M., Nieuwenhuijsen, M.J., 2016. Health Impacts of Active Transportation in Europe. *PLOS ONE*. DOI:10.1371/journal.pone.0149990 March 1, 2016.

Roskilde Kommune, 2023. Beboere er fælles om bilerne. Håndbog for etablering af lokale delebilsordninger. Udarbejdet af urban creators på vegne af Roskilde Kommune.

Russell, H.S.; Frederickson, L.B.; Hertel, O.; Ellermann, T.; Jensen, S.S., 2021. A Review of Photocatalytic Materials for Urban NO<sub>x</sub> Remediation. *Catalysts* 2021, 11, 675.

<https://doi.org/10.3390/catal11060675>

Sørensen, M. K., Deen, L., Khoury, G., et al. (2025). A systematic review of outdoor airborne asbestos concentrations in urban and rural areas. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 20, 100926.

Sørensen, M.K., Thomsen, J.F., Tøttenborg, S.S., Ervik, T.K., Møller, P., Kolarik, B.D., Deen, L., Khoury, G., Petersen, J.A., Meyer, H.W., Petersen, K.U., Begtrup, L.M., Flachs, S.M., Wils, R.S., 2026. Monitoring outdoor concentrations of airborne asbestos in urban and residential areas in the four major cities of Denmark: Copenhagen, Odense, Aarhus and Aalborg. *Environmental Research* 291 (2026) 123546.

Trafikstyrelsen, 2023. Den kollektive trafik i Danmark - Status over udviklingen i sektoren 2023.

<https://www.trafikstyrelsen.dk/Media/638739129229150059/Sektorrapport%202023.pdf>

Trafikstyrelsen, 2024. Elektrificering og grønne brændstoffer på havne.

<https://www.trafikstyrelsen.dk/Media/638737563779632257/Supplement%20til%20havneatlas%20-%20Elektrificering%20og%20gr%C3%B8nne%20br%C3%A6ndstoffer%20p%C3%A5%20havne%2020241206.pdf>

Transportministeriet, 2026.

<https://www.man.dtu.dk/myndighedsbetjening/teresa-og-transportoekonomiske-enhedspriser>. Besøgt 26.1.2026.

Vejrup, K. (2025, 20. august). Udrulning af fjernvarme sikrer gaskonverteringerne i Danmark. *Dansk Fjernvarme*.

<https://danskjernvarme.dk/aktuelt/nyheder/2025/ny-udrulning-af-fjernvarme-sikker-gaskonverteringerne-i-danmark>

Ydersbond, I.M., Kristensen, N.B., Thune-Larsen, H., 2020. Nordic Sustainable Aviation. Transportøkonomisk institutt (TØI) for Nordic Energy Research.

## 9. BILAG

### 9.1 Metode

Rambøll og DCE har i nærværende rapport anvendt en kombination af litteraturgennemgang, kvalitative interviews og analyser for at indsamle og bearbejde viden om relevante luftkvalitetstiltag og potentialet for disse i en lokal kontekst.

Først er der foretaget en indledende analyse af eksisterende viden på området. Dette er sket med udgangspunkt i resultaterne fra litteraturstudiet *Grønne Byer* og det tilhørende idekatalog (COWI, 2023) samt DCE's omfattende erfaring og viden om lokale luftkvalitetstiltag gennem tidligere forskning, rapporter og internationale erfaringer (Jensen et al., 2024a). Resultatet er en liste over relevante luftkvalitetstiltag, som har dannet grundlag for den videre afdækning.

For at kvalificere den indledende analyse er der gennemført 11 interviews med i alt 19 relevante aktører fra 10 udvalgte kommuner. Formålet har været at afdække kommunernes perspektiver på relevante tiltag samt muligheder og barrierer for implementering af disse lokalt. Kommunernes indsigter og erfaringer har været udslagsgivende for de seks temaer, som behandles i analysen, og som hver samler en række tiltag. Indsigterne fra interviewene har desuden leveret input til den efterfølgende analyse af omkostningsstrukturer og til beskrivelsen af indirekte effekter og juridiske rammer. Udvælgelsen af kommunerne er foretaget i samarbejde med MLM og har taget udgangspunkt i kommunernes konkrete erfaringer med luftkvalitetstiltag. Der er ligeledes lagt vægt på at sikre et repræsentativt udsnit af både små, mellemstore og store kommuner samt kommuner med forskellige udfordringer, f.eks. by- og landkommuner. Interviewpersonerne omfatter tekniske direktører, fagchefer- og medarbejdere og udvalgsfolk med ansvarsområder inden for miljø og grøn byplanlægning. Der er gjort brug af kvalitative semistrukturerede interviews af ca. en times varighed, som tager afsæt i en på forhånd udviklet interviewguide.

#### *Deltagende kommuner*

Aalborg Kommune  
Aarhus Kommune  
Dragør Kommune  
Frederiksberg Kommune  
Helsingør Kommune  
Horsens Kommune  
Københavns Kommune  
Lejre Kommune  
Odense Kommune  
Vejle Kommune

Analysens temaer og dertilhørende relevante tiltag er dernæst drøftet med MLM med henblik på at kvalificere og prioritere tiltagene. Prioriteringen er foretaget på baggrund af kommunernes erfaringer, forventede effekter og potentiale, herunder forventede miljøeffekter (emissioner og luftforurening, sundhed og klima), indirekte effekter, økonomi (direkte omkostninger og samfundsøkonomi), regulatoriske rammer og udbredelsespotentiale. For økonomi fokuseres dels på de direkte omkostninger for henholdsvis kommuner og borgere/virksomheder, da dette giver et overblik over den direkte omkostningsbyrde ved at implementere et givent tiltag. Dels beskrives de overordnede forventede samfundsøkonomiske gevinster og ulemper, som også er afgørende at have med i overvejelserne. Resultatet er en liste over de mest relevante luftkvalitetstiltag til videre analyse, som fordeler sig på seks temaer, hvor kommunerne allerede enten direkte eller indirekte arbejder aktivt med forbedring af luftkvalitet.

Hvert tiltag er efterfølgende analyseret med henblik på at belyse miljøeffekter, økonomi samt rammerne for implementering. Miljøeffekterne er systematisk beskrevet og kvantificeret i det omfang, det har været muligt ud fra eksisterende data, mens indirekte effekter, såsom CO<sub>2</sub>-udledninger og støj, er beskrevet kvalitativt. Analysen bygger på DCE's omfattende erfaring med vurdering af effekter på emissioner, luftkvalitet og helbred samt på DCE's eksisterende virkemiddelkatalog (Jensen et al., 2024a), som beskriver en bred vifte af kommunalt relevante tiltag til reduktion af luftforurening.

Den økonomiske dimension er undersøgt ved at illustrere de direkte omkostninger, forbundet med de relevante tiltag. De økonomiske vurderinger suppleres af konkrete caseberegninger, hvor effekterne på luftkvalitet så vidt muligt sammenholdes med de direkte omkostninger, forbundet med specifikke tiltag. De økonomiske vurderinger beror blandt andet på erfaringstal fra kommunale projekter og antagelser omkring udskiftning af materiel, beskæftigede årsværk mv. understøttet af litteraturgennemgang. Afsnittene kortlægger omkostningsstrukturen for de enkelte tiltag ved at identificere de primære drivere for direkte monetære omkostninger hos hhv. kommuner, borgere og virksomheder. For en gennemgang af de generelle samfundsøkonomiske effekter, henvises til den tværgående beskrivelse i Kapitel 4. Analysen af omkostninger fokuserer derfor udelukkende på de konkrete anlægs- og driftsudgifter, der er forbundet med implementeringen af tiltagene. De økonomiske estimater er primært baseret på litteratursøgning af eksisterende analyser og rapporter. Dette datagrundlag er suppleret med input fra kommune interviews for konkrete erfaringstal samt kvalificeret gennem DCE.

Endelig beskrives og vurderes potentialet inden for de relevante temaer med særligt fokus på kommunernes opfattelse af muligheder og barrierer for implementering. Tiltagene vurderes så vidt muligt ved overordnet at sammenholde økonomi (direkte omkostninger og samfundsmæssige gevinster og ulemper) med forventede miljøeffekter.

På baggrund af de tematiske analyser laves en tværgående opsummering, som bidrager med en vurdering af de tiltag, der både har de største forventede effekter og realistiske implementeringsmuligheder.

Slutteligt er resultaterne samlet, gennemgået og valideret. Rambøll og DCE har gennemført en tværgående analyse af alle data og resultater fra litteraturgennemgang, interviews og analyser. Denne analyse danner grundlag for en drøftelse med MLM, hvor projektets hovedresultater og foreløbige anbefalinger præsenteres og drøftes. Rapporten ledsages af præsentationsmateriale, der opsummerer hovedresultater og anbefalinger til videre formidling og politiske drøftelser.

## 9.2 Enhedspriser for luftforurening

### Landsgennemsnit

Enhedspriser for 10 emissionssektorer i Danmark samt international skibstrafik er opsummeret i Tabel 11, baseret på beregninger med DEHM (Brandt et al., 2023).

Tabel 11 Enhedspriser for 10 emissionssektorer i Danmark samt international skibstrafik (DKK-2022-priser pr. kg)

Emission, stoffer	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	PPM <sub>2,5</sub>	NH <sub>x</sub>
Helbredsrelaterede stoffer	SO <sub>2</sub> /SO <sub>4</sub>	O <sub>3</sub> /NO <sub>2</sub> /NO <sub>3</sub>	PPM <sub>2,5</sub> /SOA	NH <sub>4</sub>
Energiindustri, f.eks. kraftværker (SNAP1)	167	166	507	
Små ikke-industrielle forbrændingsanlæg i husholdninger mv. (SNAP2)	169	392	740	258
Industrien forbrændingsanlæg (SNAP3)	146	180	564	527
Industriens procesenergi (SNAP4)	190	211	655	
Vejtrafikken (SNAP7)	205	1.269	910	
Øvrige modelkilder (SNAP8)	28	69	440	
Affaldshåndtering (SNAP9)	212	4008	555	178
Landbrug (SNAP10)	204	548	788	42

---

International skibstransport i Østersøen og Nord- søen	1.129*	230	751
---	--------	-----	-----

---

Note: \*Tillagt  $\text{NH}_4\text{SO}_4$

Resultaterne ovenfor er undtagen SNAP5 (Udvinding, behandling, lagring og transport af brændsler) og SNAP6 (Anvendelse af opløsningsmidler og andre produkter), som ikke kan opgøres særskilt med tilstrækkelig sikkerhed.

### Lokalt tillæg for vejtrafik og boligopvarmning

Luftforureningskilder i vejtrafikken er typisk beliggende i områder med høj befolkningstæthed, og hvor kilderne er tæt på mennesker. Desuden ledes emissionerne ikke så hurtigt bort fra de potentielt eksponerede personer som f.eks. ved punktkilder med afkast i større højde.

Det samme gælder for husholdningernes forbrænding (herunder brændeovne). Særligt i bymæssig bebyggelse betyder den kraftigere eksponering, at der er større eksterne omkostninger, knyttet til emissionerne end landsgennemsnittet, beregnet med den regionale model DEHM (præsenteret i Tabel 11), giver udtryk for. De primære emissioner af PM<sub>2,5</sub> men også nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) resulterer i et mærkbart bidrag til årsmiddelværdierne i det lokale byrum. Forklaringen herpå er, at udledningerne er relativt store, sker i lav højde og tæt på mennesker.

Idet de regionale beregninger med DEHM undervurderer eksponeringen ved kilder, hvor emissionerne sker i nærmiljøet, som tilfældet for små ikke-industrielle forbrændingsanlæg (SNAP2), som primært er brændeovne, samt for vejtransport (SNAP7), er der beregnet et lokalt tillæg for disse to sektorer for områder med varierende befolkningstæthed. Lokaltillæggene beregnes med DEHM-UBM, hvor UBM modelsystemet (Urban Background Model) er en lokal skalamodel, der dækker hele Danmark med en rumlig opløsning på 1 km x 1 km.

Nedenfor er vist lokaltillæg for små ikke-industrielle forbrændingsanlæg (SNAP2) og for vejtransport (SNAP7) for udvalgte byer. I Brandt et al. (2023) er der en yderligere detaljering med enhedspriser for hver region, underopdelt i fire kategorier af befolkningstæthed (<100, 100-1.500, 1.500-3000, >3.000).

**Tabel 12 Lokalt eksponeringstillæg ved små ikke-industrielle forbrændingsanlæg i husholdninger (SNAP2) på dansk område**

Eksterne omkostninger i DKK-2022-priser pr. kg	Indbyggere pr. km <sup>2</sup>	PPM <sub>2,5</sub>	NO <sub>x</sub>
Tillæg Hovedstadsområdet	3.211	1.482	533
Tillæg Aarhus by	2.744	559	692
Tillæg Aalborg by	2.263	528	1.757
Tillæg Odense by	2.237	524	633
Tillæg hele Danmark	132	221	69
Tillæg hele DK ekskl. byerne ovenfor	92	175	146

**Tabel 13 Lokalt eksponeringstillæg ved vejtransport (SNAP7) på dansk område**

Eksterne omkostninger i DKK-2022-priser pr. kg	Indbyggere pr. km <sup>2</sup>	PPM <sub>2,5</sub>	NO <sub>x</sub>
Tillæg Hovedstadsområdet	3.211	1.659	98
Tillæg Aarhus by	2.744	762	232
Tillæg Aalborg by	2.263	871	473
Tillæg Odense by	2.237	724	233
Tillæg hele Danmark	132	385	16
Tillæg hele DK ekskl. byerne ovenfor	92	290	41