

Kortlægning af partikelforureningen i Tårnby Kommune. Sammenfatning af del- rapport 1, 2, 3 og 4

Fagligt notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Dato: 22. oktober 2024 | 48



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Fagligt notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

Kategori: Rådgivningsnotat

Titel: Kortlægning af partikelforureningen i Tårnby Kommune. Sammenfatning af delrapport 1, 2, 3 og 4

Forfattere: Thomas Ellermann, Steen Solvang Jensen og Anne Sofie Lansø
Institution: Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet

Faglig kommentering: Claus Nordstrøm

Kvalitetssikring, DCE: Vibeke Vestergaard Nielsen

Sproglig kvalitetssikring: Vibeke Vestergaard Nielsen

Ekstern kommentering: Tårnby Kommune findes her:
https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2024/N2024_48.pdf

Rekvirent: Tårnby Kommune

Bedes citeret: Thomas Ellermann, Steen Solvang Jensen og Anne Sofie Lansø. 2024.. Kortlægning af partikelforureningen i Tårnby Kommune. Sammenfatning af delrapport 1, 2, 3 og 4. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 37 s. – Fagligt notat nr. 2024 | 48
Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse

Foto forside: Tom Jensen – Referencemålestationen på Gemmas Allé.

Sideantal: 37

Indhold

1	Indledning	4
2	Baggrund for projektet	5
2.1	Hvad er formålet med projektet for Tårnby Kommune?	5
2.2	Hvordan har DCE udført kortlægningen?	5
2.3	Hvilke luftforureningskomponenter indgår i projektet og hvorfor er disse prioriteret?	7
2.4	Hvilke gevinster er der ved projektet set i forhold til Miljøministeriets kortlægning af ultrafine partikler i området omkring lufthavnen?	11
3	Resultaterne fra projektet	13
3.1	Hvordan er luftkvaliteten i Tårnby Kommune?	13
3.2	Hvordan varierer luftforureningen i Tårnby Kommune?	15
3.3	Hvad er de vigtigste kilder til luftforureningen?	19
3.4	Hvad er kilderne til lufthavnens udledninger af luftforurening?	21
3.5	Hvordan er niveauerne sammenholdt med målsætninger for luftkvalitet?	25
3.6	Hvad er helbredseffekterne som følge af luftforureningen i Tårnby Kommune?	28
3.7	Hvordan vil den fremtidige udvikling for luftforureningen se ud?	31
3.8	Hvad kan der yderligere gøres for at begrænse effekterne af luftforureningen i Tårnby Kommune?	32
4	Begrænsninger i undersøgelsen	35
5	Referencer	36

1 Indledning

DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi har i 2023 og 2024 gennemført et større projekt for Tårnby Kommune med det formål at kortlægge partikelforureningen i Tårnby Kommune. Opgaven inkluderer desuden en opgørelse af helbredseffekter fra luftforureningen og udarbejdelse af et katalog over mulige virkemidler til begrænsning af luftforureningen i Tårnby Kommune.

Projektets resultater er præsenteret i fire delrapporter:

Kortlægning af partikelforureningen i Tårnby Kommune. Delrapport 1 - Målinger. Thomas Ellermann, Claus Nordstrøm, Maria Bech Poulsen, Martin Bjært Sørensen og Andreas Massling, 2024. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 57 s. - Videnskabelig rapport nr. 615

Kortlægning af partikelforureningen i Tårnby Kommune. Delrapport 2 - Luftforurening og dens helbredseffekter. Steen Solvang Jensen, Jørgen Brandt, Matthias Ketznel, Marlene Schmidt Plejdrup, 2024. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 79 s. - Videnskabelig rapport nr. 616

Kortlægning af partikelforureningen i Tårnby Kommune. Delrapport 3 - Detaljeret kortlægning af luftforurening fra Københavns Lufthavn. Anne Sofie Lansø, Morten Winther, Christopher Andersen, 2024. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 73 s. - Videnskabelig rapport nr. 617

Kortlægning af partikelforureningen i Tårnby Kommune. Delrapport 4 - Virkemiddelkatalog for begrænsning af luftforurening. Steen Solvang Jensen, Jørgen Brandt, Morten Winther, Marlene Schmidt Plejdrup, Ole-Kenneth Nielsen, Matthias Ketznel. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 94 s. - Videnskabelig rapport nr. 618

Dette notat sammenfatter resultaterne fra de fire delrapporter og præsenterer hovedkonklusionerne fra kortlægningsprojektet. Fokus i notatet er præsentation af resultaterne fra projektet, mens beskrivelse af for eksempel metoder for målinger og modelberegninger kan findes i de fire delrapporter.

Københavns Lufthavn A/S takkes for at stille en lang række data til rådighed for analyserne gennemført i forbindelse med projektet. Ligeledes takkes København Kommune for at stille data fra deres målestation ved Backersvej til rådighed for projektet.

2 Baggrund for projektet

2.1 Hvad er formålet med projektet for Tårnby Kommune?

Tårnby Kommune har efter offentligt udbud anmodet DCE om at gennemføre en undersøgelse af den helbredsskadelige partikelforurening i Tårnby Kommune. Formålet med undersøgelsen er at kortlægge partikelforureningen med særligt fokus på partikeludledningernes helbredseffekter for borgere i Tårnby Kommune herunder en detaljeret kortlægning af luftforureningen fra Københavns Lufthavn. I den bestilte opgave indgår både målinger i Tårnby Kommune og modelberegninger af luftkvalitet og helbredseffekter af luftforureningen i Tårnby Kommune. Målingerne skal have særligt fokus på luftkvalitet ved følsom arealanvendelse som for eksempel daginstitutioner, skoler, vuggestuer og sportsfaciliteter. Det er desuden en del af opgaven at udarbejde en oversigt over mulige tiltag til reduktion af luftforurening og helbredseffekter i Tårnby Kommune.

2.2 Hvordan har DCE udført kortlægningen?

Kortlægningen er baseret på en kombination af målinger og modelberegninger. DCE anser det som en optimal og effektiv måde at gennemføre en sådan opgave på, fordi det er relativt omkostningstungt at gennemføre målinger, og det derfor ikke er økonomisk muligt at dække hele Tårnby Kommune med målesteder. Strategien er derfor at fortage målinger ved et begrænset antal målesteder og kombinere dette med modelberegninger, som bruges til at ekstrapolere resultaterne fra målestationerne til at dække hele Tårnby Kommunes areal, dvs. bruge de målte resultaterne til at beregne resultater andre steder i kommunen, hvor der ikke er målt. Det er en metode, der også anvendes i det nationale overvågningsprogram for luftkvalitet. Modelberegningerne har også den fordel, at man kan "slukke" for nogle af kilderne i modellen. Det kunne fx være bidrag til luftforureningen fra vejtrafikken eller fra aktiviteterne på lufthavnen fordelt på forskellige typer af luftforureningskomponenter. På den måde fås viden om kilderne til de undersøgte luftforureningskomponenter. Modelberegninger er endvidere den eneste måde, man kan opgøre helbredseffekterne af luftforurening på.

DCE's kortlægning er opdelt i fem elementer:

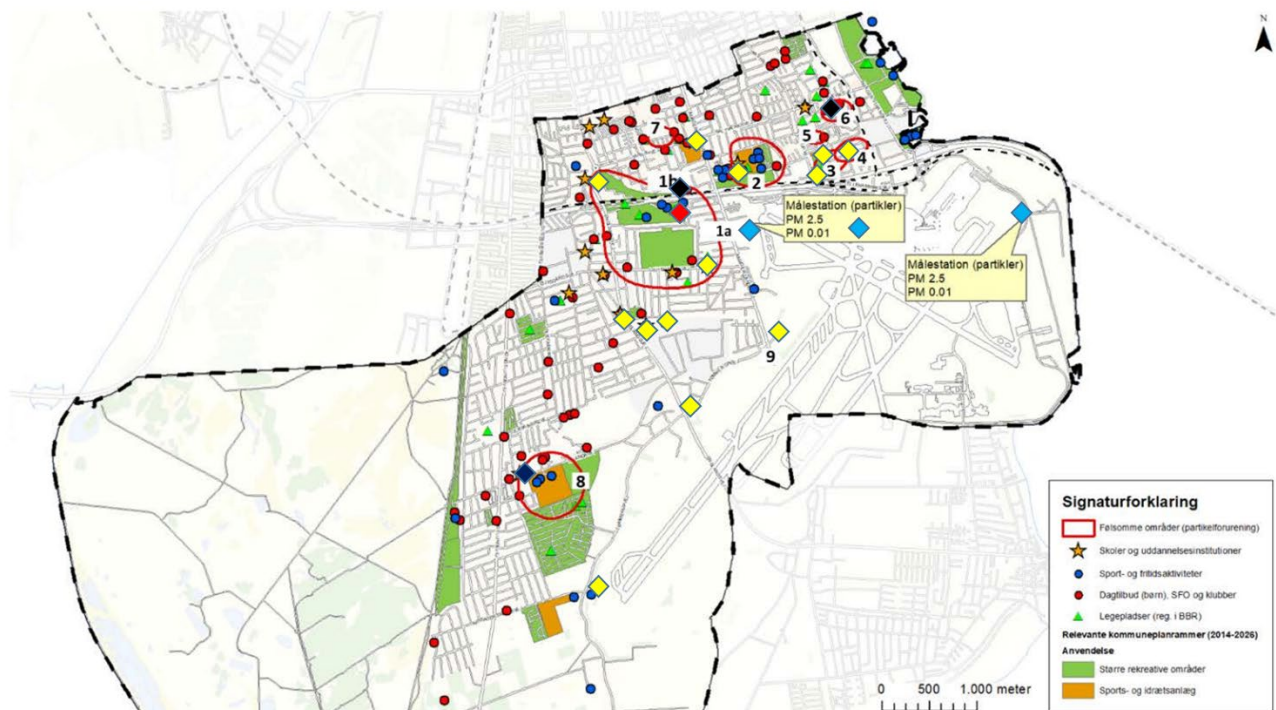
1. Måling af luftkvaliteten for antallet af ultrafine partikler, fine partikler (PM_{2,5}) og kvælstofdioxid, som er nogle af de vigtigste helbredsskadelige luftforureningskomponenter generelt set og i Tårnby Kommune. Målingerne er foretaget fra 1. maj 2023 til 30. april 2024 ved i alt 16 målesteder med lidt varierende sammensætning af målingerne (Tabel 2.1 og Figur 2.1).
2. Kortlægning af luftkvaliteten med DCE's luftkvalitetsmodeller.
3. Beregning af helbredseffekter og samfundsøkonomiske omkostninger ved luftforureningen i Tårnby Kommune.
4. Udarbejdelse af detaljeret opgørelse over udledningerne fra Københavns Lufthavn i Kastrup (herefter lufthavnen) og modelberegninger med særligt fokus på udledningerne fra lufthavnen.

5. Udarbejdelse af et virkemiddelkatalog med vurdering af mulige tiltag til reduktion af luftforureningen og de helbredsskadelige effekter af luftforureningen i Tårnby Kommune.

Resultaterne fra de fem delelementer er præsenteret i fire rapporter fra DCE, hvor delelement 2 og 3 er samlet i en rapport.

Table 2.1. Oversigt over målestederne i Tårnby Kommune.

Målesteder	Luftforureningskomponenter	Adresse	Følsom arealanvendelse
<i>Referencemålestation</i>			
Gemmas Allé	Kvælstofdioxid, ultrafine partikler, fine partikler	Gemmas Allé 36	Børnehave
<i>Øvrige målesteder</i>			
Nordregårdsskolen	Kvælstofdioxid	Følfodvej 245	Skole
Børnehuset Vinkelhuse Børnehaven Eskebøl Alle 1	Kvælstofdioxid	Vinkelhuse 53	Børnehave
Skelgårdsskolen	Kvælstofdioxid, ultrafine partikler	Eskebøl Alle 1	Børnehave
Tømmerupvej 174	Kvælstofdioxid	Ugandavej 138-142	Skole
Tømmerupvej 58	Kvælstofdioxid	Tømmerupvej 174	Sportsfacilitet
Tømmerupsstationsvej Børnehuset	Kvælstofdioxid	Tømmerupvej 58	-
Brønderslev Allé 1-3	Kvælstofdioxid	Tømmerupsstationsvej 7-9	.
Løjtegårdsskolen Børnehuset Gammelkirkevej	Kvælstofdioxid	Brønderslev Allé 1	Børnehave
Kastrupgårdsskolen	Kvælstofdioxid, ultrafine partikler	Løjtegårdsvej 36	Skole
Korsvejens skole	Kvælstofdioxid	Gammel Kirkevej 128	Børnehave
Kastrupvej 418	Kvælstofdioxid	Blåklkkevej 1	Skole
Kastrup Kirke	Kvælstofdioxid, ultrafine partikler	Tårnbyvej 1	Skole
Kastruplund gade 68	Kvælstofdioxid	Kastrupvej 418	Sportsfacilitet
		Kastruplundgade 3/Gammel Skovvej	Vuggestue
		Kastruplundgade 68	Tæt ved legeplads



Figur 2.1. Placering af målesteder og følsom arealanvendelse i Tårnby Kommune. Målestederne er markeret med symbolet \diamond , hvor rød betyder referencemålestation, sort er målesteder med måling af kvælstofdioxid og antallet af ultrafine partikler og gul er målested, hvor der kun måles kvælstofdioxid. De lyseblå \diamond angiver lufthavnens tre målesteder. Øvrige markeringer forklares i signaturforklaringen. Kortet med følsom arealanvendelse er fra Tårnby Kommune.

2.3 Hvilke luftforureningskomponenter indgår i projektet og hvorfor er disse prioriteret?

Tårnby Kommune havde et ønske om målinger af alle de luftforureningskomponenter, som er kendt for at have væsentlige helbredseffekter. Desværre var det ikke muligt at inkludere alle de ønskede luftforureningskomponenter, da dette ville give omkostninger langt over den økonomiske ramme. DCE har derfor foretaget en prioritering blandt ønskede luftforureningsparametre og denne prioritering er blevet konfirmeret af Tårnby Kommune. Udgangspunkt for prioriteringen er DCE's generelle viden om luftkvalitet i Danmark, resultaterne fra den nationale overvågning af luftkvalitet og den nyeste viden om helbredseffekterne for de forskellige luftforureningskomponenter. Viden om tilgængelige målemetoder og omkostningerne ved disse målemetoder har også indgået ved prioriteringerne, men det er de faglige aspekter, som har vægtet tungest.

Med dette udgangspunkt har DCE prioriteret at inkludere ultrafine partikler, fine partikler ($PM_{2,5}$), kvælstofdioxid, Black Carbon og PM_{10} i undersøgelsen, hvoraf de tre første er målt i dette projekt. I det følgende giver vi en kort introduktion til luftforureningskomponenterne.

Ultrafine partikler

Ultrafine partikler er defineret ved de helt små partikler med diameter mindre end 100 nm (én milliard gange mindre end én meter). De ultrafine partikler består af hundredvis af forskellige slags partikler med varierende størrelse og kemisk sammensætning. Det der primært forener dem er, at de er meget små, og at de bliver målt med samme instrument. En del af de fine partikler er inerte partikler, som bliver udledt direkte fra forbrændingsmotorer, og som

bliver ved med at være på partikelform, selv om de via de kemiske og fysiske processer i atmosfæren kan ændre størrelse, form m.m. En anden del er de ultrafine partikler, som dannes i atmosfæren via de kemiske reaktioner i atmosfæren eller ved, at for eksempel let flygtige kemiske forbindelser nedkøles, og på den måde fortættes fra gasform til partikelform.

Da de ultrafine partikler er så små, har de næsten ingen masse, så derfor måles de ultrafine partikler ved at tælle dem, og derfor måles de som antal partikler per cm^3 . Der findes dog ingen måleinstrumenter, som kan måle alle de ultrafine partikler, så derfor er det efterhånden standarden, at målingerne inkluderer antallet af partikler i størrelsesområdet fra omkring 10 nm til nogle få mikrometer. I daglig tale bliver partikelantallet ofte anvendt synonymt med antallet af ultrafine partikler, og det vil vi også gøre i dette notat.

Der er blandt førende internationale forskere enighed om, at eksponering for ultrafine partikler giver væsentlige helbredeskadelige effekter, hvilket er dokumenteret i forbindelse med WHO's opdaterede rapport med retningslinjer for luftkvalitet (WHO, 2021). WHO konkluderede, at der ikke var tilstrækkeligt evidens til, at WHO kunne fastlægge retningslinjer for luftkvaliteten (WHO, 2021). I stedet fastlagde WHO en række såkaldte Good Practice Statements, hvor de opfordrer nationalstater til at iværksætte overvågningsmålinger, udarbejde opgørelser over udledningerne og indføre tiltag til reduktion af udledningerne.

EU er ved at revidere luftkvalitetsdirektivet, som angiver grænseværdier for luftkvaliteten i medlemsstaterne og har i den sammenhæng også vurderet om der er fagligt grundlag for indførelse af en grænseværdi for luftkvaliteten af ultrafine partikler. I det nye forslag lægger EU sig op ad WHO's konklusioner, og der forventes derfor ingen grænseværdier for ultrafine partikler i det nye luftkvalitetsdirektiv (EU, 2024). Det reviderede luftkvalitetsdirektiv er planlagt vedtaget i efteråret 2024.

Fine partikler (PM_{2,5})

De fine partikler er et mål for de luftbårne partikler med diameter under 2,5 μm (svarende til 2500 nm). På mange måder har de fine partikler samme karakteristika som de ultrafine partikler, hvor den væsentligste forskel er, at de fine partikler inkluderer partikler, som er væsentlig større og derfor har andre fysiske egenskaber. Den kemiske sammensætning kan være væsentlig forskellig fra de ultrafine partiklers.

En af de væsentlige forskelle til ultrafine partikler er, at de er meget tungere, og at de derfor kan vejes. Det er også grundlaget for målemetoden for fine partikler, som bliver målt ved, at de fine partikler i en kubikmeter luft opsamles på et filter og vejes. Enheden angives i $\mu\text{g}/\text{m}^3$, hvor μg er en millionte del af et gram.

De ultrafine partikler er en del af de fine partikler, da de er mindre end 2,5 μm og da de fine partikler inkluderer alle partikler op til denne størrelse. Men da de ultrafine partiklers masse er forsvindende lille i forhold til massen af de fine partikler, så giver målinger af massen af fine partikler i praksis ingen information om, hvor mange ultrafine partikler, der er i en prøve.

Der er et omfattende videnskabeligt grundlag for de helbredsskadelige effekter af de fine partikler (WHO, 2021), som ligger til grund for DCE's beregninger af de helbredsskadelige effekter fra luftforureningen med fine partikler. EU har på basis af denne viden fastsat lovpligtige grænseværdier af hensyn til korttids- og langtidseksponering for fine partikler (EU, 2008). Disse grænseværdier forventes strammet i forbindelse med vedtagelse af nyt direktiv i efteråret (EU, 2024). WHO har vedtaget retningslinjer for korttids- og langtidseksponering for fine partikler (WHO, 2021).

PM₁₀

Ovenstående beskrivelse for fine partikler gælder i meget stor udstrækning også for PM₁₀, hvilket hænger sammen med den måde de fine partikler og PM₁₀ er defineret. Hvor de fine partikler angiver massen af partikler med en diameter under 2,5 µm, så er PM₁₀ massen af partikler under 10 µm. Det betyder, at de fine partikler er inkluderet som en del af PM₁₀, og at forskellen mellem de fine partikler og PM₁₀ er, at PM₁₀ oveni de fine partikler også indeholder en gruppe af grovere partikler med diameter mellem 2,5 og 10 µm. Man kunne derfor betegne PM₁₀ som de fine-plus-grove partikler, men for nemheds skyld anvendes blot PM₁₀ i notatet. Som det også gælder for de fine partikler (PM_{2,5}), så er enheden angives i µg/m³, hvor µg er en millionte del af et gram.

De grovere dele af PM₁₀ består typisk af partikler fra vej-, dæk- og bremseslid, havsalt og jordstøv, som på mange måder adskiller sig fra de fine partikler, hvilket er med til at definere de forskellige egenskaber for fine partikler og PM₁₀.

Det er veldokumenteret, at eksponering for PM₁₀ giver anledning til helbredsskader, men det er primært de fine partikler i PM₁₀, som er ansvarlig for disse helbredsskader. Derfor er det kun de fine partikler, som indgår ved DCE's beregninger af de helbredsskadelige effekter af luftforureningen, og PM₁₀ inkluderes ikke ved disse beregninger, hvilket er i overensstemmelse med WHO's anbefalinger.

EU har fastlagt grænseværdier for PM₁₀, og det kommende nye luftkvalitetsdirektiv forventes at sænke disse grænseværdier. WHO har fastlagt retningslinjer for både korttids- og langtidseksponering for PM₁₀.

Kvælstofdioxid

Kvælstofdioxid (NO₂) er en helbredsskadelig gas, som dannes ved høje temperaturer i forbrændingsmotorer sammen med kvælstofmonoxid (NO), der ligeledes er en gas. I luften reagerer disse hurtigt via en række kemiske reaktioner, som kan omdanne kvælstofmonoxid til kvælstofdioxid og omvendt. Derfor bruger man ofte betegnelsen kvælstofoxider (NO_x) for summen af de to gasser. Når man opgør udledningerne, så er det oftest, at man kun angiver den samlede mængde af udledte kvælstofoxider, hvor man dog i nogle sammenhænge også angiver mængden af udledt kvælstofdioxid. Når det drejer sig om helbredseffekterne, så er det kun kvælstofdioxid, der er vigtig, da kvælstofmonoxid ikke har helbredsskadelig effekt.

Ligesom for fine partikler er der omfattende videnskabelig viden om de helbredsskadelige effekter af kvælstofdioxid (WHO, 2021), hvilket danner grundlag for DCE's beregninger af helbredseffekterne af kvælstofdioxid. På

trods af der i relativt lang tid har været et omfattende vidensgrundlag, så har den seneste opdatering af WHO's retningslinjer i 2021 medført en justering af beregningerne af helbredseffekter. Dette har sammen med lavere koncentrationer af kvælstofdioxid betydet, at de helbredsskadelige effekter af kvælstofdioxid vurderes til at være mindre i dag end de var i 2020 (WHO, 2021, Ellermann et al., 2022, 2024a). EU har vedtaget grænseværdier for kort- og langtidseffekterne af kvælstofdioxid og som for de fine partikler, så forventes disse at blive lavere i forbindelse med vedtagelse af nyt luftkvalitetsdirektiv i efteråret 2024 (EU, 2008, 2024). WHO har vedtaget retningslinjer for korttids- og langtidseksponering for fine kvælstofdioxid (WHO, 2021).

Black Carbon

Black Carbon er en betegnelse, som dækker over en del af de luftbårne partikler. Og som for både ultrafine partikler og fine partikler, så er det en gruppe af partikler med varierende størrelse og kemisk sammensætning, hvoraf en stor del udgøres af sod (som heller ikke er en bestemt kemisk forbindelse). Black Carbon bestemmes ved at måle, hvor meget lys med bestemte bølgelængder, der optages af en udtaget partikelprøve. Med andre ord, hvor sort en partikelprøve er, så derfor handler det meget om farven, og ikke om det kemiske indhold eller størrelsen af partiklerne. Black Carbon er dermed grundlæggende en måling af optagelse af lys, så derfor er der via parallelmålinger mellem Black Carbon og elementært kulstof fastlagt omsætningsfaktorer, så absorptionen af lys kan omregnes til en enhed baseret på massen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Som oftest bestemmes indholdet af Black Carbon for partikler med diameter under $2,5 \mu\text{m}$.

En stor del af Black Carbon består kemisk set af kulstofatomer, hvilket også kaldes elementært kulstof og forkortes EC (på engelsk elemental carbon). I det nationale overvågningsprogram for luftkvalitet måles elementært kulstof, men ikke Black Carbon, hvilket hænger sammen med, at der i EU's luftkvalitetsdirektiv (EU, 2008) er krav om måling af elementært kulstof, men ikke Black Carbon. Elementært kulstof måles kemisk og ikke optisk som Black Carbon.

I forbindelse med WHO's revision af retningslinjerne for luftkvalitet udarbejdede WHO en grundig analyse af de helbredsskadelige effekter af Black Carbon (WHO, 2021). WHO fandt, at der er sikkert videnskabeligt dokumentation for den helbredsskadelige effekt af Black Carbon, men at der ikke var tilstrækkeligt grundlag til, at WHO kunne fastlægge retningslinjer for luftkvaliteten for Black Carbon. I stedet vedtog WHO tre *Good Practice Statements*, som har de mål, at der blive sat gang i overvågningsmålinger, opgørelse af udledninger og lavet tiltag til reduktion af udledningerne af Black Carbon. Der er derfor mange paralleller mellem ultrafine partikler og Black Carbon, hvor det dog kan bemærkes, at WHO i sine *Good Practice Statements* for ultrafine partikler angav en vurdering af, hvornår niveauet af ultrafine partikler kan anses for lave og høje. Tilsvarende blev ikke angivet for Black Carbon.

EU har ikke fastlagt grænseværdier for Black Carbon og forslaget til nyt luftkvalitetsdirektiv indeholder ikke grænseværdier eller anden form for målsætninger for Black Carbon (EU, 2008, 2024).

Når Black Carbon og PM_{10} ikke indgår i måleprogrammet, så skyldes det en nødvendig prioritering af omfanget af målinger set i forhold til den økonomi-

ske ramme. At det netop er Black Carbon og PM₁₀, som udelades fra måleprogrammet, er baseret på en prioritering foretaget af DCE ud fra DCE's faglige ekspertise om luftkvalitet, kilder og helbredseffekter. Specifikt for Black Carbon, så har DCE udarbejdet et notat med begrundelse for, at Black Carbon ikke indgår i kortlægningen for Tårnby Kommune (Ellermann, 2024).

Det er DCE's faglige vurdering, at kombinationen af målinger og modelberegninger sikrer en velbalanceret kortlægning for Tårnby Kommune, idet modelberegningerne er med til at sikre at kortlægningen også giver viden om Black Carbon og PM₁₀.

2.4 Hvilke gevinster er der ved projektet set i forhold til Miljøministeriets kortlægning af ultrafine partikler i området omkring lufthavnen?

Parallelt med DCE's kortlægningsprojekt for Tårnby Kommune, så har DCE også gennemført et projekt for Miljøministeriet, hvor der blev lavet en kortlægning af antallet af ultrafine partikler i området omkring lufthavnen. Undersøgelsen for Tårnby Kommune adskiller sig på en række punkter fra opgaven for Miljøministeriet, og der er flere gevinster ved opgaven for Tårnby kommune. Det drejer sig om følgende:

- Opgaven for Tårnby Kommune har til formål at kortlægge partikelforureningen for de vigtigste helbredsskadelige luftforureningskomponenter og har fokus mere bredt på kommunen, mens Miljøministeriets opgave har hovedfokus på de ultrafine partikler og alene udledningerne fra lufthavnen.
- Opgaven for Tårnby Kommune har fokus på følsom arealanvendelse, hvilket giver detaljerede informationer om luftkvalitetsniveauer ved udvalgte skoler, vuggestuer, børnehaver og lignende.
- Opgaven for Miljøministeriet bestod af relativt få målinger, som er brugt til estimering af årsmiddelværdier. Tårnby Kommunes målinger blev udført igennem et helt år, hvilket giver langt mere robust viden om luftkvalitetsniveauerne ved de udvalgte skoler, vuggestuer, børnehaver med mere.
- Målingerne for Tårnby Kommune kan i langt højere grad anvendes til at vurdere niveauet af ultrafine partikler ved følsomme arealanvendelser. Til eksempel har målingerne dokumenteret, at timemiddelværdierne ved vuggestue ved Kastrup Kirke i omkring 50% af tiden ligger over 20.000 partikler per cm³, når vinden kommer fra lufthavnen. De 20.000 partikler per cm³ er en grænse sat af WHO, hvorover antallet af ultrafine partikler kan anses for høje. Denne type information kunne man ikke opnå med målingerne udført for Miljøministeriet.
- Opgaven for Tårnby Kommune inkluderer modelberegninger, som er med til give bedre informationer om kilderne til luftforureningen i Tårnby Kommune.
- Modelberegningerne inkluderer beregninger af helbredseffekterne og de samfundsøkonomiske omkostninger.
- Modelberegningerne inkluderer Black Carbon, hvilket giver informationer om kilder, niveauer og geografiske variationer i Tårnby Kommune.
- De detaljerede modelberegninger for udledningerne fra selve lufthavnen giver forståelse af sammenhæng mellem udledningerne, spredningen og

niveauerne for luftforureningskomponenterne med stor rumlig detalje-grad.

Der er altså en lang række fordele ved Tårnby Kommunes projekt set i forhold til Miljøministeriets projekt, men frem for alt, så er det DCE's vurdering, at de to undersøgelser supplerer hinanden, og at der via de to projekter er blevet etableret meget mere information om luftkvaliteten i Tårnby Kommune, end der hidtil har været, og at de to måleprogrammer samlet set giver en meget mere robust viden om partikelforureningen i Tårnby Kommune end hver af projekterne kunne give enkeltvis.

Set fra DCE's side, så har Tårnby Kommunes projekt også den gevinst, at opgørelsen over udledningerne og de detaljerede modelberegninger for lufthavnen kan anvendes som springbræt for at gennemføre vurderinger af lufthavnens fremtidige luftforureningsbelastning af Tårnby Kommune.

3 Resultaterne fra projektet

3.1 Hvordan er luftkvaliteten i Tårnby Kommune?

Ved at sammenligne de målte og modelberegnedes niveauer med resultaterne fra de nationale målestationer i København, Hvidovre og ved Risø nord for Roskilde kan man få en vurdering af luftkvaliteten i Tårnby Kommune set i forhold til luftkvaliteten i Københavnsområdet. Sammenligningen giver også vurdering af luftkvaliteten set i forhold til resten af Danmark, da vi ud fra resultaterne fra det nationale overvågningsprogram for luftkvalitet ved, at luftforureningen i København er lidt højere end i for eksempel Aarhus og Aalborg (Ellermann et al., 2024a). De fem målestationer, som vi sammenligner med, kan karakteriseres på følgende måde:

- **Gademålestationerne på H.C. Andersens Boulevard og Jagtvej.** Målestationer placeret ved stærkt trafikerede gader, som repræsenterer den højeste forventede eksponering, som befolkningen udsættes for i de danske byer. Navnlig niveauet på H.C. Andersens Boulevard er blandt de højeste i Danmark, mens Jagtvej repræsenterer en mere gennemsnitlig gademålestation.
- **Bybaggrundsmålestationen på H.C. Ørsted Institutet:** Målestation placeret i område, der ikke direkte er påvirket af udledninger fra større lokale kilder som for eksempel en stærkt trafikeret vej. Målestationen er placeret højt på et tag. Denne type målestation giver information om den generelle befolknings eksponering for luftforurening i byområder.
- **Forstadsmålestationen i Hvidovre:** Målestation i placeret i forstad i typiske parcelhusområde. Denne type målestation giver information om den typiske eksponering for luftforurening i boligområder i forstæderne, hvor der i et vist omfang anvendes fast brændsel til boligopvarmning herunder brændeovne.
- **Landbaggrundsmålestationen ved Risø nord for Roskilde:** Målestation placeret udenfor byer og i områder uden større lokale kilder som for eksempel større husdyrproduktion eller industri. Denne type målestation giver information om den generelle befolknings eksponering for luftforurening i landområder.

Ultrafine partikler

Antallet af ultrafine partikler lå som middel for måleperioden fra den 1. maj 2023 til 30. april 2024 på mellem 8.600 og 12.400 partikler per cm^3 med højeste antal ved Børnehuset Gammel Kirkevej og laveste antal ved Skelgårdsskolen, som ligger længere fra de centrale dele af forpladsen i lufthavnen end de øvrige målesteder. Ved Børnehuset Gammel Kirkevej, Kastrup Kirke og Gemmas Allé lå niveauet lidt over det, der måles ved gademålestationen på H.C. Andersens Boulevard, som anses for at være en af de mest forurenende gader i Danmark (Tabel 3.1). Ved Skelgårdsskolen ligger niveauet lidt under niveauet på gademålestationen på H.C. Andersens Boulevard og over niveauet ved bybaggrundsmålestationen ved H.C. Ørsted Institutet i København. Niveauet i Tårnby Kommune er dermed højt sammenlignet med selv niveauet på en af de mest trafikerede gader i Danmark.

Tabel 3.1. Middelværdier for ultrafine partikler, fine partikler, kvælstofdioxid og Black Carbon ved fire målesteder i Tårnby Kommune, fire nationale målestationer i Københavnsområdet (Ellermann et al., 2024c) og Københavns Kommunes målestation på Backersvej (Force Technology, 2024; Kristensen, 2024). Data fra de nationale målestationer og Backersvej er årsmiddelværdier for 2023. Tal med fed blå skrift er årsmiddelværdier for 2023 beregnet med DCE's detaljerede luftkvalitetsmodel (Delrapport 3). De resterende tal dækker middelværdier for måleperioden fra 1. maj 2023 til 30. april 2024 (Delrapport 1). Ved de nationale målestationer måles elementært kulstof og ikke Black Carbon. Forskel i måleperiode kan give en mindre forskel på middelværdierne grundet de naturlige variationer i de meteorologiske forhold. Denne forskel er vurderet til mindre end 10%.

Målesteder	Ultrafine partikler Antal per cm ³	Fine partikler µg/m ³	Kvælstofdioxid µg/m ³	Black Carbon µg/m ³
Referencemålestationen Gemmas Allé	11.000	6,3	9,1	0,17
Børnehuset Gammel Kirkevej	12.400	7,2	11	0,17
Kastrup Kirke	11.100	7,3	8,7	0,18
Skelgårdsskolen	8.600	7,3	7,2	0,16
<i>De nationale målestationer</i>				
Gademålestation, H.C. Andersens Boulevard	9.000	8,7	22	0,52*
Bybaggrundmålestation, H.C. Ørsted Institutet	3.600	6,8	7,8	0,23*
Forstadsmålestation, Hvidovre	4.800	6,7	8,0	0,34*
Landbaggrundmålestation, Risø	2.800	6,4	4,7	0,18*
<i>Københavns Kommunes målestation</i>				
Gademålestation Backersvej målt	6.200	6**	9,9	0,44

*Elementært kulstof

**Angives kun med en decimal i kilden

Fine partikler og PM₁₀

Middelværdierne for fine partikler ved referencemålestationen på Gemmas Allé er målt til 6,3 µg/m³. og modelberegningerne for de tre andre målesteder ligger på omkring 7,3 µg/m³ (Tabel 3.1). Dette svarer i store træk til det niveau, der måles ved de nationale målestationer i bybaggrund i København (6,8 µg/m³), forstadsområde i Hvidovre (6,7 µg/m³) og i landbaggrund ved Risø nord for Roskilde (6,4 µg/m³). Når alle disse målestationer ligger på samme niveau, så hænger det sammen med, at de fine partikler kan transporteres langt med luften, og der er dermed et stort bidrag fra udlandet og det øvrige Danmark.

Middelværdien ved referencemålestationen ligger omkring 40 % lavere end ved gademålestationen på H.C. Andersens Boulevard (8,7 µg/m³), hvilket hænger sammen med, at udledningerne fra vejtrafikken er høj på H.C. Andersens Boulevard, hvor den daglige trafikintensitet ligger på over 50.000 køretøjer dagligt.

Da en stor del af PM₁₀ udgøres af fine partikler og da de lokale kilder til PM₁₀ er små, så vil der kunne ses et tilsvarende billede for PM₁₀ som for de fine partikler. Niveaueet for fine partikler og PM₁₀ i Tårnby Kommune ligger derfor i den lave ende sammenlignet med målestationerne i Københavnsområdet og matcher med det generelle niveau i bybaggrund i København.

Kvælstofdioxid

Middelværdierne af kvælstofdioxid ved de 16 målesteder ligger alle i intervallet fra 6,5 µg/m³ til 11 µg/m³ med hovedvægten liggende i den øvre ende af dette interval. Kun ved to målesteder måles under 8,4 µg/m³, og det er i

den sydlige del af kommunen relativt tæt ved Kalvebod Fælled. Niveauet for kvælstofdioxid ligger lidt over det, der måles ved de nationale målestationer i bybaggrund i København ($7,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) og forstadsområde i Hvidovre ($8,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (Tabel 3.1).

Nogle af de 16 målesteder i Tårnby er placeret ved relativt befærdede veje (for eksempel Englandsvej, Tårnbyvej og Amagermotorvejen). Tre målesteder er for eksempel placeret lige nord for Amagermotorvejen. På trods af dette ligger middelværdierne tydeligt under årsmiddelværdierne målt på gademålestationer på Jagtvej ($16 \mu\text{g}/\text{m}^3$) og H.C. Andersens Boulevard ($22 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Dette kan bedst forklares ved, at bebyggelsen i Tårnby Kommune generelt set er væsentligt mere åben end ved de Københavnske gader, hvor byggeriet langs vejene oftest er højere og med langt mere "lukkede" facader. Den mere åbne bebyggelse giver større spredning af udledningerne fra vejtrafikken og dermed lavere koncentrationer.

Niveauet i Tårnby Kommune ligger derfor relativt lavt sammenlignet med niveauet i Københavnsområdet, og navnlig når der sammenlignes med de stærkest trafikerede gadestrækninger i København.

Black Carbon

Tabel 3.1 viser de modelberegnete middelværdier for Black Carbon ved Gemmas Allé, Børnehuset Gammel Kirkevej, Kastrup Kirke og Skelgårdsskolen, som alle ligger omkring $0,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sammenligning mellem de målte og modelberegnete middelværdier for Black Carbon ved Københavns Kommunes målestation indikerer, at de modelberegnete middelværdier for Black Carbon i området omkring lufthavnen formentligt er undervurderede med omkring en faktor to (Delrapport 3) svarende til, at niveauet reelt set formentligt ligger på omkring $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabel 3.1 angiver også måleresultater for de nationale målestationer, men disse middelværdier angiver elementært kulstof og ikke Black Carbon. Måleresultater for Black Carbon kan være op til dobbelt så høje som måleresultater for elementært kulstof ved den samme målestation, så derfor kan middelværdierne for Black Carbon og elementært kulstof i Tabel 3.1 ikke direkte sammenlignes. Oftest er forskellen dog mindre, men middelværdierne for Black Carbon er altid højere end middelværdierne for elementært kulstof.

Der er derfor en del usikkerheder forbundet med sammenligning af niveauet for Black Carbon i området omkring lufthavnen med niveauet ved de nationale målestationer. Det vurderes dog ret sandsynligt, at niveauet for Black Carbon ligger under niveauet ved gademålestationen på H.C. Andersens Boulevard og nok snarere minder om niveauet ved målestationen i forstad i Hvidovre. Der bør foretages målinger af Black Carbon ved de nationale målestationer for at underbygge denne vurdering.

3.2 Hvordan varierer luftforureningen i Tårnby Kommune?

Tårnby Kommune dækker fra Kalvebod Fælled i vest til Saltholm og Peberholm i Øst og med stort set al bebyggelse samlet i den midterste og østlige del af kommunen, hvor også lufthavnen ligger. Luftforureningen er derfor størst i denne del af Tårnby Kommune og derfor har beskrivelsen af variationerne i luftforureningen først og fremmest fokus på den bebyggede del af kommunen.

Ultrafine partikler

Figur 3.1 angiver målestederne og antallet af ultrafine partikler målt ved målestederne i Tårnby Kommune samt øvrige målinger i området angivet som årsmiddelværdier for 2023. Variationerne i koncentrationerne af ultrafine partikler i Tårnby Kommune viser tydeligt, at lufthavnens aktiviteter udgør langt den største kilde til ultrafine partikler i Tårnby Kommune, og det præger den geografiske variation for antallet af ultrafine partikler i kommunen.

Den geografiske variation kan karakteriseres på følgende vis:

- Centralt på forpladsen i Københavns Lufthavn ses et meget højt antal af ultrafine partikler. Ved Gate B4 (målestation Lufthavn-B4) måles omkring 30.000 partikler per cm^3 , men det kan ikke udelukkes, at antallet er højere andre steder på forpladsen.
- I kort afstand fra lufthavnens område måles antallet af ultrafine partikler til mellem 15.000 og 19.000 partikler per cm^3 .
- I omkring én kilometers afstand fra den centrale del af forpladsen måles 11.000-12.000 partikler per cm^3 .
- Efterhånden som afstanden til den centrale del af lufthavnsområdet øges, så falder antallet af partikler. I to til tre kilometers afstand måles 6.000-9.000 partikler per cm^3 .

Øvrige kilder i området, som for eksempel Amagermotorvejen, spiller også en rolle, men de andre kilder har ikke nær så stor indflydelse som udledningerne fra lufthavnen, og derfor giver de øvrige kilder kun anledning til mindre geografiske variationer for de ultrafine partikler.



Figur 3.1. Den geografiske fordeling af middelværdier for antallet af ultrafine partikler ved de fire målesteder i Tårnby Kommune (Kastrup Kirke, Børnehuset Gammel Kirkevej, Gemmas Allé, Skelgårdsskolen), årsmiddelværdier for 2023 for Lufthavnens to målestationer (Schøn, 2024) og Københavns Kommunes målestation på Backersvej (Kristensen, 2024) og estimerede årsmiddelværdier for udvalgte målesteder (holdepunkter) anvendt i DCE's kortlægning af ultrafine partikler med målebilen for Miljøministeriet (Ellermann et al., 2024b). Enhed er antal partikler per cm^3 .

Fine partikler og PM_{10}

Den geografiske variation i middelkoncentrationerne af fine partikler er meget lille, fordi langt størstedelen af de fine partikler stammer fra langtransport af luftforurening. Modelberegningerne viser, at årsmiddelværdierne for de fine partikler varierer mindre end 5 % i Tårnby Kommune, når man ser bort fra selve lufthavnsområdet. Sammenligning mellem målingerne af fine partikler ved referencemålestationen på Gemma Allé med måleresultater fra de nationale målestationer viser også, at der er meget lille geografisk variation i de fine partikler. Niveaudet for fine partikler i Tårnby Kommune svarer derfor

til niveauet målt ved referencemålestationen på Gemmas Allé (omkring 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

For PM_{10} vurderes tilsvarende, at der er lille geografisk variation i Tårnby Kommune. Da der er større bidrag til PM_{10} fra lokale kilder (primært vej-, dæk- og bremseslid fra transportsektoren), så vil der dog ved blandt andet de stærkt trafikerede vejstrækninger være lidt større forskel til de øvrige dele af kommunen end set for de fine partikler.

Kvælstofdioxid

Middelkoncentrationerne for kvælstofdioxid varierer mellem 6,5 og 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i Tårnby Kommune bortset fra lufthavnsområdet.

De højeste middelkoncentrationer ses ved de mest trafikerede veje som for eksempel Englandsvej, Tårnbyvej og Amagermotorvejen. Det ekstra bidrag til kvælstofdioxid fra vejtrafikken er langt mindre end, hvad der ses for de mest trafikerede gader i København. Dette hænger sammen med, at Tårnby Kommune er relativt åben og spredningen af udledningerne fra vejtrafik derfor er relativt stor.

De højeste niveauer ses i den nordlige del af kommunen, hvilket hænger sammen med, at bebyggelsen og trafikintensiteten er større i denne del af kommunen sammenlignet med den sydlige del af kommunen. Det spiller også ind, at den nordlige del af kommunen ligger tættere på København.

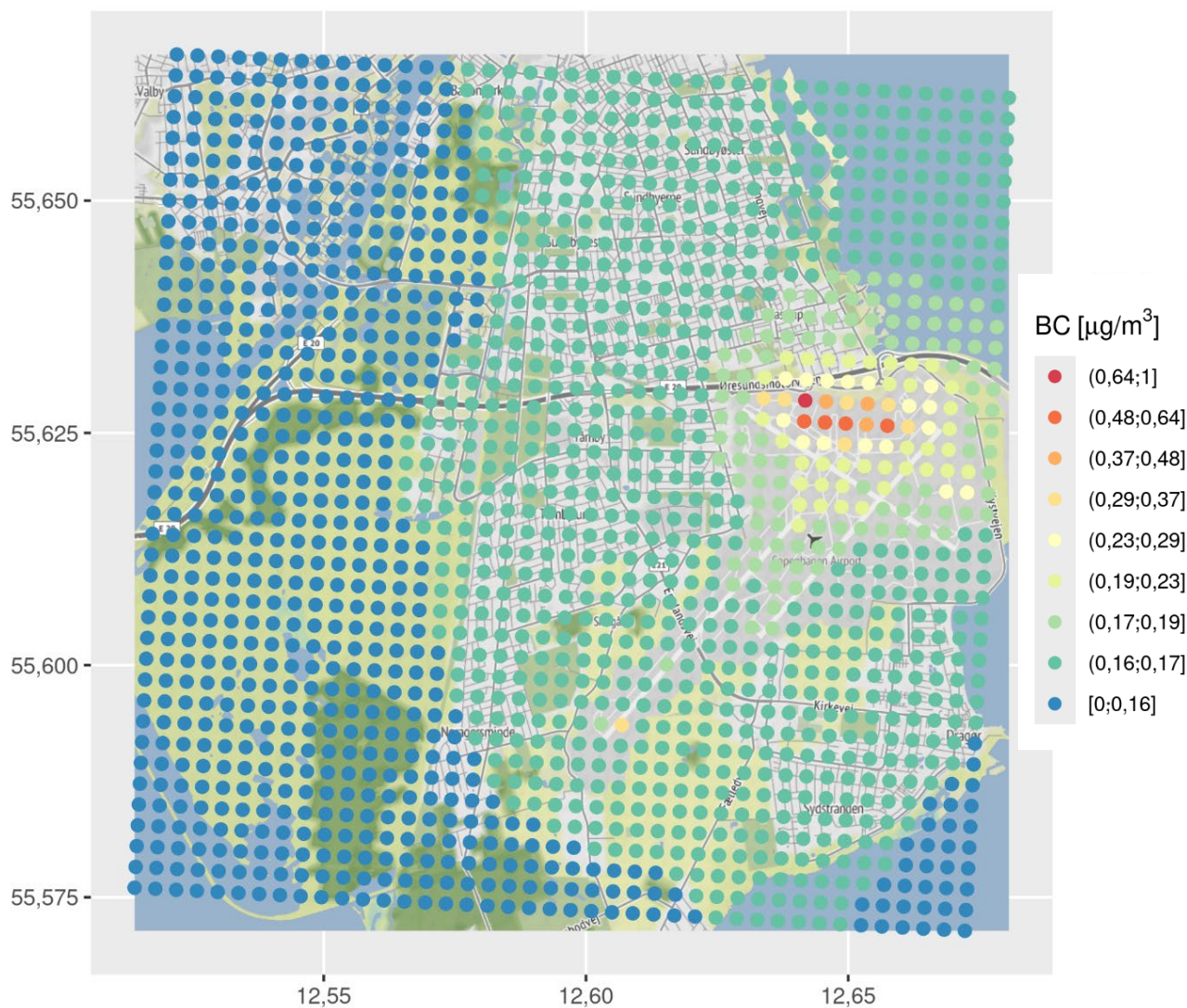
Black Carbon

Figur 3.2 viser den geografiske variation for Black Carbon bestemt ved anvendelse af DCE's modelberegninger med høj geografisk opløsning, som inkluderer de detaljerede modelberegninger for lufthavnen (se Delrapport 3 for yderligere detaljer om disse modelberegninger). De angivne værdier vist i figuren er efter alt at dømmes noget undervurderet (se Afsnit 3.1), men selve den geografiske fordeling af Black Carbon vurderes at være godt beskrevet af modellen for området uden for lufthavnen.

Figur 3.2 viser, at for størstedelen af kommunen, så er der meget lidt geografisk variation i Black Carbon (mindre end 15 % forskel), hvilket hænger sammen med, at Black Carbon ligesom de fine partikler kan transporteres over store afstande med luften, og at der i disse dele af kommunen kun er et lille bidrag til Black Carbon fra de lokale kilder.

Lige nord for lufthavnen ligger Black Carbon op til 40-50 % højere end, hvad der ses vest for lufthavnen. Disse forhøjede koncentrationer aftager relativt hurtigt og i den nordligste del af kommunen er niveauerne faldet til samme niveau som vest for lufthavnen. De forhøjede niveauer lige nord for lufthavnen skyldes primært bidrag fra lufthavnens udledninger.

BC-koncentration, alle kilder



Figur 3.2. Modelberegninger af den geografiske variation for Black Carbon i 2023 beregnet med den detaljerede model for udledningerne fra lufthavnen (Delrapport 3). Hver farvet cirkel repræsenterer gitterceller på 250 m x 250 m. Firkantet parentes til højre i farveindekset angiver at værdien er inkluderet i intervallet (mindre end eller lig med) og rund parentes til venstre i farveindekset angiver, at værdien ikke er inkluderet i intervallet (større end).

3.3 Hvad er de vigtigste kilder til luftforureningen?

Der er mange forskellige kilder til de ultrafine partikler, fine partikler, PM_{10} , Black Carbon og kvælstofdioxid. Kildesammensætningen varierer mellem de forskellige luftforureningskomponenter, men selv om der er stor variation mellem kilderne, så er der også det til fælles, at udledninger fra forbrændingsprocesser spiller en stor rolle for dem alle. For kvælstofdioxid står forbrændingsprocesser for stort set alle udledningerne, mens der for de forskellige partikelkomponenter er en lang række andre kilder. Dette drejer sig om udledninger af gasser fra for eksempel landbrug (ammoniak) og industri (opløsningsmidler), der via de kemiske og fysiske processer i luften kan omdannes til partikelform og om udledninger af for eksempel støv, vej-, dæk- og bremsebid. Endeligt bidrager naturlige kilder også væsentligt til partikelforureningen.

Udover at komme fra mange forskellige slags kilder, så kan luftforureningskomponenterne også komme fra meget stor afstand. For de fine partikler er kilderne ofte mere end 1.000 kilometer væk, mens kvælstofdioxid og ultrafine partikler hovedsageligt kommer fra kilder tættere på.

Ved beregningerne af kilderne til luftforureningskomponenterne i Tårnby Kommune har vi fokuseret på de lokale kilder indenfor kommunens grænser. For den del af luftforureningskomponenterne, som kommer fra kilder udenfor Tårnby Kommune, har vi lavet en opdeling i kilder fra nabokommuner (indenfor 25 km), international skibsfart (inden for 25 km) samt det øvrige Danmark plus udlandet. De naturlige bidrag er lagt ind under Danmark og udlandet, da de naturlige bidrag også er langtransporteret luftforurening.

Beregningerne af kilderne er udført for fine partikler, PM₁₀ og kvælstofdioxid. Disse beregninger angiver den gennemsnitlige kildeandel for Tårnby Kommune. Der er også lavet en mere detaljeret vurdering af kildeandel fra lufthavnen, hvilket præsenteres i Afsnit 3.4.

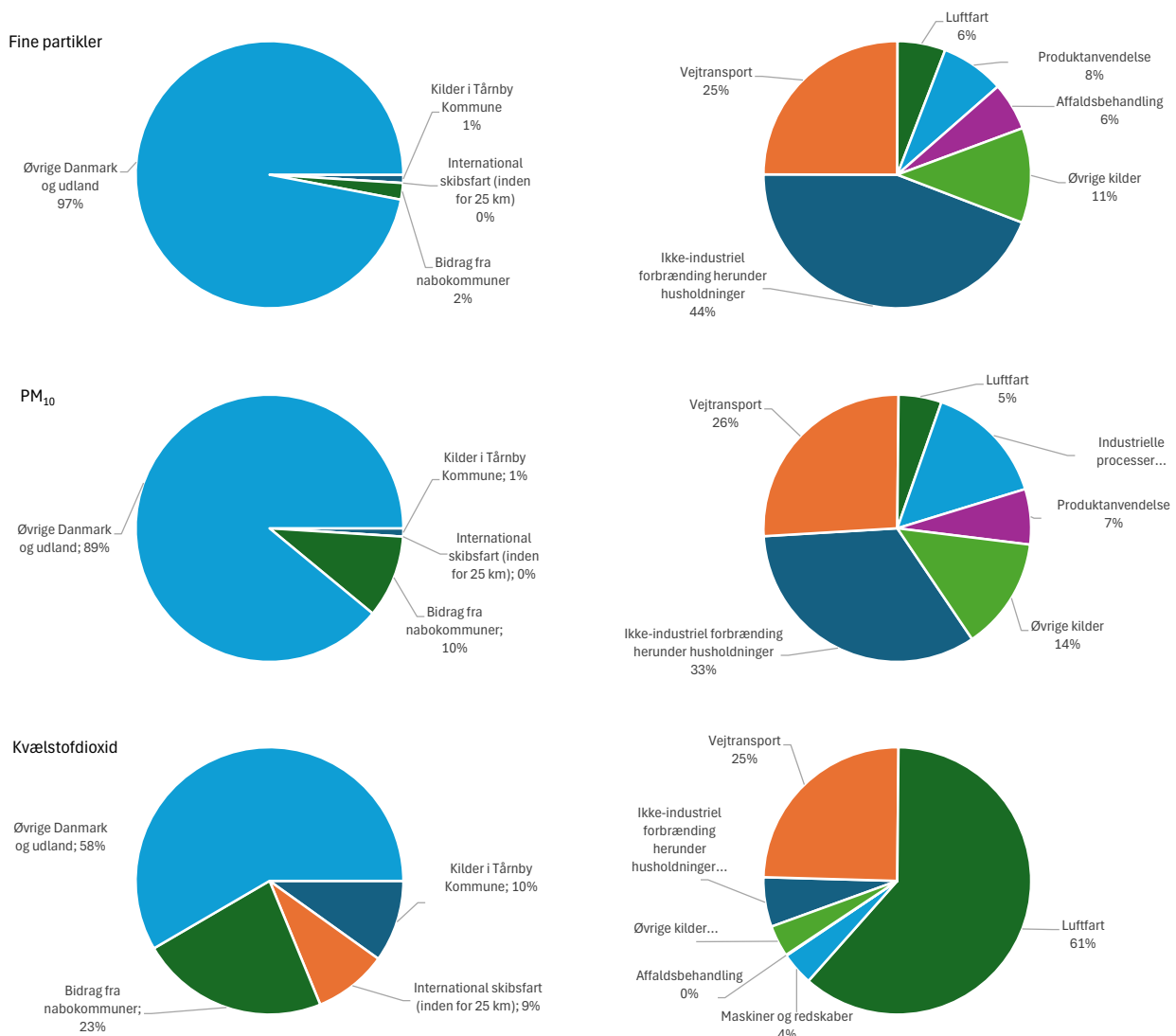
Figur 3.3 viser lagkagediagrammer med den procentvise fordeling af kilderne til den gennemsnitlige luftforurening i Tårnby Kommune. De angivne tal gælder for bybaggrunden i Tårnby Kommune, så der vil være lokaliteter langs veje eller tæt ved for eksempel lufthavnen, hvor udledningerne fra disse kilder vil veje tungere.

De tre venstre lagkagediagrammer angiver, hvor stor en del af luftkoncentrationerne, som stammer fra kilder i Tårnby, international skibsfart (indenfor 25 km), nabokommuner (indenfor 25 km) og det øvrige Danmark plus udlandet. Bidraget fra kilderne i Tårnby Kommune ligger kun på 1 % for de fine partikler og PM₁₀, hvilket hænger sammen med, at disse partikler kan transporteres meget langt med luften, og at der alt andet lige er mange flere kilder udenfor end i Tårnby Kommune. Den lidt større andel fra Tårnby Kommune for kvælstofdioxid hænger sammen med, at kvælstofdioxid ikke kan transporteres lige så langt via luften, så derfor har de lokale udledninger større betydning.

De tre højre lagkagediagrammer angiver den procentvise fordeling af kilderne i Tårnby Kommune. Det er kun de fem største kilder, som angives separat, mens resten er samlet under øvrige kilder. Da kilderne varierer mellem de tre luftforureningskomponenter, vises forskellige kilder i de tre lagkagediagrammer. Det er vigtigt at holde sig for øje, at de viste procenter angiver andelen fra kilderne i kommune, mens den procentvise andel for den samlede luftforurening er meget mindre i og med, at det for eksempel for de fine partikler kun er én procent, som kommer fra kilderne i kommunen.

For fine partikler og PM₁₀ er det udledningerne fra ikke-industriel forbrænding, som er den vigtigste kilde (henholdsvis 44 og 33%). Det er primært fra boligopvarmning med fast brændsel, hvilket for den største del stammer fra brug af brændeovne. Udledninger fra vejtransport udgør omkring en fjerdedel, mens udledningerne fra lufthavnen kun udgør 6 %.

For kvælstofdioxid er billedet anderledes. Her er det udledningerne fra lufthavnen, som udgør langt den største kilde i Tårnby Kommune (61 %). Vejtrafikken er igen den næststørste kilde og udgør også her omkring en fjerdedel.



Figur 3.3. Lagkagediagrammer for den procentvise fordeling af kilderne til den gennemsnitlige luftforurening i Tårnby Kommune for fine partikler (øverst), PM₁₀ (midten) og kvælstofdioxid (nederst) (Delrapport 2). De angivne tal gælder for bybaggrunden i Tårnby Kommune. De tre venstre lagkagediagrammer angiver, hvor stor en del af luftkoncentrationerne, som stammer fra kilder i Tårnby, international skibsfart (indenfor 25 km), nabokommuner (indenfor 25 km) og det øvrige Danmark plus udlandet. De tre højre lagkagediagrammer angiver den procentvise fordeling af kilderne i Tårnby Kommune. Det er kun de fem største kilder, som angives separat, mens resten er samlet under øvrige kilder

3.4 Hvad er kilderne til lufthavnens udledninger af luftforurening?

Da lufthavnen er den største kilde til luftforurening i Tårnby Kommune, så er der i kortlægningsprojektet for Tårnby Kommune udarbejdet en geografisk meget detaljeret opgørelse over udledningerne fra lufthavnens aktiviteter, gennemført detaljerede modelberegninger med høj geografisk opløsning (se Afsnit 3.2 og Figur 3.2) og beregnet estimer for lufthavnens andel af den samlede luftforurening for de undersøgte luftforureningskomponenter.

Opgørelse af udledninger fra lufthavnen

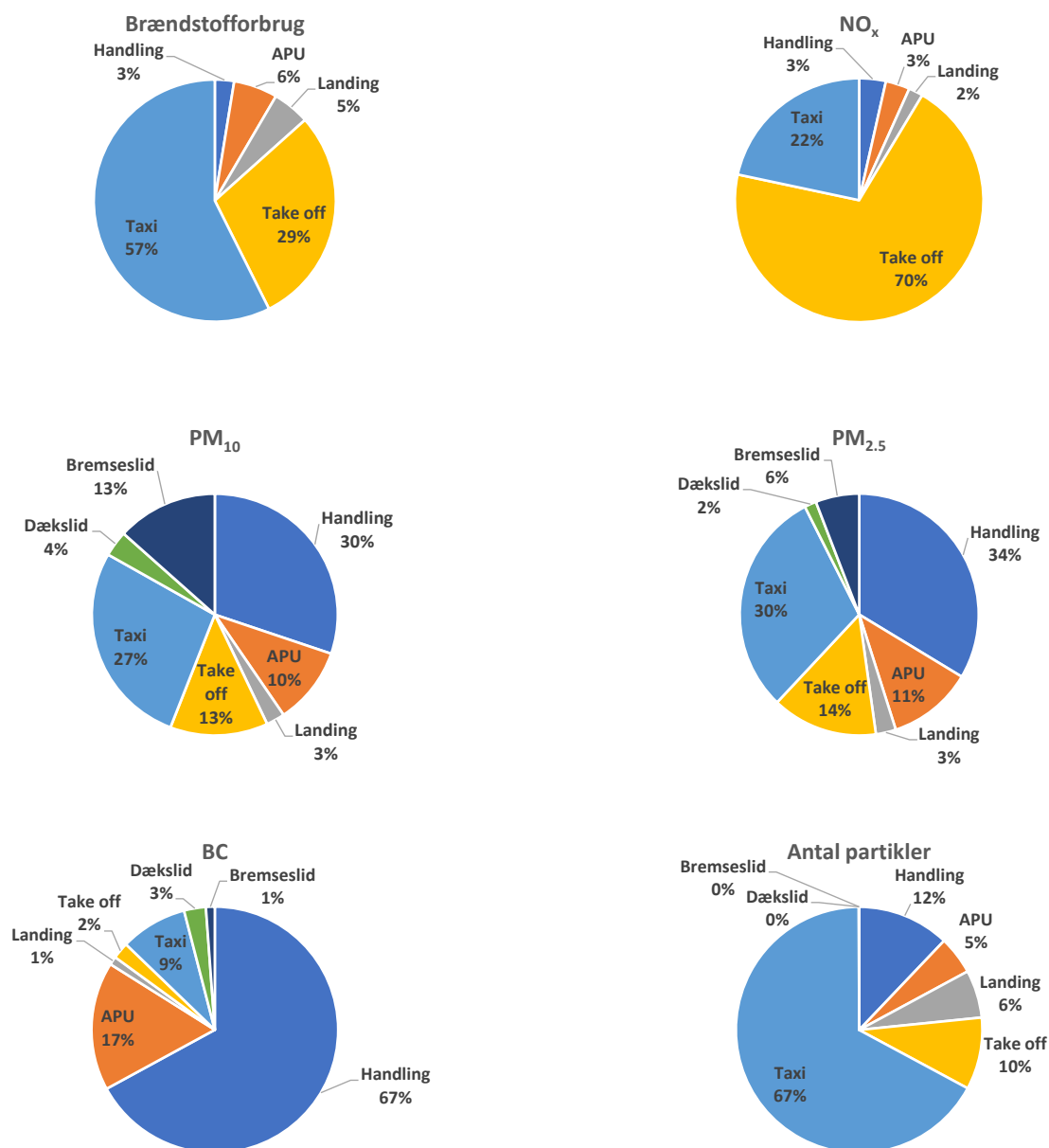
Opgørelsen over udledningerne er udarbejdet ved at samle detaljerede informationer om brændstofforbrug for de forskellige aktiviteter på lufthavnen og populært sagt gange disse med internationalt fastlagte udledningsfaktorer for de forskellige luftforureningskomponenter. Disse udledningsfaktorer beskriver udledningerne per kg forbrugt brændstof med en detaljegrad, der tager

hensyn til de forskellige flymotorer, typer af handlingsgrej med mere. Oveni de brændstofrelaterede udledninger har vi også lavet beregninger af udledningerne af partikler fra dæk- og bremseslid.

Denne opgørelse giver lidt anderledes resultater end resultaterne fra de nationale opgørelser (se Afsnit 3.3), hvilket hænger sammen med, at der er indhentet mange flere informationer om aktiviteterne fra lufthavnen, og at der nok så væsentligt anvendes en forbedret geografisk opløsning (5 m x 5 m), og at der fokuseres på udledninger i lav højde (op til en højde på omkring 100 m). Den nationale opgørelse, som dækker hele Danmark, har en geografisk opløsning på 1 km x 1 km og inkluderer udledninger op til omkring 1.000 m.

Ved at lægge alle de forskellige bidrag sammen, har vi beregnet de samlede udledninger fra lufthavnen fordelt på luftforureningskomponent og opdelt i, hvor stor en andel som kommer fra handling, taxifart for flyene, anvendelse af flyenes hjælpemotor (APU), landinger og starter (Take-off). Figur 3.4 viser dels brændstofforbrug og dels de procentvise andele af udledningerne, som kommer fra de forskellige aktiviteter. Der er stor forskel mellem luftforureningskomponenterne set i forhold, hvilke aktiviteter der giver anledning til udledningerne:

- Udledningerne af kvælstofoxider fører til dannelse af kvælstofdioxid. Langt hovedparten af udledningerne (70 %) kommer fra Take-off.
- Hovedparten af de fine partikler (64 %) og PM₁₀ (57 %) kommer fra handling og taxifart.
- For Black Carbon kommer langt hovedparten fra handling (67 %)
- Antal af ultrafine partikler kommer hovedsageligt fra Taxifart (67 %).



Figur 3.4. Procentfordeling af totale udledninger og brændstofforbrug i lufthavnen for hovedmotorer (taxifart, landing, Take-off), APU, handlingsgrej samt ikke-udstødningsrelaterede partikelemmissioner for flyenes dæk- og bremseslid for et gennemsnitligt døgn i undersøgelsen (Delrapport 3).

Disse forskelle på udledningerne giver viden om, hvor de højeste luftkoncentrationer vil være lokaliseret, fordi de forskellige aktiviteter hovedsageligt er fordelt på de forskellige dele af forpladsen i lufthavnen. De højeste koncentrationer af kvælstofdioxid vil være lokaliseret, der hvor hovedparten af Take-off finder sted, mens Black Carbon vil have de højeste koncentrationer i den nordlige del af forpladsen, hvor hovedparten af handlingsaktiviteterne finder sted. Det højeste antal af ultrafine partikler vil være på den mere centrale del af forpladsen, hvor hovedparten af taxifarten finder sted. De fine partikler og PM₁₀ vil være lidt mere jævnt fordelt på den centrale og nordlige del af forpladsen.

For antallet af ultrafine partikler og Black Carbon, så viser opgørelsen af udledningerne den interessante forskel, at langt hovedparten af de ultrafine partikler kommer fra flymotorerne, mens langt hovedparten af Black Carbon kommer fra handlingsgrejet.

Opgørelsen af udledningerne og de detaljerede informationer om, hvor udledningerne finder sted, vil være nyttig viden i forbindelse med vurdering af konsekvenser af tiltag til reduktion af udledningerne og konsekvenserne af udviklingen af lufthavnen.

Andelen af luftkoncentrationerne fra lufthavnen

På basis af målingerne og de detaljerede modelberegninger for lufthavnen, så kan vi beregne estimater for, hvor stor en andel af luftforureningen, som kommer fra lufthavnen og hvor stor en andel, som kommer fra øvrige kilder i Tårnby Kommune, inklusiv de bidrag som stammer fra nabokommuner, langtransport med mere.

Tabel 3.2 giver en oversigt over estimater for den procentvise andel fra lufthavnen ved Gemmas Allé, Børnehuset Gammel Kirkevej, Kastrup Kirke og Skelgårdsskolen sammen med tilsvarende resultater fra DCE's kortlægning med målevognen (Ellermann et al., 2024b) og for lufthavnens målestation ved GateB4 (beregnet ud fra data fra Schön, 2024).

For kvælstofdioxid angiver tabellen både resultater fra målinger og modelberegninger. For nogle af lokaliteterne er der god overensstemmelse, mens der for andre målesteder er større forskel. Når vi bringer begge sæt resultater, så er det for at illustrere den usikkerhed der er på metoderne, hvilket også er baggrunden for, at vi omtaler resultaterne som estimater.

Langt den største andel fra lufthavnen ses for de ultrafine partikler, hvor andelen ved Gemmas Allé, Børnehuset Gammel Kirkevej, Kastrup Kirke og Skelgårdsskolen ligger mellem 29 og 44 %. Der ses et relativt stort fald i andelen fra lufthavnen fra omkring 56-74 % tæt ved skellet til lufthavnen til omkring 17-24 % i en afstand på omkring 3 km fra lufthavnen. Det store bidrag fra lufthavnens udledninger ses også ved lufthavnens målestation ved Gate B4, hvor omkring 82 % estimeres at stamme fra lufthavnens egne udledninger.

For kvælstofdioxid ses en noget mindre andel fra lufthavnen. For Gemmas Allé, Børnehuset Gammel Kirkevej, Kastrup Kirke og Skelgårdsskolen ses en andel i størrelsesordenen 10 % (baseret på både målinger og modelberegninger). Her er andelen ved lufthavnens målestation ved Gate B4 (omkring 40 % baseret på både målinger og modelberegninger) også væsentligt mindre end for de ultrafine partikler.

For Black Carbon ses en relativt lille andel fra lufthavnen. Ved Gemmas Allé, Børnehuset Gammel Kirkevej, Kastrup Kirke og Skelgårdsskolen ligger bidraget mellem 2 og 10 % og tæt ved det vestlige skel til lufthavnen ligger andelen fra lufthavnen på omkring 8 %. Kun ved lufthavnens målestation ved Gate B4 og omkring 100 m fra det nordlige skel ses et høje bidrag for Black Carbon. Dette kan forklares ved, at handlingsaktiviteterne finder sted på den nordlige del af forpladsen, og at der er handlingsaktiviteterne, som giver anledning til hovedparten af udledningerne af Black Carbon. Udledningerne fra Amagermotorvejen spiller giver dog også et mindre bidrag.

For de fine partikler er andelen fra lufthavnen meget lille (under 2 %). Højeste andel fra lufthavnen estimeres for Lufthavnens målestation ved Gate B4, hvor andelen dog kun ligger på omkring 13 %.

Tabel 3.2. Den procentvise andel af antallet af ultrafine partikler og koncentrationerne for kvælstofdioxid, Black carbon og fine partikler som stammer fra udledninger fra lufthavnen. Data fra målingerne er estimeret ved metoden beskrevet i Delrapport 1. Data fra modelberegningerne er beskrevet yderligere i Delrapport 3. Måledata fra DCE's kortlægning med målevogn er fra Ellermann et al. (2024b). Måledata for lufthavnens målestation ved Gate B4 er fra Schön (2024).

	Ultrafine partikler		Kvælstofdioxid		Black Carbon	Fine partikler
	Målinger	Målinger	Modelberegninger	Modelberegninger	Modelberegninger	
Gemmas Allé	33	17	6	5	0,3	
Børnehuset Gammel Kirkevej	29		5	4	0,1	
Kastrup Kirke	44		6	10	0,4	
Skelgårdsskolen	29		1	2	0,1	
<i>DCE's kortlægning med målevogn</i>						
Nord for lufthavn ved skellet ti lufthavn	66	24	17	34	2	
Omkring 3 km nord for skellet til lufthavn	17	2	0,1	3	0	
Vest for lufthavn ved skellet ti lufthavn	56-74*	17-38*	12-30*	8	0,5	
Omkring 3 km vest for skellet ti lufthavn	18-24*	13-21*	1	2	0	
<i>Lufthavnens målestation</i>						
Centralt på forpladsen (Gate B4)	82	34	47	80	13	

*Interval angiver resultterne for de to sæt målesteder vest for lufthavnen

3.5 Hvordan er niveauerne sammenholdt med målsætninger for luftkvalitet?

Ultrafine partikler

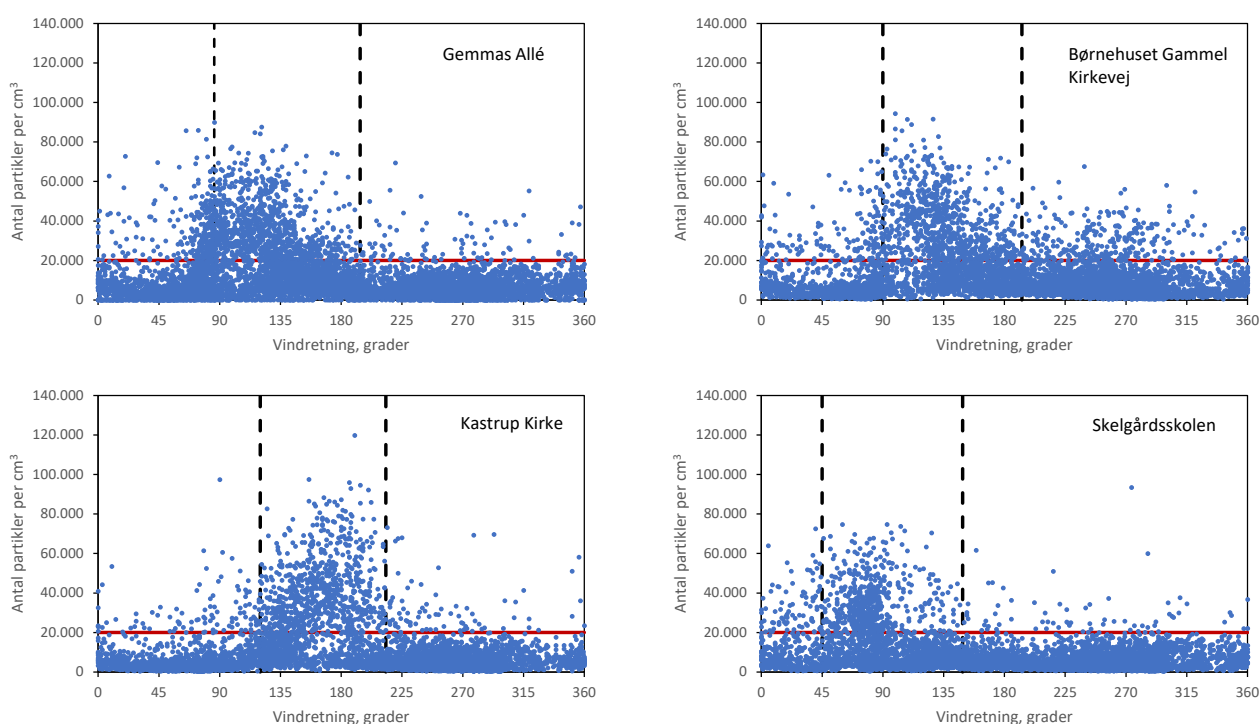
I EU's gældende luftkvalitetsdirektiv og i forslaget til nyt luftkvalitetsdirektiv er der ikke fastlagt grænseværdier for antallet af ultrafine partikler (EU, 2008, 2024). WHO har heller ikke fastlagt retningslinjer for luftkvalitet i forbindelse med antallet af ultrafine partikler (WHO, 2021). Der er solid viden om de helbredsskadelige effekter af de ultrafine partikler, men der er ikke tilstrækkeligt videnskabeligt grundlag til fastlæggelse af retningslinjer og grænseværdier. WHO har i stedet anbefalet en række *Good Practice Statements* for luftforureningen med ultrafine partikler, og et af disse angiver, at når timemiddelværdien for antallet af ultrafine partikler er over 20.000 partikler per cm^3 , så kan niveauerne betragtes som høje (WHO, 2021). DCE har anvendt denne *Good Practice Statement* til at vurdere niveauet af ultrafine partikler i Tårnby Kommune.

Ved de fire målesteder, hvor der måles ultrafine partikler, er timemiddelværdierne over 20.000 partikler per cm^3 i mellem 10 og 18 % af tiden med den højeste andel ved Børnehuset Gammel Kirkevej og den mindste ved Skelgårdsskolen. Dette passer sammen med, at det er de to målesteder, hvor der måles henholdsvis den højeste og den laveste middelværdi for hele måleperioden.

Ved gademålestationen på H.C. Andersens Boulevard i København overskrides grænsen i 5 % af tiden i løbet af et år. Gademålestationen på H.C. Andersens Boulevard ligger ved en af de mest forurenede gadestrækninger i Danmark. Ud fra sammenligningen med H.C. Andersens Boulevard er der ingen

tvivl om, at det er høje niveauer, der bliver målt ved de fire målesteder i Tårnby Kommune.

Hvis man udelukkende kigger på timemiddelværdier, når vinden kommer fra lufthavnen, så er andelen af tiden, hvor niveauet på 20.000 partikler per cm^3 overskrides, væsentligt højere. Den højeste andel på 47 % for høje niveauer over 20.000 partikler per cm^3 ses for Kastrup Kirke og den mindste for Skelgårdsskolen 26 %. Når vinden blæser fra lufthavnen hen mod Kastrup Kirke, så er der dermed næsten 50 % sandsynlighed for, at timemiddelværdierne er over WHO's *Good Practice Statement* for, hvornår timemiddelværdierne må anses for høje. Ved Kastrup Kirke og Skelgårdsskolen kommer vinden i lidt under en tredjedel af året fra lufthavnen. Figur 3.5 viser timemiddelværdierne fordelt efter gennemsnitlig vindretning sammen med en angivelse af WHO's *Good Practice Statement* for, hvornår timemiddelværdierne må anses for at være høje.



Figur 3.5. Sammenligning mellem WHO's *Good Practice Statement* for timemiddelværdier (brun linje) og timemiddelværdier for partikelantal (partikler per cm^3) ved de fire målesteder i Tårnby Kommune for hele måleperioden fra 1. maj 2023 til 30. april 2024. Timemiddelværdierne er vist som funktion af timemiddelværdien for vindretning målt ved lufthavnen af DMI, hvor 0/360 er nord, 90 er øst, 180 er syd og 270 er vest. Vindretninger mellem de to sorte stiplede linjer er de vindretninger, hvor luften passerer lufthavnsområdet inden luften ankommer til de fire målesteder.

Fine partikler

Niveauet for fine partikler i Tårnby Kommune overholder EU's grænseværdier og forslaget til nye grænseværdier, som forventes at skulle træde i kraft i 2030 (EU, 2008, 2024) (Tabel 3.3). Niveauet for fine partikler i Tårnby Kommune ligger over WHO's retningslinjer for både langtid- og korttidseksponering (WHO, 2021). Retningslinjen for langtidseksponering er baseret på årsmiddelværdier og i Tårnby Kommune vurderes niveauerne for årsmiddelværdierne til at ligge omkring 25 % over WHO's retningslinje. De naturlige kilder til fine partikler er en væsentlig del af årsagen til overskridelse af WHO's retningslinje for fine partikler.

Tabel 3.3. Oversigt over WHO's retningslinjer for fine partikler, PM₁₀ og kvælstofdioxid fra 2006 og 2021 (WHO, 2006 og 2021), EU's nugældende grænseværdier fra 2008 (EU, 2008) og de foreslåede nye grænseværdier, som forventes gældende i 2030 (EU, 2024). For korttidseksponering for fine partikler og kvælstofdioxid er WHO-retningslinjerne for døgnmiddelværdierne fastlagt på basis af 99%-fraktilen svarende til højest 3-4 overskridelser af den angivne værdi per kalenderår. EU's grænseværdi for korttidseksponering for fine partikler (PM_{2,5}) er angivet ved en døgnmiddelværdi, som må overskrides et vist antal gange per kalenderår. For kvælstofdioxid er EU's grænseværdi for korttidseksponering angivet ved en time- eller døgnmiddelværdi, som må overskrides et vist antal gange per kalenderår.

	WHO's retningslinjer			EU's grænseværdier			
	2006 µg/m ³	2021 µg/m ³	Antal overskridelser	2008 µg/m ³	Antal overskridelser	2024 µg/m ³	Antal overskridelser
Fine partikler							
<i>Langtidseksponering</i>							
Årsmiddelværdi	10	5		25		10	
<i>Korttidseksponering</i>							
Døgnmiddelværdi	25*	15*	3-4*			15	18
PM₁₀							
<i>Langtidseksponering</i>							
Årsmiddelværdi	20	15		40		20	
<i>Korttidseksponering</i>							
Døgnmiddelværdi	50*	45*	3-4*	50	35	45	18
Kvælstofdioxid							
<i>Langtidseksponering</i>							
Årsmiddelværdi	40	10		40		20	
<i>Korttidseksponering</i>							
Timemiddelværdi	200	200		200	18	200	3
Døgnmiddelværdi		25*	3-4*			50	18

*99%-fraktilen, hvilket betyder, at den angivne værdi må overskrides svarende til 3-4 gange per kalenderår

Kvælstofdioxid

Niveauet for kvælstofdioxid ved referencemålestationen er på 9,1 µg/m³, så ved referencemålestationen overholdes både EU's gældende og den forventede nye grænseværdi (EU, 2008, 2024) samt WHO's retningslinje for årsmiddelværdierne (WHO, 2021) (Tabel 3.3). Ved en række af de øvrige 15 målesteder er middelkoncentrationen noget højere, og her vil der være overholdelse af EU's grænseværdier, men overskridelse af WHO's retningslinjer for lang- og korttidseksponering (Tabel 3.3). Overskridelserne vil navnlig være i den nordlige del af kommunen og ved de stærkt trafikerede veje. Udledningerne af kvælstofdioxid forventes at falde markant i det kommende årti blandt andet i forbindelse med indførelsen af elbiler (Nielsen et al., 2023).

EU's gældende og de forventede nye grænseværdier for kvælstofdioxid overholdes allerede i Tårnby Kommune, og WHO's retningslinjer forventes at blive overholdt inden for en relativt kort årrække.

PM₁₀

Da PM₁₀ ikke indgik i måleprogrammet, er der ikke lavet en opdateret vurdering af overholdelse af EU's grænseværdier (EU, 2008, 2024) og WHO's retningslinjer for PM₁₀ (WHO, 2021) (Tabel 3.3). Der er i 2023 allerede overholdelse af EU's gældende og de forventede nye grænseværdier for 2030 og WHO's retningslinjer ved gademålestationen på Jagtvej i København (Ellermann og Jensen, 2024). På basis af resultaterne for de øvrige målte luftkvalitetsparametre i Tårnby Kommune, så vurderes koncentrationer lavere på ga-

destrækninger i Tårnby Kommune end ved Jagtvej i København. Derfor vurderes det, at EU's gældende og de forventede nye grænseværdier for 2030 og WHO's retningslinjer overholdes i Tårnby Kommune i dag.

Black Carbon

Der er i EU ikke fastlagt nogen grænseværdier for Black Carbon i udeluft og der forventes ikke at komme en grænseværdi i forbindelse med det reviderede nye luftkvalitetsdirektiv (EU, 2008, 2024). WHO har ikke fundet videnskabeligt grundlag, som kunne danne baggrund for fastlæggelse af retningslinjer for luftkvaliteten for Black Carbon (WHO, 2021). WHO har fastlagt en række Good Practice Statements for Black Carbon, men der er ingen angivelse af, hvad der kan anses for lave og høje koncentrationer.

3.6 Hvad er helbredseffekterne som følge af luftforureningen i Tårnby Kommune?

Helbredseffekterne som følge af luftforureningen i Tårnby Kommune beregnes med DCE's modelsystem, som kaldes EVA-systemet, hvor EVA står for Economic Valuation of Airpollution. EVA-systemet bygger så at sige oven på de luftkvalitetsmodeller, som vi tidligere har præsenteret resultater fra (se Afsnit 3.3 og Delrapport 2). Med luftkvalitetsmodellerne beregnes luftkoncentrationerne i for eksempel Tårnby Kommune, og når disse informationer sammenstilles med informationer om befolkningen, så kan man ved hjælp af eksponerings-respons-sammenhænge beregne helbredseffekterne. En eksponerings-respons-sammenhæng angiver for eksempel, hvor mange ekstra sygedage der statistisk set vil være ved en given luftkoncentration af for eksempel fine partikler. Eksponerings-respons-sammenhængen varierer for hver luftforureningskomponent og hver type af helbredseffekt (for eksempel for tidlig død, cancer, hjertekarsygdomme og astma).

For tidlig død er et centralt begreb i forbindelse med opgørelser af helbredseffekterne fra luftforureningen. Antallet af for tidlige dødsfald som følge af langtidspåvirkning for luftforurening er en beregnet indikator, som bestemmes ud fra antallet af tabte leveår. Et for tidligt dødsfald som følge af langtidspåvirkning svarer til 11,4 tabte leveår.

Når først helbredseffekterne fra luftforureningen er beregnet, så kobles disse med informationer om de samfundsmæssige omkostninger ved for tidlige dødsfald, astmaanfald, hjertekarsygdom med mere. Til eksempel så fastsættes omkostningerne ved for tidlige dødsfald som følge af korttidspåvirkning af luftforurening på basis af værdien af et statistisk liv. På den måde kan EVA-systemet beregne de samlede samfundsmæssige omkostninger som følge af luftforureningen i Tårnby Kommune.

EVA-systemet omfatter helbredseffekterne af de vigtigste helbredsskadelige luftforureningskomponenter, men inkluderer kun de luftforureningskomponenter, hvor der er tilstrækkeligt videnskabeligt konsensus som basis for eksponerings-respons-sammenhænge. EVA-systemet omfatter fine partikler, kvælstofdioxid, ozon og svovldioxid. De fine partikler skal ses som et mål for helbredseffekterne af partikler, hvilket er baggrunden for, at PM₁₀ ikke indgår i beregningerne. EVA-systemet baseres i stor udstrækning på anbefalinger fra WHO vedrørende sammenhængene mellem luftkoncentrationerne og helbredseffekterne (WHO, 2021).

I forbindelse med udarbejdelse af den seneste revision af WHO's retningslinjer for luftkvalitet vurderede WHO, at der ikke var tilstrækkeligt videnskabeligt grundlag til at opstille eksponerings-respons-sammenhænge for ultrafine partikler og Black Carbon (WHO, 2021). Derfor indgår ultrafine partikler og Black Carbon ikke i beregningerne af helbredseffekterne for Tårnby Kommune. Det betyder på ingen måde, at der ikke er helbredsskadelige effekter af ultrafine partikler, men at der ikke er et robust videnskabeligt grundlag for beregning af helbredseffekterne af ultrafine partikler og Black Carbon.

De beregnede helbredseffekter og samfundsøkonomiske omkostninger omfatter derfor ikke helbredseffekterne fra udledningerne af ultrafine partikler og Black Carbon fra lufthavnen. Dette har navnlig betydning for de ultrafine partikler, hvor udledningerne fra lufthavnen giver anledning til en væsentlig forøgelse af de ultrafine partikler. De præsenterede helbredseffekter og samfundsøkonomiske omkostninger er derfor undervurderet og skal ses som et minimum.

Helbredseffekter

Beregningerne med EVA-systemet viser, at den samlede luftforureningen i Tårnby Kommune giver anledning til 29 tilfælde af for tidlige dødsfald i 2022. Det er fordelt med 26 for tidlige dødsfald på grund af langtidspåvirkning (gennem en længere årrække) og 3 på grund af korttidspåvirkning af luftforureningen (episoder med høje koncentrationer gennem kort tid). Sammenlignes det totale antal for tidlige dødsfald på grund af luftforureningen (29 dødsfald) med alle dødsfald i Tårnby Kommune i 2022 (420 dødsfald) (Statistikbanken) svarer luftforureningens andel til omkring 7 %. De for tidlige dødsfald er hovedsageligt knyttet til de fine partikler (28 dødsfald), mens der kan knyttes et tilfælde af for tidlig død til ozon og ingen tilfælde til kvælstofdioxid og svovldioxid.

Skadevirkningerne af langtidspåvirkning af partikelforurening ophobes gennem hele livet fra fødsel til død hos alle, der er udsat for den. Langtidspåvirkningen kan være med til at fremkalde hjertekarsygdomme og luftvejslidelser. Derfor ses dødsfaldene især hos personer, der har været udsat for påvirkning i mange år, dvs. hos ældre og personer, der er særligt følsomme på grund af forudbestående sygdomme. Spædbørn er også særligt følsomme, men dødsfald blandt spædbørn udgør en forsvindende lille del.

Der er mange flere tilfælde af sygelighed, end der er af for tidlige dødsfald. Eksempelvis er der omkring 27.000 dage med nedsat aktivitet (sygedage) som følge af luftforureningen i Tårnby Kommune. I beregningerne dækker sygelighed over hospitalsindlæggelser for åndedrætsbesvær og hjerte-kar-sygdomme, kronisk bronkitis og astma, samt dage med tabt arbejde og nedsat aktivitet (sygedage). Også andre sygdomme påvirkes af luftforureningen, men er ikke medtaget i beregningerne, fordi der endnu er for stor usikkerhed om, hvilken effekt luftforureningen har på omfanget af disse sygdomme.

Helbredseffekterne som følge af udledninger af luftforurening i Tårnby Kommune er meget små, hvilket hænger sammen med, at langt hovedparten af kilderne til luftforureningen ligger udenfor kommunen. Beregningerne viser, at der kun er 0,4 for tidlige dødsfald, som kan tilskrives udledninger i Tårnby Kommune i 2022. Sættes dette i forhold til det totale antal for tidlige dødsfald (29 tilfælde) på grund af den samlede luftforurening fra danske og udenlandske kilder, så bidrager kilder i Tårnby Kommune til omkring 1 % af alle for

tidlige dødsfald i 2022. Dette betyder også, at omkring 99 % af alle for tidlige dødsfald i Tårnby Kommune skyldes emissioner uden for Tårnby Kommune. Dette er en naturlig konsekvens af, at langt hovedparten af de for tidlige dødsfald kommer fra fine partikler og at 99 % af luftforureningen med fine partikler kommer fra kilder uden for kommunen.

De to største lokale kilder til for tidlige dødsfald er brændefyring (0,2 i 2022), vejtransport (0,1 i 2022) og små bidrag fra de andre kilder.

Udledningerne fra Tårnby Kommune vil også give anledning til for tidlige dødsfald og øvrige helbredseffekter uden for kommunegrænsen. Dette kan beregnes, men er ikke kvantificeret i nærværende projekt.

Samfundsmæssige omkostninger

De årlige totale samfundsmæssige omkostninger i Tårnby Kommune på grund af luftforureningen fra danske, udenlandske og naturlige kilder er omkring 0,5 milliarder kr. i 2022 (472 mio. kr.). I de seneste beregninger for hele Danmark for 2022 er de totale samfundsmæssige omkostninger, som følge af al luftforurening, beregnet med EVA-systemet til omkring 58 milliarder kr. pr. år (Ellermann et al., 2024a). De samfundsmæssige omkostninger i Tårnby Kommune udgør således omkring 0,8 % af de totale omkostninger i Danmark, hvilket passer godt med, at indbyggertallet i Tårnby Kommune er 0,73 % af Danmarks befolkning (Statistikbanken). De samfundsmæssige omkostninger skyldes for en stor del eksponering for fine partikler.

Hovedparten af de samfundsmæssige omkostninger skyldes for tidlige dødsfald, som følge af både langtids- og korttids eksponering, da værdisætningen for disse er relativt høj i forhold til værdisætningen af sygelighed og sygedage. Samlet er de samfundsmæssige omkostninger relateret til for tidlige dødsfald omkring 300 millioner kr., mens de samfundsmæssige omkostninger relateret til sygelighed samlet set er omkring 100 millioner kr.

De samlede samfundsmæssige omkostninger i Tårnby Kommune på grund af udledninger i kommunen beregnes til 8 mio. kr. fordelt med omkring 7 mio. kr. for fine partikler, 1,3 mio. kr. for svovldioxid, 0,7 mio. for kvælstofdioxid, og minus 1,3 mio. kr. for ozon. Grunden til, at omkostningerne er negative for ozon er, at kommunens udledninger af kvælstofoxider giver en reduktion i de lokale koncentrationer af ozon, som følge af de kemiske reaktioner i luften.

De samlede samfundsmæssige omkostninger fra udledninger i Tårnby Kommune udgør omkring 2 % af alle de samfundsmæssige omkostninger fra den samlede luftforurening fra danske, udenlandske og naturlige kilder (for eksempel havsalt og udledninger fra vegetation). Hovedårsagen til det lille bidrag er, at langtransporteret luftforurening i form af partikler udgør en meget stor del af de samlede samfundsmæssige omkostninger.

De vigtigste kilder i Tårnby Kommune til de samfundsmæssige omkostninger er boligopvarmning med fast brændsel (hovedsageligt brændeovne) med 4 mio. kr., vejtransport med 3 mio. kr. og ikke-vejgående maskiner (primært Københavns Lufthavn) med 2 mio. kr.

Boligopvarmning med fast brændsel (hovedsageligt brændeovne) er den største lokale kilde til partikelforureningen, hvilket er grunden til, at brændeovne

er den største kilde til de samfundsmæssige omkostninger. Der er 1.335 fyringsanlæg i Tårnby Kommune, hvoraf 97 % er brændeovne. Den gennemsnitlige samfundsmæssige omkostning inden for kommunen pr. fyringsanlæg er derfor omkring 3.000 kr. i 2022.

Selvom transportsektoren er den største kilde til udledningerne af kvælstofoxider, så bidrager transportsektoren ikke så meget til de samfundsmæssige omkostninger, da helbredseffekterne er beskedne for kvælstofdioxid efter opdatering af eksponerings-respons-sammenhænge efter anbefalinger fra WHO (WHO, 2021).

Emissioner i Tårnby Kommune vil også give anledning til eksterne omkostninger uden for kommunen, som ikke er kvantificeret i dette projekt.

3.7 Hvordan vil den fremtidige udvikling for luftforureningen se ud?

I kortlægningsprojektet for Tårnby Kommune er der ikke lavet specifikke modelberegninger af den fremtidige udvikling for luftforureningen, hvilket hænger sammen med, at DCE har udført en række andre projekter med modelberegninger af den fremtidige udvikling, og at resultaterne fra disse projekter kan anvendes til vurdering af udviklingen for Tårnby Kommune.

DCE har i et projekt for Miljøministeriet modelleret den forventede udvikling i luftkvaliteten fra 2020 til 2030 (Jensen et al., 2023). Fremskrivningen af udledningerne er baseret på Basisscenariet for Danmark opstillet af Energistyrelsen for 2030 og inkluderer alle vedtagne tiltag til begrænsning af udledningerne. Projektet omfattede kvælstofdioxid, fine partikler og PM₁₀. Der er ikke blevet lavet tilsvarende fremskrivninger for Black Carbon.

I bybaggrund i København forventes middelkoncentrationerne af kvælstofdioxid at falde med 39 % fra 2020 til 2030. De fine partikler og PM₁₀ forventes at falde med henholdsvis 11 % og 7 % fra 2020 til 2030.

Modelberegningerne omfattede også fremskrivning af udviklingen for 99 gadestrækninger i København. I gennemsnit for de 99 gader, så faldt de gennemsnitlige koncentrationer med lidt over 50 % for kvælstofdioxid. For de fine partikler og PM₁₀ faldt de gennemsnitlige koncentrationer med omkring 10 %.

Både for bybaggrund og ved gadestrækningerne skyldes faldet i de gennemsnitlige koncentrationer af kvælstofdioxid, fine partikler og PM₁₀ for en stor del reduktion i udledningerne fra vejtrafikken som følge af ændringer i sammensætningen af køretøjerne. Her er det udskiftning fra fossil- til elbiler og den løbende udskiftning af bilparken, hvor ældre køretøjer udskiftes med nye, som spiller de største roller. Elbilerne fjerner helt udledningerne af kvælstofoxider, da der ikke er nogen forbrændingsmotor, men elbilerne har en relativt stor udledning af partikler fra vej-, dæk- og bremseslid og disse udledninger forsvinder ikke ved overgang til elbiler, men dog reduceres.

Ændringer i luftkoncentrationerne i Tårnby Kommune fra 2020 til 2030 vil med stor sandsynlighed følge mønstret for København, da ændringerne i udledningerne skyldes generelle tiltag, som vil have effekt i hele Danmark.

Det betyder, at vi forventer at gennemsnitkoncentrationerne for kvælstofdioxid i Tårnby Kommune vil falde med mellem 40 og 50 % fra 2020 til 2030 afhængigt af lokaliteten. For de fine partikler og PM₁₀ forventes fald på omkring 10 %.

Ovenstående vurderinger tager imidlertid ikke ændringer i udledningerne fra lufthavnen med i betragtning. Lufthavnen arbejder på at reducere udledningerne via en række tiltag, som for eksempel ved anvendelse af mere miljøvenligt brændstof. På den anden side ønsker lufthavnen at udvikle lufthavnen, så lufthavnen bedre kan håndtere de forventede store stigninger i antallet af passagerer, flyafgange og -landinger.

Som en del af kortlægningsprojektet har DCE forbedret opgørelsen af udledningerne fra lufthavnen og modelberegningerne af de bidrag til luftforureningen, som stammer fra lufthavnen. DCE foreslår derfor, at disse redskaber anvendes til at udarbejde fremskrivninger for udledningerne og luftforureningen fra lufthavnen.

3.8 Hvad kan der yderligere gøres for at begrænse effekterne af luftforureningen i Tårnby Kommune?

En del af kortlægningsprojektet har drejet sig om at udarbejde en oversigt over de muligheder, som Tårnby Kommune har for at reducere luftforureningen og dermed effekterne af luftforureningen i kommunen. DCE har derfor udarbejdet et virkemiddelkatalog, som giver en oversigt over forskellige virkemidler til reduktion af luftforurening i Tårnby Kommune, og givet en kvalitativ vurdering af effekten af virkemidlerne. Vurderingen af de forskellige virkemidler er baseret på eksisterende viden.

Der er primært fokuseret på virkemidler over for de største kilder til udledningerne af luftforureningen, hvilket er vejtrafik, brændeovne og Københavns Lufthavn. For Københavns Lufthavn og flytrafik er beskrivelserne generelle, da det ikke har været muligt systematisk at kvantificere effekterne af de forskellige løsningsmuligheder inden for rammerne af projektet. De valgte virkemidler er primært rettet mod at reducere helbredsskadelig luftforurening, men sideeffekter i form af reduktion af drivhusgasser og støj er også kvalitativt beskrevet.

Virkemiddelkataloget har inddraget følgende forskellige typer af virkemidler:

- Emissionsreduktion ved kilden
- Fortynding af luftforureningen for reduceret eksponering
- Adskillelse af udledningskilde og modtager for på den måde at reducere eksponering
- Rensning af luften i det eksterne miljø

Vi har gennemgået mulige tiltag inden for følgende områder:

- Byplanlægning
- Trafikplanlægning
- Elektrificering af transport
- Økonomiske virkemidler og regulering af køretøjer

- Brændeovne
- Rensning af miljøet – ikke-kildebaserede virkemidler
- Københavns Lufthavn og flytrafik

Tablet 3.4 opsummerer vores kvalitative vurdering af effekterne af de enkelte virkemidler. Dette er gjort for effekt på udledninger og luftkvalitet samt sideeffekter for drivhusgasser (klima) og støj. Der er tale om en kvalitativ konsekvensvurdering af de forskellige virkemidler med udgangspunkt i beskrivelserne af effekterne for de enkelte virkemidler i Delrapport 4. Den kvalitative konsekvensvurdering gælder kun ved sammenligningen mellem de forskellige tiltag inden for et område. De primære aktører i forhold til virkemidlet er også indikeret med gruppering i stat, kommune og F&U (Forskning og Udvikling).

Tabel 3.4. Kvalitativ oversigt over potentialet for effekt af virkemidler samt tilhørende aktører. "X" indikerer meget lille effekt, "XX" lille effekt, "XXX" mellem effekt, "XXXX" stor effekt, og "XXXXX" meget stor effekt.

Type regulering: Effekt for:	Effekter		Sideeffekter		Aktør		
	Emission	Luftkvalitet	Klima	Støj	Stat	Kom-mune	Forskning & Udvikl.
Byplanlægning							
Overordnet by- og trafikplanlægning	X	X	X	X		X	
Indretning af byrum		X		X		X	
Lokalisering af miljøfølsomme funktioner		X		X		X	
Trafikplanlægning							
Trafikmængde og hastighed	XX	XX	X	X		X	
Metro og bustrafik	XX	XX	X	X		X	
Cykeltrafik	XX	XX	X	X		X	
Delebiler	X	X	X	X		X	
Elektrificering af transport							
Personbiler	XXXXX	XXXXX	X	X	X	X	X
Varebiler	XXX	XXX	X	X	X	X	X
Lastbiler	XXX	XXX	X	X		X	X
Busser	XX	XX	X	X		X	X
Økonomiske virkemidler og regulering af køretøjer							
Miljøzone	XXX	XXX			X		
Nulemissionszone i afgrænset område	XX	XX	X	X			
Entreprenør- og arbejdsmaskiner	X	X	X	X	X	X	
Trængselsring	XX	XX	X	X	X		
Road pricing	XX	XX	X	X	X		
Parkeringsafgifter afhængig af Euronorm	X	X				X	
Brændeovne							
Kampagner	X	X				X	
Kommunal skrottningsordning	XXX	XXX				X	
Krav om partikelfiltre	XXXXX	XXXXX	X		X	X	X
Forbud mod brændeovne og afgifter	XXXX	XXXX	x		X		
Skærpet miljøtilsyn	X	X				X	
Rensning af miljøet – Ikke-kildebase-rede virkemidler							
Træer og beplantning		X	X			X	
NO _x -reducerende belægninger		X				X	
Partikelreducerende vejbelægning mv.		X					X
Københavns Lufthavn og flytrafik							
Reduktion af lufttransport	X	X	X	X	X		X
Forbedringer af energi- og miljøeffektiviteten	XXX	XXX	X	X	X		X
Bæredygtige brændsler	XX	XX	X	X	X		X

4 Begrænsninger i undersøgelsen

Projektet med kortlægning af partikelforureningen i Tårnby Kommune har været relativt omfattende og har inddraget en lang række forskellige værktøjer til belysning af partikelforureningen og effekterne af denne. På trods af dette så er der også nogle vigtige begrænsninger for undersøgelsen, som vi kort vil gøre opmærksom på her.

Projektet har haft hovedfokus på luftforureningen med partikler, som også er en vigtig del af luftforureningsproblematikken i Tårnby Kommune. Undersøgelsen har bidraget væsentligt til dokumentation af lufthavnens effekt på antallet af ultrafine partikler i Tårnby Kommune. En af de andre følger af udledningerne fra lufthavnen er problemerne med lugtgener i området omkring lufthavnen. Lugtgenerne stammer formentligt fra udledning af flygtige organiske kemiske forbindelser, herunder jetbrændstof og/eller delvis forbrændt jetbrændstof. Helbredseffekter af lugtgenerne og de flygtige organiske kemiske forbindelser er ikke inddraget i denne undersøgelse, hvilket betyder, at helbredseffekterne fra lufthavnens udledninger kan være højere end angivet i denne rapport.

Da de ultrafine partikler primært stammer fra udledningerne fra flymotorerne, så kan der formentligt være et vist sammenfald mellem spredningen af lugtgener, flygtige organiske kemiske forbindelser og ultrafine partikler. Resultaterne fra kortlægningen af antallet af ultrafine partikler kunne derfor blive anvendt i forbindelse med yderligere undersøgelser af lugtgenerne og udledningerne af de flygtige organiske kemiske forbindelser.

En anden væsentlig begrænsning er, at det ikke på nuværende tidspunkt har været muligt at beregne helbredseffekterne af ultrafine partikler og Black Carbon. Som det er nævnt i afsnit 3.6 skyldes dette, at der ifølge WHO (2021) endnu ikke er tilstrækkeligt videnskabeligt grundlag til at kunne opstille eksponerings-respons-sammenhænge, som kan beskrive sammenhængen mellem eksponeringen for ultrafine partikler og helbredseffekterne fra denne eksponering. Dette fører til en undervurdering af helbredseffekterne fra luftforureningen i Tårnby Kommune, herunder effekterne af udledningerne fra lufthavnen.

DCE er sammen med folkesundhedsforskere fra Kræftens Bekæmpelse i opstartsfasen med nye projekter for Miljøministeriet, som skal undersøge helbredseffekterne af eksponeringen for ultrafine partikler i området omkring lufthavnen. Projektet vil benytte resultaterne fra DCE-kortlægning af ultrafine partikler og de mange måle- og modelresultater fra kortlægningsprojektet for Tårnby Kommune. Håbet er, at de mange nye data om luftforureningen med ultrafine partikler kan være med til at give ny viden om de helbredsskadelige effekter af udledning af ultrafine partikler fra lufthavne.

5 Referencer

Ellermann, T., Nordstrøm, C., Brandt, J., Christensen, J., Ketznel, M., Massling, A., Bossi, R., Frohn, L.M., Geels, C., Jensen, S.S., Nielsen, O-K., Winther, M., Bech Poulsen, M., Monies, C. og Sørensen, M.B. 2022: Luftkvalitet 2020. Status for den nationale luftkvalitetsovervågning. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 144 s. - Videnskabelig rapport nr. 467.

Ellermann T., Nordstrøm C., Brandt J., Christensen J., Ketznel M., Massling A., Bossi R., Frohn L. M., Geels C., Jensen S. S., Nielsen O., Winther M., Poulsen M. B., Sørensen M. B., Andersen M. S. & Sigsgaard T., 2024a: Luftkvalitet 2022. Status for den nationale luftkvalitetsovervågning. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 154 s. - Videnskabelig rapport nr. 580.

Ellermann T., Sørensen M. B., Massling A. & Hildebrand F. B. 2024b: Måling af partikelforureningen omkring Københavns Lufthavn i Kastrup. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 82 s. - Videnskabelig rapport nr. 599

Ellermann, T., Nordstrøm, C., Massling, A., Poulsen, M.B. og Sørensen, M.B., 2024c: Status for måling af luftkvalitet i 2023. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 44 s. - Teknisk rapport nr. 320.

Ellermann, T. og Jensen, S.S., 2024: Vurdering af mulighed for fremrykning af overholdelse af WHO's retningslinjer for luftkvalitet. Baseret på analyse af målinger og modelberegninger. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, xx s. - - Fagligt notat nr. 2024 | xx. Under udarbejdelse.

Ellermann, T., 2024 Redegørelse om Blak Carbon i forbindelse med DCE's kortlægningsprojekt for Tårnby Kommune. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, xx s. - - Fagligt notat nr. 2024 | xx

EU, 2008: Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 15 December 2004 on ambient air quality and cleaner air for Europe: Official Journal of the European Union L152/1.

EU, 2024: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2024-0319_DA.html

Force Technology, 2024: Overvågning af luftkvalitet i Københavns Kommune, Årlig afrapportering for 2023. Force Technology, Force akkrediteret rapport nr. 120-20142-D.

Jensen, S.S., Christensen, J.H., Frohn, L.M., Ketznel, M., Nielsen, O.-K., Plejdrup, M.S., 2023. Nationalt program for reduktion af luftforurening (NAPCP) - Udvikling i luftkvalitet og kvælstofafsætning frem til 2030. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 47 s. - Videnskabelig rapport nr. 538. <http://dce2.au.dk/pub/SR538.pdf>.

Kristensen, T., 2024: Personlig kommunikation med Thomas Kristensen, Force Technology, januar 2024, med udlevering af luftkvalitetsdata fra Københavns Kommunes målestation på Backersvej.

Nielsen, O-K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Mikkelsen, M.H., Nielsen, M., Gyl-
denkærne, S., Fauser, P., Albrektsen, R., Hjelgaard, K.H. & Bruun, H.G., 2023:
Annual Danish Informative Inventory Report to UNECE. Emission invento-
ries from the base year of the protocols to year 2021. Aarhus University, DCE
– Danish Centre for Environment and Energy, 603 pp. Scientific Report No.
540. <http://dce2.au.dk/pub/SR540.pdf>.

Schøn, P. 2024: Personlig kommunikation med Peter Schøn. Københavns Luft-
havne A/S, januar-marts 2024, med udlevering af data for luftkvalitet, mete-
orologi og flyoperationer.

WHO, 2006: World Health Organization. Air quality guidelines: global up-
date 2005: particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide.
World Health Organization. Regional Office for Europe.
<https://apps.who.int/iris/handle/10665/107823>

WHO, 2021: WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM_{2.5} and
PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva:
World Health Organization; 2021. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
<https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>.