



FORSLAG TIL OPDATERING AF KØBENHAVNS KOMMUNES LUFTKVALITETSINDEKS

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 270

2023



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

FORSLAG TIL OPDATERING AF KØBENHAVNS KOMMUNES LUFTKVALITETSINDEKS

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 270

2023

Thomas Ellermann¹
Steen Solvang Jensen¹
Torben Sigsgaard²

¹Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab

²Aarhus Universitet, Institut for Folkesundhed



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Serietitel og nummer: Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 270

Titel: Forslag til opdatering af Københavns Kommunes luftkvalitetsindeks

Forfattere: Thomas Ellermann, Steen Solvang Jensen og Torben Sigsgaard
Institutioner: Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab og Institut for Folkesundhed

Udgiver: Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL: <http://dce.au.dk>

Udgivelsesår: Maj 2023
Redaktion afsluttet: Maj 2023

Faglig kommentering: Claus Nordstrøm
Kvalitetssikring, DCE: Vibeke Vestergaard Nielsen
Sproglig kvalitetssikring: Vibeke Vestergaard Nielsen

Ekstern kommentering: Miljøstyrelsen. Kommentarerne findes her:
http://dce2.au.dk/pub/komm/TR270_komm.pdf

Finansiel støtte: Københavns Kommune

Bedes citeret: Thomas Ellermann, Steen Solvang Jensen og Torben Sigsgaard. 2023. Forslag til opdatering af Københavns Kommunes luftkvalitetsindeks. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 38 s. - Teknisk rapport nr. 270

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse

Sammenfatning: DCE - Nationalt center for miljø og energi har i et projekt for Københavns Kommune udarbejdet et forslag til et nyt luftkvalitetsindeks, som skal være baseret på Københavns Kommunes målinger af luftkvalitet. Det nye luftkvalitetsindeks er baseret på opdaterede retningslinjer fra WHO for korttidsseksponeringen for PM_{2,5}, PM₁₀, kvælstofdioxid og ozon. Det nye forslag til luftkvalitetsindeks er forsimplet for overskuelighedens skyld. Forslaget til luftkvalitetsindeks er sammenholdt med måleresultaterne for 2021 fra gademålestationen på H.C. Andersens Boulevard og bybaggrundsmålestationen på H.C. Ørsted Institutet. Endvidere er der lavet et nyt forslag til handleanvisninger for befolkningen i København, som er koblet til luftkvalitetsindekset og som har til mål at reducere borgernes eksponering for helbredsskadelig luftforurening. Handleanvisningerne er opdelt i anvisninger for almindelige - og sårbare borgere. Endelig er der udarbejdet en række mere vidtgående forslag til forbedring af luftkvalitetsindekset, hvor det blandt andet er foreslået at koble luftkvalitetsindekset til korttidsprognoser for udviklingen i luftkvaliteten,

Emneord: Luftkvalitetsindeks, kvælstofdioxid, ozon, PM_{2,5}, PM₁₀, WHO retningslinjer 2021, handleanvisninger, helbredseffekter, luftforurening, København

Layout: Majbritt Pedersen-Ulrich
Foto forside: Thomas Ellermann

ISBN: 978-87-7156-767-0
ISSN (elektronisk): 2244-999X

Sideantal: 38

Indhold

Sammenfatning	5
Forslag til nyt luftkvalitetsindeks	5
Forslag til nye handleanvisninger	6
Anbefalinger til mere vidtgående forbedringer	7
1. Indledning	8
2. Forslag til opdateret luftkvalitetsindeks	9
2.1 Nuværende luftkvalitetsindeks	9
2.2 Nuværende luftkvalitetsindeks set i forhold til luftkvalitetsniveauerne i København	11
2.3 Forslag til opdateret luftkvalitetsindeks	14
2.4 Forslag til nyt luftkvalitetsindeks set i forhold til luftkvalitetsniveauerne i København	17
3. Forslag til opdaterede handleanvisninger	24
3.1 Nuværende handleanvisninger	24
3.2 Forslag til nye handleanvisninger	25
3.3 Nuværende beskrivelse af særligt sårbare grupper	26
3.4 DCE's forslag til særligt sårbar gruppe	27
3.5 Forslag til opdaterede handleanvisninger for forskellige områder i København	28
4. DCE's forslag til fremtidig udbygning af luftforureningsindekset	29
4.1 Inddragelse af modeldata om luftforureningens geografiske variation	29
4.2 Det digitale luftkvalitetskort "Luften på din vej"	31
4.3 Inddragelse af modeldata til udfyldning af manglende måledata	34
4.4 Inddragelse af korttidsprognoser for luftkvalitet	34
4.5 Information om ozon	36
4.6 Udvikling af app til information om luftkvalitetsindeks	36
5. Litteratur	37

Sammenfatning

Denne tekniske rapport er udarbejdet af DCE – Nationalt Center for miljø og energi for Københavns Kommune i vinteren 2022-2023. Københavns Kommune har siden efteråret 2020 løbende præsenteret aktuelle måleresultater fra deres fem målestationer i København via hjemmesiden "Er luften sund i Københavns Kommune" (<https://erluftensund.kk.dk/>). På hjemmesiden kobles måleresultaterne til et luftkvalitetsindeks, som angiver, hvordan den aktuelle luftkvalitet er (god, overvejende god, mindre god m.v.) sammen med en række anvisninger, som kaldes handleanvisninger. De beskriver, hvordan man bør forholde sig ved den aktuelle luftkvalitet. Luftkvalitetsindekset og handleanvisningerne er baseret på det Europæiske Miljøagenturs luftkvalitetsindeks og handleanvisninger (EEA, 2023).

Formålet med projektet er at udarbejde et forslag til en opdatering af luftkvalitetsindekset og de dertilhørende handleanvisninger. Målet med opdateringen er at lave et forslag til en opdatering af luftkvalitetsindekset og handleanvisningerne, så de i så høj grad som muligt passer til de lokale forhold i København. Siden luftkvalitetsindekset blev lanceret, har WHO i september 2021 (WHO, 2021) offentliggjort en række nye anbefalinger om luftkvalitet og helbredeeffekterne af luftforureningen. Forslaget til et opdateret luftkvalitetsindeks skal i så høj grad som muligt tage hensyn til WHO's nye retningslinjer for luftkvalitet (WHO, 2021).

Forslag til nyt luftkvalitetsindeks

DCE's nye forslag til luftkvalitetsindeks (Tabel 1) tager udgangspunkt i WHO's nye retningslinjer for korttidseksponering for luftkvalitet (WHO, 2021), som er baseret på den nyeste internationale viden om helbredeeffekterne af luftforurening.

For at gøre luftkvalitetsindekset nemmere at forstå og lettere af overskue, er der foreslået en del forsimplinger af luftkvalitetsindekset. Det er sikret, at forsimplingerne fagligt er dækkende for alle situationer af handleanvisninger til befolkningen i København i forhold til byens luftkvalitet. Luftkvalitetsindekset er baseret på de løbende 24-timersmiddelværdier for PM_{2,5}, PM₁₀ og kvælstofdioxid og 8-timersmiddelværdi for ozon.

WHO's nye retningslinjer for den kortvarige eksponering for luftforurening (WHO, 2021) er valgt, som den øvre grænse af indeksniveauet betegnet "Middel". WHO's retningslinjer for korttidseksponering er baseret på 24-timersmiddelværdier for PM_{2,5}, PM₁₀ og kvælstofdioxid og 8-timersmiddelværdi for ozon. Derfor er luftkvalitetsindekset baseret på tilsvarende middelværdier.

Med vores kendskab til sammenhængen mellem luftkvalitet og helbredeeffekterne af luftforureningen foreligger der ikke et egentligt videnskabeligt grundlag, som kan anvendes til at fastlægge disse grænser mellem niveauerne. Derfor er der valgt en simpel transparent fremgangsmåde, og det er gjort ens for alle luftforureningskomponenterne. Den simple fremgangsmåde består i, at grænsen mellem "Lav" og "Middel" er valgt til -50% af WHO's retningslinje, mens grænsen mellem "Høj" og "Meget høj" er sat til +50% af WHO's retningslinjer.

Tabel 1. Indeks niveauer i DCE's forslag til nyt luftkvalitetsindeks for Københavns Kommune. Alle koncentrationer er angivet i $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tallene med fed skrift svarer til WHO's retningslinjer for korttids eksponering (Tabel 2.2; WHO, 2021).

	Lav	Middel	Høj	Meget høj*
PM _{2,5}	0-7,5	7,5- 15	15-22,5	Over 22,5
PM ₁₀	0-22,5	22,5- 45	45-67,5	Over 67,5
Kvælstofdioxid	0-12,5	12,5- 25	25-37,5	Over 37,5
Ozon	0-50	50- 100	100-150	Over 150

* Urealistisk høje koncentrationer kasseres automatisk, da disse anses for fejl på instrumenterne. Grænserne for urealistisk høje koncentrationer er sat til 800, 1200, 1000 og 800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for henholdsvis PM_{2,5}, PM₁₀, kvælstofdioxid og ozon.

For hver luftforureningskomponent og for hver time fastlægges et indeks (Tabel 1), og det samlede luftkvalitetsindeks svarer til indekset for den luftforureningskomponent, som har den dårligste luftkvalitet.

Vi har sammenholdt det nye forslag til luftkvalitetsindeks med de målte luftkoncentrationer for 2021 ved gademålestationen på H.C. Andersens Boulevard og bybaggrundsmålestationen på H.C. Ørsted Institutet. På gademålestationen ligger indekset på "Middel" i omkring 42% af tiden og tilsvarende er det omkring 42% af tiden på "Høj". Der er kun omkring 1% på "Lav" og omkring 15% på "Meget høj". På bybaggrundsniveau ses et andet billede, da langt hovedparten af timerne ligger på "Middel" (omkring 82%), mens omkring 8% ligger på "Lav", omkring 8% på "Høj" og 2% på "Meget høj".

PM_{2,5} og kvælstofdioxid er de to vigtigste luftforureningskomponenter for luftkvalitetsindekset på gademålestationen, mens ozon og PM₁₀ betyder langt mindre. På bybaggrundsmålestationen er det PM_{2,5}, som spiller den vigtigste rolle for indekset, mens kvælstofdioxid betyder mindre. Ozon er vigtigt for luftkvalitetsindekset i bybaggrund, hvor det i sommerperioden spiller en afgørende rolle. PM₁₀ har som ved gadestationen heller ikke den store betydning i bybaggrund.

Forslag til nye handleanvisninger

DCE har udarbejdet et nyt forslag til handleanvisninger baseret på den nyeste viden om helbredseffekterne af luftforurening. Det nye indeks er mere simpelt end det nuværende indeks, hvor det er sikret, at handleanvisningerne på trods af forsimplingerne, fortsat er i god tråd med det faglige grundlag. Handleanvisningerne fremgår af Figur 1.

Handleanvisningerne er differentieret i handlingsvisninger for raske borgere og for særligt sårbare grupper. DCE har lavet et nyt forslag til definition af den sårbare gruppe, som omfatter børn, gravide og personer med astma, KOL og hjertesygdom. Forslaget er baseret på WHO's rapport fra 2020: Personal interventions and risk communication on air pollution (WHO, 2020).

Hvordan er luftforureningen?	Sådan kan du forholde dig	Sådan kan du forholde dig, hvis du er særligt sårbar (børn, gravide, personer med astma, KOL & hjertesygdom)
Lav	Normalt	Normalt
Middel	Normalt	Normalt
Høj	Normalt	Begræns hård fysisk aktivitet på stærkt trafikerede gader
Meget høj	Begræns hård fysisk aktivitet på stærkt trafikerede gader	Begræns din færden på stærkt trafikerede gader. Søg mod områder med lavere luftforurening når du er udenfor (link til kort)

Figur 1. DCE's nye forslag til handleanvisninger, hvor første kolonne refererer til de forskellige luftkvalitetsniveauer ved de Københavnske målestationer. Anden kolonne angiver handleanvisning for den generelle befolkning, mens tredje kolonne angiver handleanvisninger for de særligt sårbare. I forklaringen til tabellen angives definition på gruppen af særligt sårbare.

Anbefalinger til mere vidtgående forbedringer

DCE har skitseret en række forskellige understøttende muligheder for, hvordan luftkvalitetsindekset og handleanvisningerne kan forbedres til gavn for borgerne i København. Nogle af forslagene vil være billige at implementere, mens andre vil være mere ressourcekrævende. DCE har foreslået følgende forbedringer:

- Supplering med luftkvalitetsindeks baseret på måledata fra bybaggrundsmålestationen på H.C. Ørsteds Institut og gademålestationen på H.C. Andersens Boulevard. Begge målestationer indgår i den nationale luftovervågning.
- Supplering med information om at luftkvalitetsindeks fra gademålestationerne kun repræsenterer forholdene på de trafikerede gader og at luftforureningen som oftest er lavere i bybaggrundsområder.
- Supplering med kort over bybaggrundsområder i København og information om luftkvalitetsindeks og handleanvisninger repræsentative for bybaggrundsområder.
- Henvisning til DCE's hjemmeside "Luften på din vej" med resultater fra beregning af luftkvalitetet på adresseniveau.
- Modelresultater foreslås anvendt til udfyldning af manglende måledata som følge af for eksempel service, kalibrering eller nedbrud af målestationer.
- DCE's prognosesystem "Luftudsigten" foreslås anvendt, som udgangspunkt for opbygning af et modelsystem til beregning af luftkvalitetsindeks tre døgn frem i tid.
- Der udarbejdes en app, som kan vise luftkvalitetsindeks og handleanvisninger på for eksempel mobiltelefon.

1. Indledning

Denne tekniske rapport er udarbejdet i forbindelse med et projekt udført for Københavns Kommune omkring Københavns Kommunes luftkvalitetsindeks for København. Projektet er udført af DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi i vinteren 2022-2023.

Københavns Kommune har siden efteråret 2020 løbende præsenteret aktuelle måleresultater fra deres fem målestationer i København via hjemmesiden "Er luften sund i Københavns Kommune" (<https://erluftensund.kk.dk/>). På hjemmesiden kobles måleresultaterne til et luftkvalitetsindeks, som angiver, hvordan den aktuelle luftkvalitet er (god, overvejende god, mindre god m.v.). Endvidere angives en række handleanvisninger på, hvordan man bør forholde sig ved den aktuelle luftkvalitet. Luftkvalitetsindekset og handleanvisningerne er baseret på det Europæiske Miljøagenturs luftkvalitetsindeks og handleanvisninger, som er udarbejdet med et bredt europæisk sigte (EEA, 2023).

Formålet med dette projekt er at udarbejde et forslag til en opdatering af luftkvalitetsindekset og de dertilhørende handleanvisninger. Målet med opdateringen er at udarbejde et forslag til et luftkvalitetsindeks og handleanvisningerne, som så godt som muligt tager højde for de lokale forhold i København. Siden luftkvalitetsindekset blev lanceret, har WHO i september 2021 (WHO, 2021) offentliggjort en række nye anbefalinger om luftkvalitet og helbreedefekterne af luftforureningen. Forslaget til et opdateret luftkvalitetsindeks skal i så høj grad som muligt tage hensyn til de nye anbefalinger fra WHO.

Det udarbejdede forslag til opdatering af luftkvalitetsindeks og handleanvisninger er baseret på følgende grundlag:

Troværdigt. Luftkvalitetsindekset og handleanvisningerne skal være i god overensstemmelse med den faglige viden på området og skal så vidt muligt være i overensstemmelse med anden information på området (for eksempel fra Sundhedsstyrelsen og EEA).

Hensigtsmæssigt i relation til adfærdsændringer. Handleanvisningerne skal motivere befolkningen i København til at ændre vaner med henblik på at reducere egen eksponering for luftforurening uden, at det kommer til at gå ud over gavnlige aktiviteter i uderummet (for eksempel motion).

Forståeligt og overskueligt. Informationen skal være letforståelig for den almene befolkning i København og skal hurtigt kunne overskues (ideelt set skal informationen kunne tilgås via mobiltelefoner). Omvendt så skal informationen også være tilstrækkeligt dækkende, så de to ovenstående punkter opfyldes.

2. Forslag til opdateret luftkvalitetsindeks

Luftforureningen medfører betragtelige helbredseffekter i København. Et eksempel er, at der årligt er omkring 440 tilfælde af for tidlige dødsfald i København beregnet for 2019 (Jensen et al., 2021a). Hovedparten af disse tilfælde skyldes langtidseksponering for luftforurening, mens under 10% skyldes korttidseksponering. På trods af dette er luftkvalitetsindeks baseret på informationer om korttidseksponering til luftforurening og handleanvisningerne retter sig mod at reducere effekter som følge af udsættelse for luftforurening gennem kort tid. Et eksempel kunne være at reducere udsættelsen for høje koncentrationer af $PM_{2,5}$ i forbindelse med episoder med høje koncentrationer forårsaget af langtransport af høj partikelforurening fra landene syd for Danmark.

Det kan virke modsætningsfyldt, at luftkvalitetsindeks er rettet mod korttidseksponering, når de største helbredseffekter stammer fra langtidseksponering, men det skyldes, at borgere i mange tilfælde relativt simpelt kan reducere effekten af luftforurening set over kort tid. For eksempel ved at omlægge cykelruter til og fra arbejde. Reduktion af helbredseffekterne set over lang tid kræver længerevarende tiltag, hvor der for eksempel indføres begrænsninger i udledninger af luftforurening set over en årrække. Dog skal det nævnes, at reduktion af udsættelse for høj luftforurening set over kort tid også vil kunne føre til reduktion af eksponeringen i det lange løb.

I dette kapitel beskrives Københavns Kommunes nuværende luftkvalitetsindeks og DCE's forslag til et nyt indeks. Endvidere sammenholdes de to luftkvalitetsindeks med luftkoncentrationerne målt i 2021.

2.1 Nuværende luftkvalitetsindeks

Københavns Kommune informerer løbende om luftkvaliteten i København og via et luftkvalitetsindeks angives en samlet vurdering af, hvor god/dårlig luftkvaliteten er i København (<https://erluftensund.kk.dk/>). Luftkvalitetsindekset er baseret på Det Europæiske Miljøagentur (EEA's) luftkvalitetsindeks (EEA, 2023), som er oversat og tilpasset af Københavns Kommune. Forskellene mellem EEA's og Københavns Kommunes luftkvalitetsindeks vil blive gennemgået senere i afsnittet.

EEA's luftkvalitetsindeks er baseret på viden om helbredeeffekterne ved korttidseksponering for kvælstofdioxid, ozon, $PM_{2,5}$, PM_{10} og svovldioxid. Det er også denne viden, der er begrundelsen for udvælgelsen af disse fem luftforureningskomponenter. EEA's luftkvalitetsindeks er dog ikke blevet opdateret på basis af de sidste års forbedrede forståelse af helbredseffekterne af luftforureningen. I Danmark udgør de fire første af disse luftforureningskomponenter langt hovedparten af de helbredsskadelige effekter af luftforureningen (Ellermann et al., 2023). Detaljer om fastlæggelsen af indeksniveauerne kan findes via EEA's hjemmeside (EEA, 2023).

Københavns Kommunes luftkvalitetsindeks beregnes løbende for hver time på basis af målinger af timemiddelværdier for kvælstofdioxid, $PM_{2,5}$ og PM_{10} ved Københavns Kommunes fem målestationer i København. For hver luftforureningskomponent og for hver time fastlægges et indeks (Tabel 2.1) og

det samlede luftkvalitetsindeks svarer til indekset for den luftforureningskomponent, som har den dårligste luftkvalitet. Princippet kan illustreres ved følgende tænkte eksempel:

	Luftkoncentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Indeks
PM _{2,5}	15	Overvejende god
PM ₁₀	28	Overvejende god
Kvælstofdioxid	39	God
Samlet Indeks		Overvejende god

Koncentrationerne af de tre luftforureningskomponenter er ofte tidsmæssigt korrelerede, så derfor vil det ofte være mere end én af luftforureningskomponenterne, som vil give det samme indeks.

Tabel 2.1. Indeks niveauer i Københavns Kommunes nuværende luftkvalitetsindeks, som baseres på målinger af luftkoncentrationerne af PM_{2,5}, PM₁₀ og kvælstofdioxid på Københavns Kommunes 5 målestationer. Indekset er baseret på EEA's luftkvalitetsindeks (EEA, 2023), som også inkluderer ozon og svovldioxid. EEA's indeks for ozon er inkluderet i tabellen, da indekset vil blive anvendt senere i afsnittet. Alle koncentrationer er angivet i $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Koncentrationerne af svovldioxid er så lave i Danmark (Ellermann et al., 2023), at det ikke er relevant at inkludere svovldioxid som en del af luftkvalitetsindekset

	God	Overvejende god	Mindre god	Dårlig	Meget dårlig	Ekstrem dårlig*
PM _{2,5}	0-10	10-20	20-25	25-50	50-75	75-800
PM ₁₀	0-20	20-40	40-50	50-100	100-150	150-1200
Kvælstofdioxid	0-40	40-90	90-120	120-230	230-340	340-1000
Ozon**	0-50	50-100	100-130	130-240	240-380	380-800

* Koncentrationer højere end den øvre grænse anses som fejl på instrumenter og kasseres automatisk.

** EEA's indeks for ozon, som ikke anvendes af Københavns Kommune.

EEA's luftkvalitetsindeks fungerer efter samme princip, men der er en række forskelle mellem EEA's og Københavns Kommunes luftkvalitetsindeks:

- EEA's luftkvalitetsindeks inkluderer ozon, som ikke indgår i Københavns Kommunes luftkvalitetsindeks. Ozon er dog kun inkluderet i luftkvalitetsindekset, når luftkvalitetsindekset beregnes for bybaggrund eller forstadsområder, mens ozon ikke inkluderes på tæt trafikerede gader. Begrundelsen for dette er, at vejtrafikkens udledning af kvælstofilter giver en kemisk reduktion af ozonkoncentrationerne, så ozonkoncentrationerne ofte er væsentligt lavere i tæt trafikerede områder end i bybaggrund og forstadsområder (EEA, 2023).
- Udover at inkludere ozon, så inkluderes også svovldioxid i EEA's luftkvalitetsindeks, hvilket ikke er tilfældet for Københavns Kommunes luftkvalitetsindeks. Da koncentrationerne af svovldioxid er meget lave i København (Ellermann et al., 2023), vil luftkvalitetsindekset for svovldioxid altid være "God", så derfor er der i relation til svovldioxid ikke tale om en reel forskel mellem de to luftkvalitetsindeks.
- I tillæg til gademålestationer inkluderer EEA's indeks også land- og bybaggrundsmålestationer. Dette giver mulighed for at orientere sig om forskellen mellem luftkvalitetsindekset i forskellige typer omgivelser som for eksempel forskellen på landligt område eller park versus tæt trafikeret gade. Københavns Kommunes luftkvalitetsindeks inkluderer kun data fra gademålestationer - selv om målestationen på Backersvej formentligt er tæt på at repræsentere forholdene i bybaggrund.

- EEA's indeks er baseret på aktuelle online-målinger, men i de tilfælde, hvor der ikke forefindes målinger, så suppleres måleresultaterne med modelresultater. Det fremgår ikke, hvordan manglende data håndteres i forbindelse med Københavns Kommunes luftkvalitetsindeks.
- EEA's indeks er beregnet ud fra 24-timers løbende middelværdier for $PM_{2,5}$ og PM_{10} , og timemiddelværdier for kvælstofdioxid, ozon og svovldioxid. Københavns Kommunes luftkvalitetsindeks beregnes ud fra timemiddelværdier for alle luftforureningskomponenter. Der anvendes samme indeksniveauer ved beregningerne for begge luftkvalitetsindeks på trods af forskellen i midlingstid. Det betyder, at Københavns Kommunes indeks vil ligge for højt i kortvarige episoder med høje koncentrationer og for lavt i kortvarige episoder med lave koncentrationer.
- EEA's luftkvalitetsindeks angiver et luftkvalitetsindeks, som er tre timer bagud set i forhold til det tidspunkt målingerne er afsluttet på. Københavns Kommunes hjemmeside angiver ingen information om denne tidsforsinkelse, men baseret på hjemmesidens grafer vurderes det, at Københavns Kommunes indeks kun er én time bagud set i forhold til afslutningen af målingerne.
- Københavns Kommunes luftkvalitetsindeks har en grafisk afbildning af udviklingstendensen i lighed med EEA's luftkvalitetsindeks. Københavns Kommunes grafiske afbildning er mere overskuelig og lettere at forstå. Der er imidlertid et væsentligt problem, at Københavns Kommunes luftkvalitetsindeks beregnes ud fra de samme indeksniveauer uafhængigt af, om luftkvalitetsindekset beregnes ud fra time-, tretimers- eller 24-timersmiddelværdier. Når man kigger på den grafiske afbildning baseret på 24-timersmiddelværdier kan man for eksempel risikere, at indekset er "Overvejende god", selv om der af den grafiske afbildning baseret på timemiddelværdier kan fremgå perioder i løbet af dagen, hvor indekset er "Dårlig". Det er u hensigtsmæssigt, at informationen ikke er entydig.
- EEA's luftkvalitetsindeks er koblet til modelberegnet forudsigtelse af luftkvalitetsindekset 24 timer frem i tiden. Dette giver mulighed for at planlægge dagens aktiviteter således handleanvisningerne kan tages med i betragtning fremadrettet. Dette vil blive uddybet i Kapitel 4.

Ud over ovenstående er informationen om indekset mere begrænset på Københavns Kommunes hjemmeside end på EEA's hjemmeside, hvor EEA blandt andet beskriver, hvordan luftkvalitetsindekset beregnes, og hvordan indeksniveauerne er fastlagt.

2.2 Nuværende luftkvalitetsindeks set i forhold til luftkvalitetsniveauerne i København

I DCE's projektforslag er det inkluderet, at det nuværende og det nye forslag til luftkvalitetsindeks skal vurderes i forhold til de målte luftkoncentrationer i 2021 ved Københavns Kommunes fem luftmålestationer og gademålestationen ved H.C. Andersens Boulevard og bybaggrundsmålestationen på taget af H.C. Ørsted Instituttet. De to sidste målestationer drives af DCE, og de indgår i den nationale overvågning af luftkvalitet under NOVANA (Ellermann et al., 2023).

Formålet er at sikre, at det nye forslag til luftkvalitetsindeks så at sige er relevant set i forhold til de luftforureningsniveauer, der er i København. For eksempel vil der ikke være grund til at inkludere indeksniveauer for ekstrem høj luftforurening, hvis disse niveauer ikke bliver målt i København.

DCE har gennemgået de kvalitetssikrede måledata for 2021 fra Københavns Kommunes fem målestationer og vurderer, at der er væsentlige problemer med måledata for partikelforureningen, hvor der navnlig for PM_{10} måles for lave værdier for vintermånederne. DCE har orienteret Københavns Kommune om disse problemer. Derfor har DCE valgt alene at benytte data fra gademålestationen ved H.C. Andersens Boulevard og bybaggrundsmålestationen på taget af H.C. Ørsted Institutet. Dette er de to målestationer i København, hvor alle fire luftforureningskomponenter i det nye forslag til luftkvalitetsindeks bliver målt.

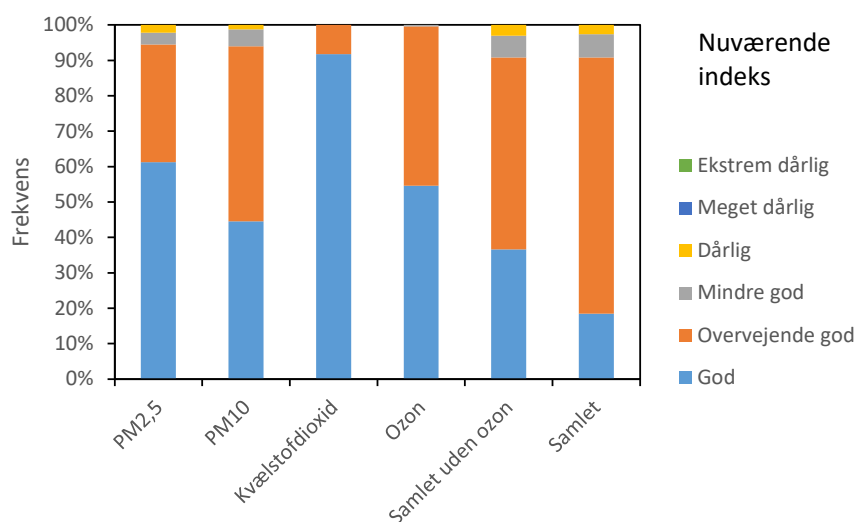
DCE har valgt at benytte døgnmiddelværdier for $PM_{2,5}$ og PM_{10} målt med LVS (low volume sampling og gravimetrisk bestemmelse af partikelmassen; Ellermann et al., 2023). Disse målinger er akkrediterede og følger EU's referencemetode og følger dermed kravene opstillet i EU's luftkvalitetsdirektiv (EU, 2008). Dette er de eneste målinger af PM ved bybaggrundsmålestationen på H.C. Ørsted Institutet, mens der ved gademålestationen på H.C. Andersens Boulevard også måles $PM_{2,5}$ og PM_{10} med timemiddelværdier ved hjælp af TEOM-metoden (Tapered element oscillating microbalance). Målingerne med TEOM-metoden er betydeligt mere usikre end målingerne med LVS. For at gøre det ens på de to målestationer, er det valgt udelukkende at inkludere data målt med LVS. For kvælstofdioxid og ozon foretages der akkrediterede målinger af timemiddelværdier, som følger EU's referencemetode (EU, 2008).

For at kunne beregne luftkvalitetsindekset på timeniveau, er de løbende 24-timersmiddelværdier time for time estimeret ud fra døgnmålingerne ved at beregne en tidsvægtet middelværdi (til eksempel så er middelværdien for kl. 12 den 2. januar beregnet ud fra døgnmiddelværdien for den 1. januar vægtet med 75% og døgnmiddelværdien for den 2. januar vægtet med 25%). Denne måde at estimere de løbende 24-timersmiddelværdier vurderes at være tilstrækkelig præcis set i forhold til, at målet er at få et billede af fordelingen af indeksniveauerne ved to målestationer. Anvendelse af løbende 24-timersmiddelværdier følger den metode, som EEA har udarbejdet for beregning af luftkvalitetsindekset, men svarer ikke til Københavns Kommunes metode.

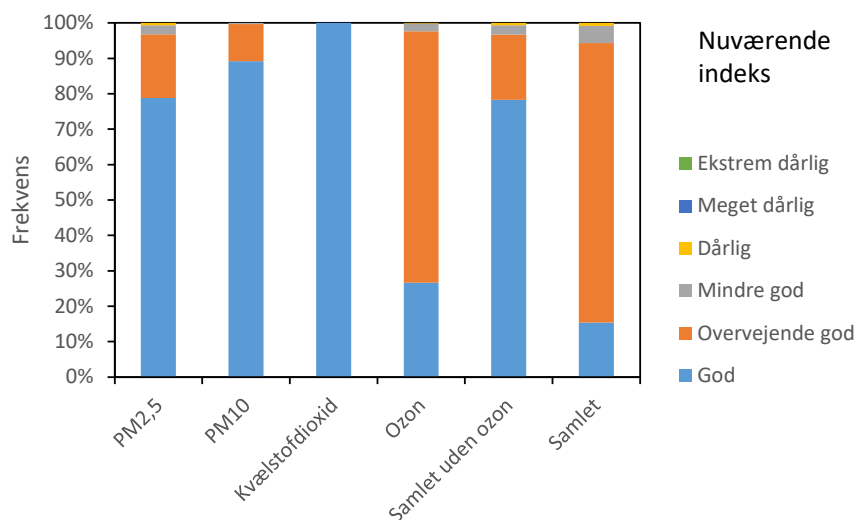
Figur 2.1 og 2.2 viser fordelingen af luftkvalitetsindekset i 2021 på de forskellige indeksniveauer for henholdsvis gademålestationen på H.C. Andersens Boulevard og bybaggrundsmålestationen på H.C. Ørsted Institutet. På gademålestationen ses, at det samlede indeks for omkring 91% af tiden ligger på "God" og "Overvejende god" (henholdsvis 18% og 72%), mens "Mindre god" og "Dårlig" udgør henholdsvis omkring 7% og 3%. Der er ingen timer med samlet indeks på "Meget dårlig" og "Ekstrem dårlig". Forskellen mellem det samlede indeks med og uden ozon har mindre betydning, da det kun giver anledning til en mindre ændring på fordelingen mellem "God" og "Overvejende god". Ved sammenligning mellem det samlede indeks og indeks for de enkelte luftforureningskomponenter ses, at det er $PM_{2,5}$ og PM_{10} , der giver anledning til de dårligste indeksniveauer, og at kvælstofdioxid stort set ikke spiller nogen rolle for det samlede luftkvalitetsindeks med den nuværende metode til beregning af luftkvalitetsindekset.

På bybaggrundsniveau ses ligeledes, at det samlede indeks for omkring 94% af tiden ligger på "God" og "Overvejende god" (henholdsvis 15% og 79%). "Mindre god" og "Dårlig" udgør her henholdsvis omkring 5% og 1%. Set i forhold til gademålestationen, så spiller det en større rolle, om ozon inkluderes eller ikke, hvilket skyldes de kemiske reaktioner i atmosfæren (dette forklares i afsnit 2.4). Når ozon inkluderes, er indekset for 80% af tiden "Overvejende god", mens indekset beregnet uden ozon for 80% af tiden ligger på "God". Ozon er også ansvarlig for omkring halvdelen af de 5% af timerne, hvor indekset ligger på "Mindre god" og bidrager også til timerne, hvor indekset ligger på "Dårlig".

Med den nuværende metode til beregning af luftkvalitetsindekset, er der kun mindre forskel mellem luftkvalitetsindekset for gademålestationen på H.C. Andersens Boulevard og bybaggrundsmålestationen på H.C. Ørsted Institutet. Dette virker intuitivt forkert, da luftforureningen på gademålestationen på H.C. Andersens Boulevard er væsentligt højere end på bybaggrundsmålestationen på H.C. Ørsted Institutet (Ellermann et al., 2023). Årsagen ligger i den måde indeksniveauerne er fastlagt på i det nuværende luftkvalitetsindeks, som blandt andet medfører, at kvælstofdioxid ikke spiller en rolle for det samlede indeks. Netop kvælstofdioxid ligger væsentligt højere ved gademålestationen på H.C. Andersens Boulevard end ved bybaggrundsmålestationen på H.C. Ørsted Institutet, hvilket hænger sammen med, at kvælstofdioxid er en forholdsvis lokal luftforureningskomponent, og at kvælstofdioxid for langt hovedparten stammer fra vejtrafik (Ellermann et al., 2023).



Figur 2.1. Den procentvise fordeling af de forskellige indeksniveauer ved gademålestationen på H.C. Andersens Boulevard i 2021 med det nuværende luftkvalitetsindeks. Figuren inkluderer både et samlet luftkvalitetsindeks beregnet ud fra PM_{2,5}, PM₁₀ og kvælstofdioxid (Samlet indeks uden ozon) og et luftkvalitetsindeks beregnet ud fra PM_{2,5}, PM₁₀, kvælstofdioxid og ozon (Samlet). Dette giver mulighed for at vurdere effekten af at inkludere ozon i luftkvalitetsindekset.



Figur 2.2. Den procentvise fordeling af de forskellige indeksniveauer ved bybaggrunds-målestationen på taget af H.C. Ørsted Institutet i 2021 med det nuværende luftkvalitetsindeks. Figuren inkluderer både et samlet luftkvalitetsindeks beregnet ud fra PM_{2,5}, PM₁₀ og kvælstofdioxid (Samlet indeks uden ozon) og et luftkvalitetsindeks beregnet ud fra PM_{2,5}, PM₁₀, kvælstofdioxid og ozon (Samlet). Dette giver mulighed for at vurdere effekten af at inkludere ozon i luftkvalitetsindekset.

2.3 Forslag til opdateret luftkvalitetsindeks

Siden det nuværende luftkvalitetsindeks er blevet udarbejdet, er der kommet megen ny viden om helbredseffekterne af luftforureningen. På basis af denne ny viden har WHO opdateret deres retningslinjer for luftkvalitet, som blev offentliggjort i 2021 (WHO 2021). Det er disse retningslinjer fra WHO, som DCE har benyttet som udgangspunkt for udarbejdelsen af et nyt forslag til luftkvalitetsindeks for Københavns Kommune. Det nye forslag er i lighed med det nuværende luftkvalitetsindeks baseret på korttids eksponering for luftforureningen og korttids effekter af denne.

I de nye retningslinjer fra WHO blev der indført nye retningslinjer for korttids eksponering af de luftforureningskomponenter, som giver de største helbredseffekter. Tabel 2.2 angiver disse retningslinjer for PM_{2,5}, PM₁₀, kvælstofdioxid og ozon (WHO, 2021). Det er de fire værdier, der er fremhævet med fed skrift, som danner skelettet for niveauerne i det nye forslag til luftkvalitetsindeks.

Tabel 2.2. WHO's opdaterede retningslinjer for korttidseksponering af luftkvalitet for PM_{2,5}, PM₁₀, kvælstofdioxid og ozon (WHO, 2021). Til sammenligning viser tabellen også retningslinjer for langtidseksponering, som for PM_{2,5}, PM₁₀ og kvælstofdioxid er baseret på årsmiddelværdier og ozon på en parameter kaldet peak season. Peak season beregnes ud fra gennemsnit af de daglige maksimale 8-timersmiddelværdier i de seks måneder af året, hvor ozonkoncentrationen er højest.

Luftforureningskomponent	Midlingstid	Retningslinje µg/m ³
PM _{2,5}	24-timersmiddelværdi*	15
	Årsmiddelværdi	5
PM ₁₀	24-timersmiddelværdi*	45
	Årsmiddelværdi	15
Kvælstofdioxid	24-timersmiddelværdi*	25
	Årsmiddelværdi	10
Ozon	8-timersmiddelværdi*	100
	Peak-season**	60

* 99%-fraktilen, hvilket svarer til 3-4 overskridelser per år.

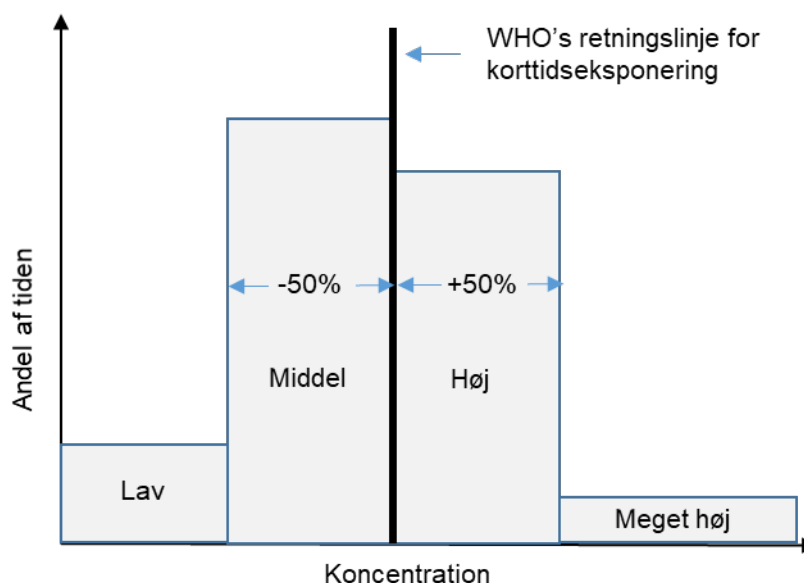
** Middelt af den daglige maksimale 8-timersmiddelværdi for ozon i de seks sammenhængende måneder med de højeste løbende ozonkoncentrationer.

Udover at basere forslaget på de mest opdaterede retningslinjer fra WHO, så er det også valgt at foreslå ændringer på følgende punkter set i forhold til det luftkvalitetsindeks, som Københavns Kommune anvender i dag:

- Det nuværende indeks er opdelt i seks indeksniveauer, men for at luftkvalitetsindekset skal være lettere at forstå og overskue, så har vi valgt at reducere antallet af indeksniveauer til fire. Det hænger også sammen med, at dette giver bedre mulighed for at beskrive handleanvisninger, hvor der er en reel forskel mellem de forskellige indeksniveauer.
- Det nuværende luftkvalitetsindeks er i Københavns Kommune baseret på løbende timemiddelværdier. Retningslinjerne for korttidseksponering fra WHO er imidlertid baseret på løbende 24-timersmiddelværdier og for ozon 8-timersmiddelværdier. Af hensyn til det videnskabelige grundlag bag retningslinjerne for korttidseksponering, så er DCE's forslag til nyt luftkvalitetsindeks baseret på løbende 24-timersmiddelværdier og for ozon 8-timersmiddelværdier.
- De ændrede midlingstider giver ikke den samme tidslige dynamik i luftforureningsindekset, som hvis der havde været anvendt timemiddelværdier. Da luftforureningsindekset er bagud med en time, så er det formentligt i de fleste tilfælde hensigtsmæssigt, at der er lidt mindre tidslig variation i luftkvalitetsindekset. Dette kan i et vist omfang forebygges, at borgere reagerer uhensigtsmæssigt i forbindelse med en kortvarig episode med høje koncentrationer. En sådan episode kan allerede være overstået inden indekset er blevet offentliggjort.
- Betegnelse for indeksniveauerne er ændret til "Lav", "Middel", "Høj" og "Meget høj", hvilket er baseret på et ønske om, at betegnelserne i højere grad skal fremstå objektive og mere kvantitativt funderet. De nuværende betegnelser (God, Overvejende god, Mindre god, Dårlig, Meget dårlig, Ekstremt dårlig) kan i højere grad opleves subjektivt i den forstand, at nogle opfatter den generelle luftkvalitet, som værende god i dag, hvis den er meget lavere end tidligere. Andre kan opfatte selv de laveste niveauer, som dårlig, da der fortsat er mange helbredseffekter af luftforureningen, selv ved de lave niveauer vi har i dag.

- Det er valgt at benytte en mere lineær opdeling af indeksniveauerne. I både EEA's og Københavns Kommunes luftkvalitetsindeks er fordelingen mellem indeksniveauere meget ujævn. Til eksempel så dækker indeksniveauet "Overvejende god" 10-20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, "Mindre god" 20-25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og "Dårlig" 25-50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for $\text{PM}_{2.5}$ (Tabel 2.1). Der er ikke et helbredsmæssigt argument for denne skæve fordeling mellem intervallerne.
- Ozon er inkluderet i det nye forslag til indeks, da ozon har væsentlig betydning for luftkvaliteten; navnlig om sommeren. I afsnit 2.4 illustreres baggrunden for, at vi mener det er essentielt at inkludere ozon i indekset. Når ozon inkluderes, så er det også fordi, Danmark i henhold til EU's luftkvalitetsdirektiv har en forpligtelse til at informere, og i værste fald advare befolkningen i tilfælde af episoder med ozonkoncentrationer over en fastlagt informations- og advarselstærskel svarende til timemiddelkoncentrationer på over henholdsvis 180 og 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (EU, 2008). Advarslestærsklen overskrides ikke i Danmark, men informationstærsklen overskrides en til to gange med 2-3 års mellemrum. På trods af det er sjældent, så bør det undgås, at Københavns Kommunes luftkvalitetsindeks kommer i modsætning til den nationale information af befolkningen.

Tabel 2.3 viser DCE's nye forslag til luftkvalitetsindeks, som er baseret på ovenstående overvejelser, og i Figur 2.3 præsenteres en principskitse for opbygningen af det nye forslag. WHO's retningslinjer for luftkvalitet set i forhold til korttidseksponering er valgt som den øvre grænse af indeksniveauet betegnet "Middel". WHO's retningslinjer er markeret med fed skrift i tabellen. Grænsen mellem "Lav" og "Middel" er valgt til -50% af WHO's retningslinje, mens grænsen mellem "Høj" og "Meget høj" er sat til +50% af WHO's retningslinje. Det vurderes, at i forhold til sammenhængen mellem luftkvalitet og helbredseffekterne af luftforureningen så foreligger der ikke et egentligt videnskabeligt helbredsmæssigt grundlag, som kan anvendes til at fastlægge disse grænser. Derfor er der valgt en simpel transparent fremgangsmåde, og det er gjort ens for alle luftforureningskomponenterne.



Figur 2.3. Skitse af principperne bag DCE's forslag til fastlæggelse af indeksniveauerne for de enkelte luftforureningskomponenter.

Table 2.3. Indeksniveauer i DCE's forslag til nyt luftkvalitetsindeks for Københavns Kommune. Alle koncentrationer er angivet i $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Tallene med fed skrift svarer til WHO's retningslinjer for korttidsponering (Table 2.2; WHO, 2021).

	Lav	Middel	Høj	Meget høj*
PM _{2,5}	0-7,5	7,5- 15	15-22,5	Over 22,5
PM ₁₀	0-22,5	22,5- 45	45-67,5	Over 67,5
Kvælstofdioxid	0-12,5	12,5- 25	25-37,5	Over 37,5
Ozon	0-50	50- 100	100-150	Over 150

* Urealistisk høje koncentrationer kasseres automatisk, da disse anses for fejl på instrumenterne. Grænserne for urealistisk høje koncentrationer er sat til 800, 1200, 1000 og 800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for henholdsvis PM_{2,5}, PM₁₀, kvælstofdioxid og ozon.

2.4 Forslag til nyt luftkvalitetsindeks set i forhold til luftkvalitetsniveauerne i København

Figur 2.4 og 2.5 viser fordelingen af luftkvalitetsindekset i 2021 på de forskellige indeksniveauer for henholdsvis gademålestationen på H.C. Andersens Boulevard og bybaggrundsmålestationen på H.C. Ørsted Institutet beregnet ud fra det nye forslag til luftkvalitetsindeks. På gademålestationen ses, at det samlede indeks for omkring 42% af tiden ligger på "Middel" og omkring 42% på "Høj". Der er kun omkring 1% på "Lav" og omkring 15% på "Meget høj". Set som gennemsnit for hele året, så er forskellen mellem det samlede indeks med og uden ozon minimal. Ved sammenligning mellem det samlede indeks og indeks for de enkelte luftforureningskomponenter ses, at det er kvælstofdioxid, som er toneangivende. Som gennemsnit for året er der kun lille forskel mellem luftkvalitetsindekset for kvælstofdioxid og det samlede indeks. Dette er væsentligt forskelligt set i forhold til det nuværende indeks, hvor kvælstofdioxid stort set ingen rolle spiller. Den næst vigtigste komponent er PM_{2,5}, som blandt andet giver anledning til omkring en tredjedel af timerne med "Meget høj".

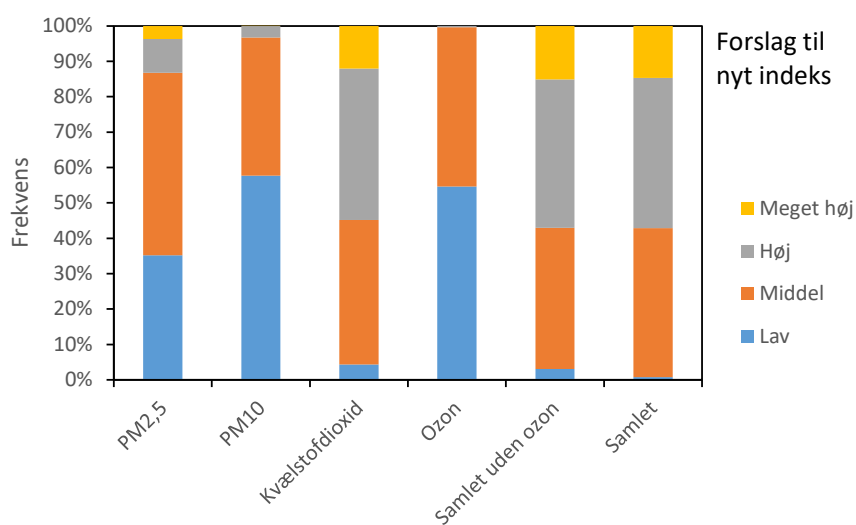
På bybaggrundsniveau ses et andet billede, da langt hovedparten af timerne ligger på "Middel" (omkring 82%), mens omkring 8% ligger på "Lav", omkring 8% på "Høj" og 2% på "Meget høj". Lige som for det nuværende indeks så spiller ozon en større rolle ved bybaggrundsmålestationen end ved gademålestationen, hvilket hænger sammen med, at ozon i store dele af året ligger på relativt høje koncentrationer i bybaggrund (se senere i afsnittet). Timerne med indeks på "Høj" og "Meget høj" skyldes i store træk PM_{2,5}. Kvælstofdioxid spiller som ventet kun en beskeden rolle i bybaggrund, selv om det nye forslag til luftkvalitetsindeks giver anledning til en højere andel af timer med luftkvalitetsindeks "Middel" og "Høj".

Med det nye forslag til luftkvalitetsindeks, så ses stor forskel mellem luftkvalitetsindekset for gademålestationen på H.C. Andersens Boulevard og bybaggrundsmålestationen på H.C. Ørsted Institutet. Med Københavns Kommunes nuværende luftkvalitetsindeks er der langt mindre forskel på de to målestationer. Det nye forslag til luftkvalitetsindeks er derfor i højere grad i tråd med den generelle viden om luftforureningen på stærkt trafikerede gader og i bybaggrund. Det nye forslag til luftkvalitetsindeks giver også mening, når man vurderer luftkvalitetsindekset for de enkelte luftforureningskomponenter:

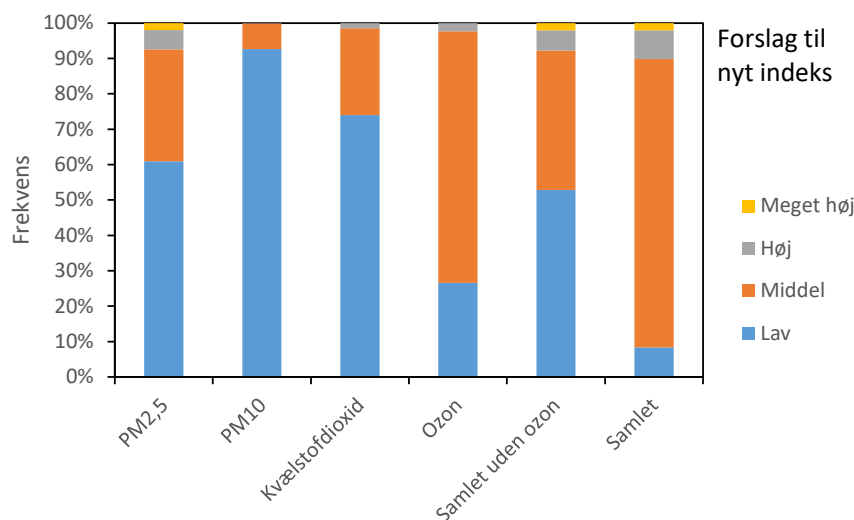
- Det nye forslag bevirker, at kvælstofdioxid spiller en stor rolle for det samlede indeks på gademålestationen, mens kvælstofdioxid spiller en mere ubetydelig rolle i bybaggrund. Dette hænger sammen med at kvælstofdioxid er en relativt lokal luftforureningskomponent.

- Ozon er vigtig for det samlede indeks i bybaggrund, mens det kun spiller en lille rolle på gademålestationen. Dette hænger sammen med, at ozon nedbrydes kemisk grundet udledningerne fra vejtrafikken (se senere i afsnittet).
- Luftkvalitetsindekset for PM_{2,5} på gademålestationen ligger noget over niveauet i bybaggrund, men omvendt er der ikke nær så stor forskel mellem de to stationer som for kvælstofdioxid og ozon. Dette hænger sammen med den store grad af langtransport af PM_{2,5}. PM₁₀ spiller en relativt beskednen rolle på begge målestationer.

Endelig giver forslaget til nyt luftkvalitetsindeks samlet set anledning til en højere andel af timer med højt luftkvalitetsindeks set i forhold til det nuværende indeks. Dette anses for at være i god overensstemmelse med den generelle viden om, at der fortsat er relativt store helbredseffekter af luftforureningen i Danmark (Ellermann et al., 2023).



Figur 2.4. Den procentvise fordeling af de forskellige indeksniveauer ved gademålestationen på H.C. Andersens Boulevard i 2021 beregnet ud fra det nye forslag til luftkvalitetsindeks. Figuren inkluderer både et samlet luftkvalitetsindeks beregnet ud fra PM_{2,5}, PM₁₀ og kvælstofdioxid (Samlet indeks uden ozon) og et luftkvalitetsindeks beregnet ud fra PM_{2,5}, PM₁₀, kvælstofdioxid og ozon (Samlet). Dette giver mulighed for at vurdere effekten af at inkludere ozon i luftkvalitetsindekset.



Figur 2.5. Den procentvise fordeling af de forskellige indeksniveauer ved bybaggrunds-målestationen på taget af H.C.Ørsted Institutet i 2021 beregnet på basis af det nye forslag til luftkvalitetsindeks. Figuren inkluderer både et samlet luftkvalitetsindeks beregnet ud fra PM_{2,5}, PM₁₀ og kvælstofdioxid (Samlet indeks uden ozon) og et luftkvalitetsindeks beregnet ud fra PM_{2,5}, PM₁₀, kvælstofdioxid og ozon (Samlet). Dette giver mulighed for at vurdere effekten af at inkludere ozon i luftkvalitetsindekset.

For at undersøge relevansen af de foreslåede indeksniveauer har vi beregnet frekvensfordelingen af de løbende 24-timersmiddelværdier for PM_{2,5}, PM₁₀ og kvælstofdioxid samt løbende 8-timersmiddelværdier for ozon og sammenholdt dem med de grænser, som vi har foreslået for de fire indeksniveauer. Figur 2.6 viser frekvensfordelingen for de fire luftforureningskomponenter beregnet for gademålestationen på H.C. Andersens Boulevard og bybaggrunds målestationen på H.C. Ørsted Institutet.

For PM_{2,5} ser frekvensfordelingen relativt ens ud for de to målestationer, om end koncentrationerne er lidt større ved gademålestationen end ved bybaggrunds målestationen. Dette hænger sammen med, at PM_{2,5} for en stor del stammer fra langtransport af luftforureningen ind til København, og at lokale kilder (for eksempel vejtrafik) kun bidrager i mindre omfang. For PM₁₀ ses noget større forskel mellem de to målestationer, hvilket hænger sammen med, at vejtrafik giver et større bidrag til PM₁₀ end til PM_{2,5}, som især skyldes bidraget fra ikke-udstødning (vej-, dæk- og bremseslid).

Vejtrafik er den vigtigste kilde til kvælstofdioxid i byerne, hvilket er årsagen til de væsentligt højere koncentrationer ved gademålestationen sammenlignet med bybaggrunds målestationen. For ozon ses til gengæld, at koncentrationen er højere i bybaggrund end ved gademålestationen. Ozon kan transporteres over stor afstand via luften, og overordnet set ses en meget ensartet geografisk fordeling af ozon hen over Danmark. I byer og navnlig ved stærkt trafikerede gader ses imidlertid lavere koncentrationer end i landbaggrundsområder, fordi udledninger af kvælstofoxider fra vejtrafik bevirker lavere koncentrationer af ozon i gaderummet via den kemiske reaktion:



Den kemiske fjernelse af ozon forklarer, hvorfor ozon spiller en større rolle ved bybaggrunds målestationen end ved gademålestationen. Koncentrationen

De næste fire grafer viser indeks for de fire luftforureningskomponenter, men det er kun for de timer, hvor indekset fra de enkelte luftforureningskomponenter svarer til det samlede indeks. Et eksempel kunne være, at indeks fra $PM_{2,5}$ er det højeste indeks for gademålestationen på H.C. Andersens Boulevard, mens indeks fra kvælstofdioxid ligger lavere. Den fjerdeøverste graf i Figur 2.7 vil i det tænkte eksempel vise en prik for $PM_{2,5}$, da det er $PM_{2,5}$, som svarer til det samlede indeks. Den næstøverste graf i Figur 2.7 viser ikke en prik for kvælstofdioxid, da indekset for kvælstofdioxid så at sige ikke har den store betydning for denne time.

For gademålestationen på H.C. Andersens Boulevard ses en relativt jævn fordeling af det samlede indeks over året, selv om der dog er en tendens til, at det samlede indeks er lidt lavere i sommerhalvåret end i vinterhalvåret. Der er kun få helt synlige røde prikker, hvilket viser, at ozon spiller en relativt lille rolle for det samlede indeks på gademålestationen. Grafen for kvælstofdioxid minder i store træk om grafen for det samlede indeks, hvilket er i overensstemmelse med, at kvælstofdioxid spiller en afgørende rolle for det samlede indeks. For $PM_{2,5}$ ses en tydelig sæsonvariation, hvor $PM_{2,5}$ har den største betydning i vinterhalvåret og mindre betydning i sommerhalvåret. En tilsvarende sæsonvariation, omend mindre udtalt, ses også for PM_{10} . Ozon og PM_{10} er tydeligt mindre vigtige end de to andre komponenter ved gademålestationen.

For bybaggrundsmålestationen på H.C. Ørsted Instituttet ses også en relativt jævn fordeling af det samlede indeks over året, men der er en mere tydelig sæsonvariation, hvor indeks "Meget høj" kun ses i vinterhalvåret. Indeksene er generelt lidt lavere end ved gademålestationen. Der er mange helt synlige røde prikker, hvilket viser, at ozon spiller en betydelig rolle for det samlede indeks på gademålestationen. Grafen for kvælstofdioxid viser, at kvælstofdioxid spiller en langt mindre rolle i bybaggrund end på gademålestationen. $PM_{2,5}$ er vigtig for det samlede indeks og indekset "Meget høj" kommer alene fra $PM_{2,5}$. Der ses en tydelig sæsonvariation, hvor $PM_{2,5}$ er højest i vinterhalvåret, mens indekssværdierne er tydeligt mindre i sommerhalvåret. Ozon er langt mere vigtig i bybaggrund end ved gademålestationen. I sommermånederne er det ozon, som alene er ansvarlig for de perioder, hvor det samlede indeks er "Høj". Dette hænger sammen med, at de høje temperaturer og meget sollys giver anledning til høj ozonproduktion i landene syd for Danmark, og at ozon kan transporteres til Danmark over stor afstand. Det er også i sommerperioden, at der kan forekomme overskridelse af informationstærskel angivet i EU's luftkvalitetsdirektiv. PM_{10} spiller kun en meget lille rolle for det samlede indeks ved bybaggrundsmålestationen.

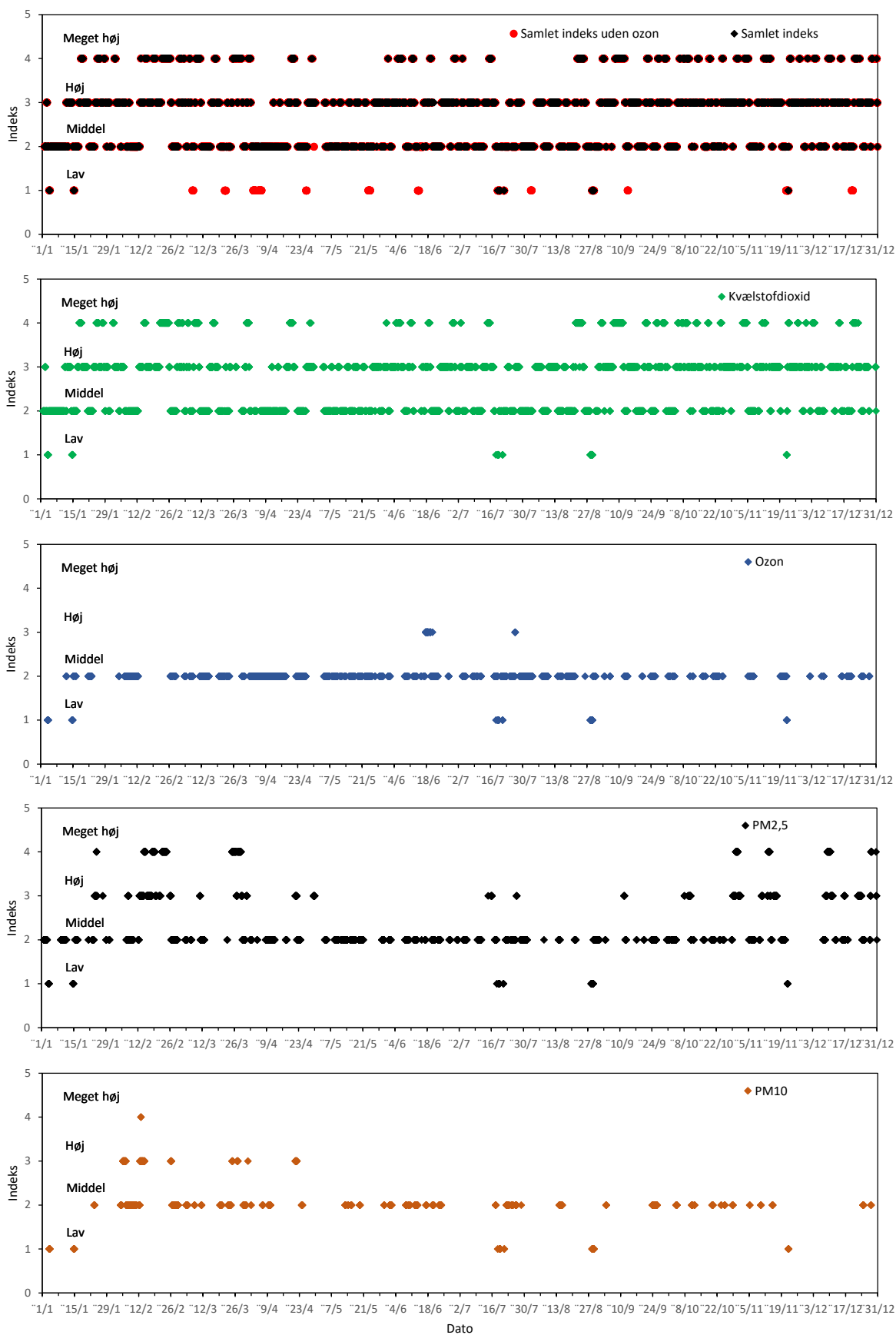


Figure 2.7. Luftkvalitetsindekset for gademeålestationen ved H.C. Andersens Boulevard for hver time i år 2021. Første figur viser det samlede indeks med og uden ozon. De synlige røde prikker viser de timer, hvor det samlede indeks er mindre uden ozon inkluderet end med ozon inkluderet. Anden figur viser de timer, hvor indekset for kvælstofdioxid svarer til det samlede indeks med ozon inkluderet, mens timer hvor indeks for kvælstofdioxid er mindre end det samlede indeks ikke vises. Tilsvarende viser tredje figur indeks for ozon, fjerde figur viser indeks for PM_{2,5} og femte figur viser indeks for PM₁₀.

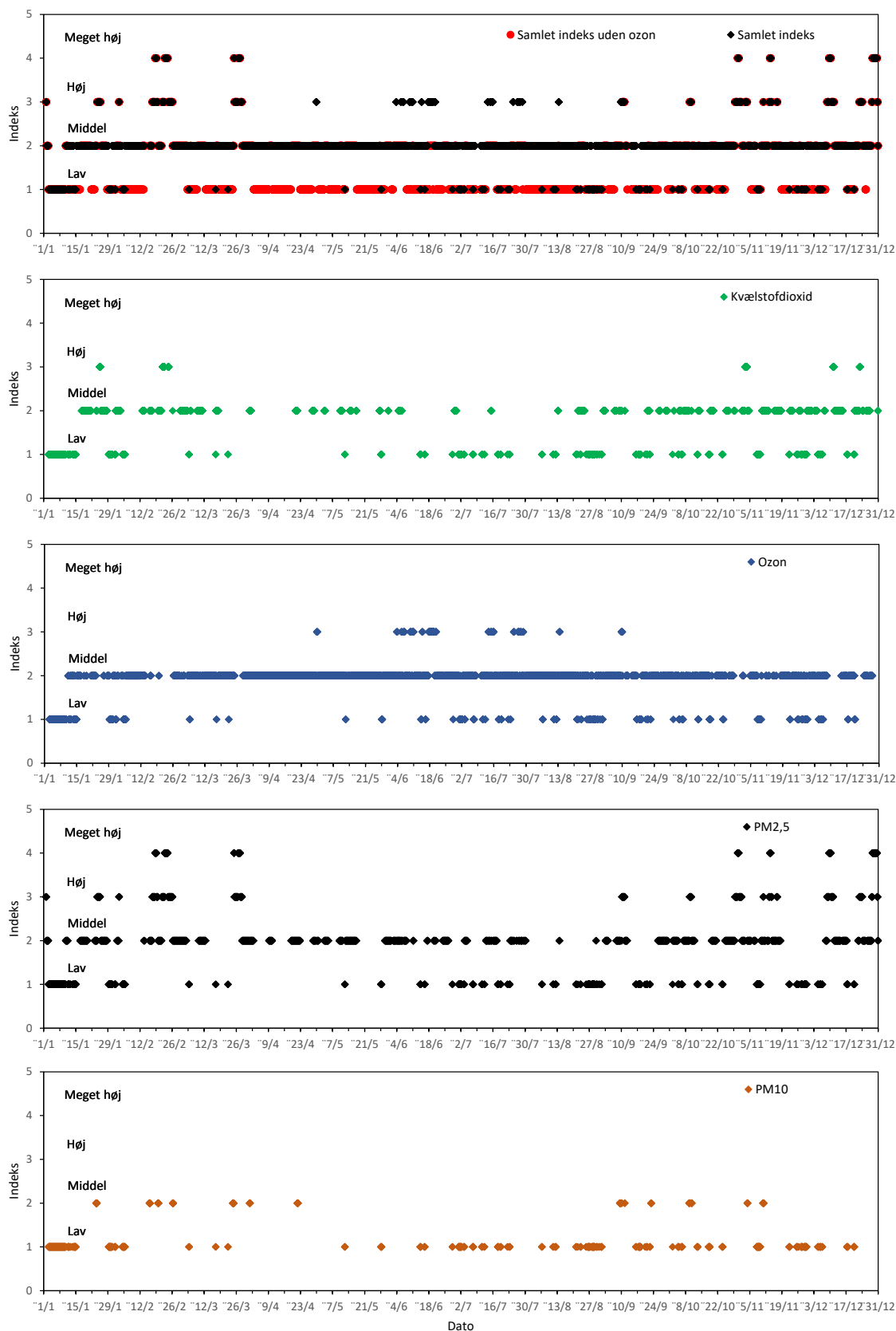


Figure 2.8. Luftkvalitetsindekset for bybaggrundsmålestationen på H.C. Ørsted Instituttet for hver time i år 2021. Første figur viser det samlede indeks med og uden ozon. De synlige røde prikker viser de timer, hvor det samlede indeks er mindre uden ozon inkluderet end med ozon inkluderet. Anden figur viser de timer, hvor indekset for kvælstofdioxid svarer til det samlede indeks med ozon inkluderet, mens timer hvor indeks for kvælstofdioxid er mindre end det samlede indeks ikke vises. Tilsvarende viser tredje figur indeks for ozon, fjerde figur viser indeks for PM_{2,5} og femte figur viser indeks for PM₁₀.

3. Forslag til opdaterede handleanvisninger

I det følgende beskrives først Københavns Kommunes nuværende handleanvisninger, som er handleanvisningerne udarbejdet af EEA (EEA, 2023). Dernæst beskrives DCE's nye forslag til handleanvisninger. Handleanvisningerne er differentieret i anvisninger for raske og anvisninger for særligt sårbare grupper. Derfor beskrives også Københavns Kommunes nuværende forslag til definition af gruppen af særligt sårbare borgere og DCE's nye forslag, som er baseret på den nyeste viden om helbredseffekterne af luftforureningen.

3.1 Nuværende handleanvisninger

De nuværende handleanvisninger er en oversættelse og fortolkning af "European Air Quality Index" (EEA, 2023), og bygger på informationen fra Københavns Kommunes målestationer (hvor der ikke måles ozon), se Figur 3.1 og 3.2. I forbindelse med implementering af handleanvisningerne har Københavns Kommune udvidet definition af sårbare grupper i forhold til EEA's definition, idet EEA nævner "Børn og voksne med luftvejslidelser og voksne med hjertelidelser", mens Københavns Kommune har inkluderet børn, gravide og ældre mere bredt.

The index bands are complemented by health related messages that provide recommendations for both the general population and sensitive populations. The latter includes both adults and children with respiratory problems and adults with heart conditions.

AQ index	General population	Sensitive populations
Good	The air quality is good. Enjoy your usual outdoor activities.	The air quality is good. Enjoy your usual outdoor activities.
Fair	Enjoy your usual outdoor activities	Enjoy your usual outdoor activities
Moderate	Enjoy your usual outdoor activities	Consider reducing intense outdoor activities, if you experience symptoms.
Poor	Consider reducing intense activities outdoors, if you experience symptoms such as sore eyes, a cough or sore throat	Consider reducing physical activities, particularly outdoors, especially if you experience symptoms.
Very poor	Consider reducing intense activities outdoors, if you experience symptoms such as sore eyes, a cough or sore throat	Reduce physical activities, particularly outdoors, especially if you experience symptoms.
Extremely poor	Reduce physical activities outdoors.	Avoid physical activities outdoors.

Figur 3.1. EEA's handleanvisninger kopieret fra EEA's hjemmeside (EEA, 2023). Første kolonne angiver de forskellige niveauer for luftkvalitetsindekset. Anden kolonne angiver handleanvisning for den generelle befolkning og tredje kolonne angiver handleanvisninger for de særligt sårbare. I forklaringen til tabellen angives definition på gruppen af særligt sårbare.

Hvordan er luftkvaliteten?	Sådan skal du forholde dig	Sådan skal du forholde dig, hvis du er særlig sårbar (børn, gravide, ældre og kroniske syge)
God	Du kan roligt nyde vores by og færdes udenfor	Du kan roligt nyde vores by og færdes udenfor
Overvejende god	Du kan nyde vores by og færdes udenfor	Du kan nyde vores by og færdes udenfor
Mindre god	Du kan færdes udenfor	Du kan færdes udenfor, men begræns intens fysisk aktivitet udenfor - særligt hvis du oplever ubehag
Dårlig	Du kan færdes udenfor, men begræns intens fysisk aktivitet udenfor	Du kan færdes udenfor, men begræns fysisk aktivitet udenfor - særligt hvis du oplever ubehag
Meget dårlig	Du kan færdes udenfor, men begræns intens fysisk aktivitet udenfor	Begræns fysisk aktivitet udenfor - særligt hvis du oplever ubehag
Ekstrem dårlig	Begræns fysisk aktivitet udenfor	Undgå fysisk aktivitet udenfor

Figur 3.2. Københavns Kommune handleanvisninger (<https://erluftensund.kk.dk/>), hvor første kolonne refererer til de forskellige luftkvalitetsniveauer ved de Københavnske målestationer. Anden kolonne angiver handleanvisning for den generelle befolkning, mens tredje kolonne angiver handleanvisninger for de særligt sårbare. I forklaringen til tabellen angives definition på gruppen af særligt sårbare.

3.2 Forslag til nye handleanvisninger

I forbindelse med udarbejdelse af DCE's nye forslag til handleanvisninger har det været et vigtigt grundlag, at anbefalingerne skal være retningsgivende på en måde, der sikrer, at handleanvisningerne er retvisende både set i forhold til luftforureningens effekter på helbred og til sundhed set mere generelt. For eksempel viser studier, at sundhedseffekten ved aktiv cykling overstiger den negative effekt på helbredet af at færdes i trafikken (Rojas-Rueda et al., 2016). Dertil kommer, at man kan mindske sin egen udsættelse for luftforurening væsentligt, ved at vælge en af de grønne cykelruter igennem byen. Handleanvisningerne skal derfor sikre, at man mindsker eksponeringen for helbreds-skadelig luftforureningen uden at det går ud over en aktiv livsstil.

Et andet aspekt, som har dannet grundlag for det udarbejdede forslag til nye handleanvisninger er de undersøgelser, som viser vigtigheden af at indtænke den geografiske variation af luftforureningen i handleanvisningerne. De grønne områder tilbyder ophold med lavere luftforurening. For eksempel viste et studie fra London fra 2007 (McCreanor et al., 2007), at personer med astma, der gik en tur på Oxford Street havde negativ påvirkning af deres lungefunktion i de efterfølgende timer. Når de samme personer gik en tur i den nærliggende Hyde Park, havde de mindre påvirkning af deres lungefunktion. Specielt for de sårbare grupper er det derfor vigtigt at vide, hvor der findes områder med væsentligt mindre luftforureningen end langs hovedtrafikårerne. Vi foreslår derfor, at der laves et kort, som viser, hvor disse områder findes, og at der er et direkte link hertil på hjemmesiden med handleanvisningerne.

Derudover er det meget vigtigt, at handleanvisningerne ikke medfører unødigt bekymring for den enkelte borger samtidig med, at de er præcise i forhold til de sårbare grupper i befolkningen.

På basis af blandt andet ovenstående, er der udarbejdet et nyt forslag til handleanvisninger (Figur 3.3), som er mere overskueligt set i forhold til de nuværende handleanvisninger, og som bedre tager højde for den nuværende viden om helbredseffekterne af luftforureningen.

Forslaget bygger endvidere på en afvejning af den risiko, der forårsages ved færdsel i byrummet og den positive effekt af samme. Specielt for den almene voksne befolkning vil der ikke være særlige effekter på luftveje og hjerte ved en kortvarig eksponering med højere luftforurening. Samtidigt skal det balanceres i forhold til, at så snart man er væk fra de stærkt trafikerede veje, er niveauerne væsentligt lavere. Dette gælder dog ikke for ozon, hvor koncentrationerne er højere i bybaggrund end ved de tæt trafikerede gader.

Hvordan er luftforureningen?	Sådan kan du forholde dig	Sådan kan du forholde dig, hvis du er særligt sårbar (børn, gravide, personer med astma, KOL & hjertesygdom)
Lav	Normalt	Normalt
Middel	Normalt	Normalt
Høj	Normalt	Begræns hård fysisk aktivitet på stærkt trafikerede gader
Meget høj	Begræns hård fysisk aktivitet på stærkt trafikerede gader	Begræns din færden på stærkt trafikerede gader. Søg mod områder med lavere luftforurening når du er udenfor (link til kort)

Figur 3.3. DCE's nye forslag til handleanvisninger, hvor første kolonne refererer til de forskellige luftkvalitetsniveauer ved de Københavnske målestationer. Anden kolonne angiver handleanvisning for den generelle befolkning, mens tredje kolonne angiver handleanvisninger for de særligt sårbare. I forklaringen til tabellen angives definition på gruppen af særligt sårbare

3.3 Nuværende beskrivelse af særligt sårbare grupper

I Københavns Kommunes nuværende beskrivelse af sårbare grupper inkluderes børn, gravide, ældre og kronisk syge, så der er tale om en relativt omfattende og sammensat gruppe, der opfordres til at følge handleanvisningerne for de særligt sårbare. På Københavns Kommunes hjemmeside (<https://erluftensund.kk.dk/viden-om/fakta-om-saarbare-grupper>) står nedenstående forklaring på baggrunden for sammensætningen af gruppen af særligt sårbare:

Børn

Børn er mere modtagelige for de skadelige effekter af luftforurening end voksne. Det skyldes flere faktorer.

Børns lunger, hjerner og immunsystemer er forsat under udvikling, og giftstoffer fra udendørs luft kan forstyrre en lang række biologiske processer.

Børn inhalerer mere luft i forhold til deres kropsvægt end voksne. Børn er mere fysisk aktive og bruger mere tid udendørs end voksne, og er dermed mere eksponeret end voksne.

Der er stigende og stærk evidens for, at både kortvarig og langvarig eksponering for udendørs luftforurening bidrager til luftvejslidelser hos børn, og at luftvejslidelser i barndommen øger risikoen for kroniske luftvejslidelser senere i livet.

Gravide

Gravide er særligt sårbare over for luftforurening, da eksponering for luftforurening under graviditet kan medføre komplikationer for moderen og barnet – blandt andet forhøjet blodtryk under graviditeten og svangerskabsforgift-

ning. Adskillige studier har vist signifikant sammenhæng mellem eksponering for luftforurening og lav fødselsvægt. Der er også forskning, der tyder på, at der er øget risiko for tidlig fødsel, dødfødsel og specifikke, større medfødte hjerteanomalier ved eksponering for luftforurening under graviditeten. Der forskes i sammenhængen mellem graviditetssukkersyge og luftforurening, men her er resultaterne blandede. Der er også stigende evidens for øget risiko for spontan abort, men her mangler fortsat mere forskning for at be- eller afkræfte sammenhængen.

Kronisk sygdom

Personer med kronisk sygdom er særligt sårbare, fordi kroppen allerede er svækket. Luftforurening kan forværre symptomerne hos personer med for eksempel astma, KOL og hjertekarsygdomme. Forværring af symptomer kan komplicere sundhedstilstanden hos kronikere.

Ældre

Ældre er særligt sårbare, fordi kroppen begynder at fungere dårligere, og risikoen for en eller flere kroniske sygdomme er stor. Det er en helt naturlig proces, og aldringsprocesserne påvirker forskellige mekanismer, væv og organer i kroppen, og alle bliver med tiden mere sårbare for sygdom. Ældre er derfor særligt sårbare over for de sundhedsmæssige konsekvenser af luftforurening.

3.4 DCE's forslag til særligt sårbar gruppe

DCE forslår en lidt mere begrænset definition af gruppen af særligt sårbare, som inkluderer børn, gravide og personer med astma, KOL og hjertesygdom. Forskellen til Københavns Kommunes definition er, at ikke alle ældre er inkluderet i DCE's forslag. Forslaget er baseret på WHO's rapport fra 2020: Personal interventions and risk communication on air pollution (WHO, 2020). Denne definition af den særligt sårbare gruppe er baseret på følgende:

- Børn er mere modtagelige for de skadelige effekter af luftforurening end voksne. Det skyldes flere faktorer. Børns lunger, hjerner og immunsystemer er forsat under udvikling, og påvirkning af udendørs luft kan føre til irritation i luftvejene. Børn inhalerer mere luft i forhold til deres kropsvægt end voksne. Børn er mere fysisk aktive og bruger mere tid udendørs end voksne, og er dermed mere udsat for udendørs luftforurening end voksne. Der er evidens for, at både kortvarig og langvarig eksponering for udendørs luftforurening bidrager til luftvejslidelser hos børn, og at luftvejslidelser i barndommen øger risikoen for kroniske sygdomme senere i livet.
- Gravide er særligt sårbare over for luftforurening, da eksponering for luftforurening under graviditet kan medføre komplikationer for moderen blandt andet forhøjet blodtryk under graviditeten og svangerskabsforgiftning. Fosteret er i en meget vigtig udviklingsfase. Hvorfor moderens udsættelse for luftforurening kan have betydning for den nyfødte. Adskillige studier har vist signifikant sammenhæng mellem eksponering for luftforurening og lav fødselsvægt. Der er også forskning, der tyder på, at der er øget risiko for bl.a. lav fødselsvægt ved eksponering for luftforurening under graviditeten.
- Personer med flere kronisk sygdomme er særligt sårbare, fordi der er en igangværende sygdomsproces. De største sygdomsgrupper, der medfører,

at man er del af gruppen af sårbare borgere, er astma, KOL og hjertesygdom. Luftforurening og kulde kan derfor forværre symptomerne hos disse personer. Herudover er diabetespatienter en vigtig følsom patientgruppe.

Ozon er en luftvejsirritation, og er derfor problematisk for personer, der lider af astma og KOL. Miljøstyrelsen informerer om forhøjede niveauer, når niveauerne en gang imellem hvert 2. til 3. år overstiger 180 mikrogram pr. kubikmeter målt over en time. Når dette sker, kan man følge anvisningerne fra Sundhedsstyrelsen: *Ozon irriterer slimhinderne i øjne og luftveje, og det er derfor især mennesker med følsomme luftveje, som det f. eks. ses hos mennesker med astma og KOL, der vil kunne få symptomer. For dem er det en god idé at undlade at dyrke motion udendørs i de perioder, hvor ozonkoncentrationen er meget høj. Særligt følsomme mennesker vil med fordel kunne opholde sig indendørs, hvor ozonkoncentrationen normalt er lavere og eventuelt aftale ændringer i deres medicin med deres egen læge.:*

<https://www.sst.dk/da/viden/forebyggelse/miljoe/luftforurening>.

- For ældre (over 65 år) er risikoen for en eller flere kroniske sygdomme stor. Ældre med mange kroniske sygdomme er særligt sårbare over for de irriterende effekter af luftforurening.

3.5 Forslag til opdaterede handleanvisninger for forskellige områder i København

Det vil være en fordel for befolkningen at være oplyste om, at luftkvalitetsindeks baseret på gademålestationerne kun gælder for gaderum - og sat på spidsen kun for det gaderum, hvor målestationen er placeret. Vi foreslår derfor, at der i forbindelse med niveauerne "Høj" og "Meget høj" henvises til, at luftforureningen i langt de fleste tilfælde vil være lavere i bybaggrund, (svagt trafikeret gader, parker, baggårde og andre byrum, der vender væk fra trafikken m.m.) end ved de tæt trafikerede gader.

For at facilitere denne vejledning foreslår vi, at man på hjemmesiden for gademålestationerne laver et link á la nedenstående:

Hvis du opholder dig i en park, baggård eller andet område uden særlig trafik, så skal du bruge luftkvalitetsindekset og handleanvisninger, der gælder for disse områder.

Der foreslås udarbejdet et kort, som viser bybaggrundsområder i København, som brugeren af luftkvalitetsindekset let kan komme til at se ved at klikke på linket. I Kapitel 4 beskrives yderligere forslag, som har til formål at give bedre information om den geografiske repræsentativitet af luftkvalitetsindeksene.

4. DCE's forslag til fremtidig udbygning af luftforureningsindekset

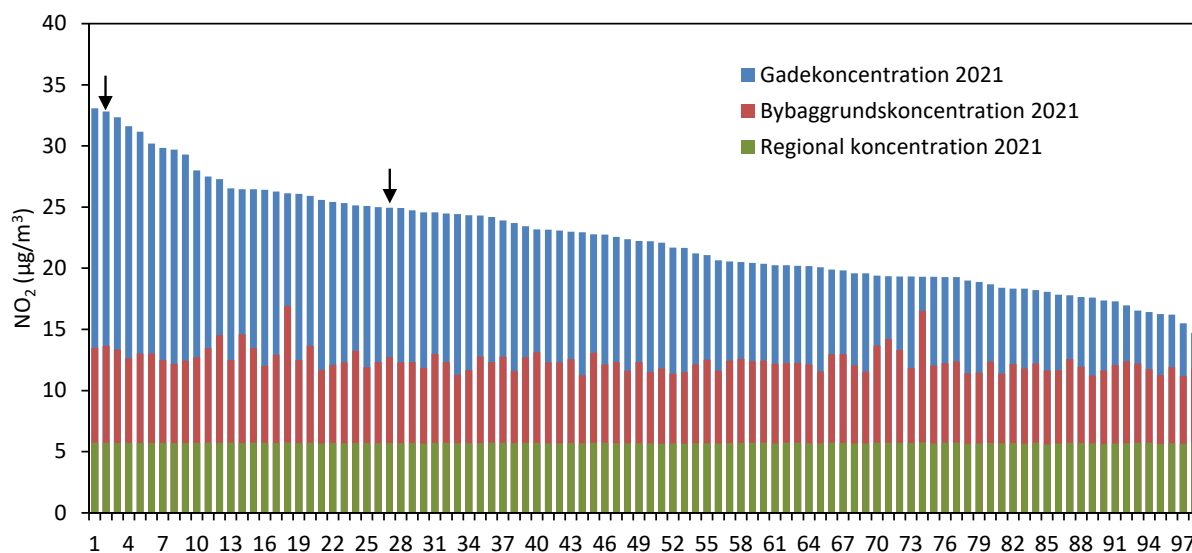
I dette kapitel er der skitseret forskellige understøttende muligheder for, hvordan luftkvalitetsindekset og handleanvisningerne kan formidles for forskellige geografiske områder af København, og hvordan modeldata kan supplere målingerne blandt andet med korttidsprognoser for luftkvalitet for den nære fremtid. Nogle af forslagene vil være billige at implementere, mens andre vil være mere ressourcekrævende.

4.1 Inddragelse af modeldata om luftforureningens geografiske variation

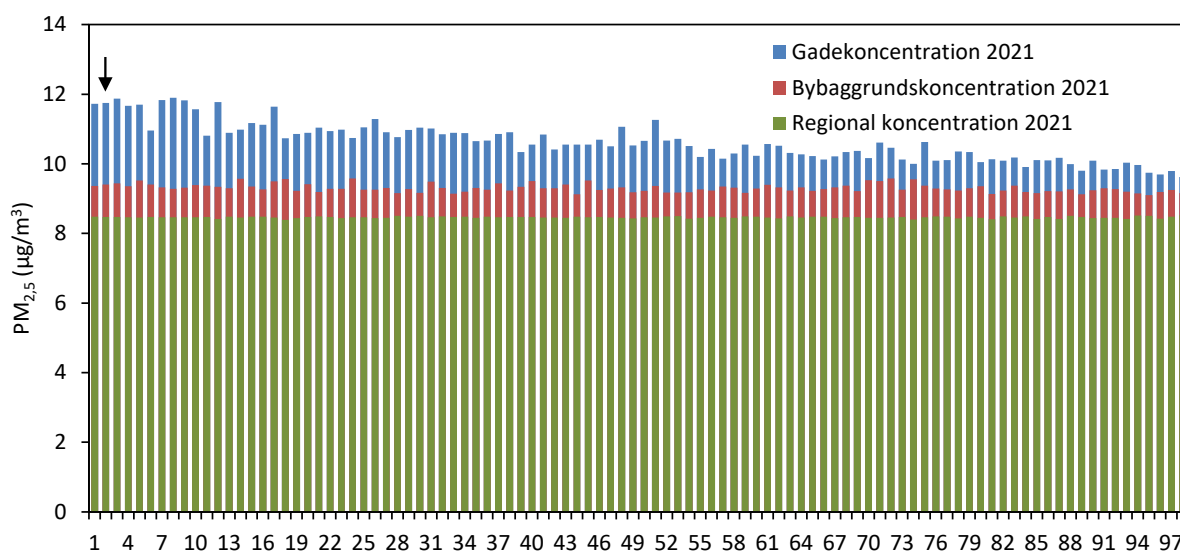
Det nye luftkvalitetsindeks foreslået af DCE vil blive baseret på målingerne ved Københavns Kommunes fem målestationer, som alle er gademålestationer. De beregnede luftkvalitetsindeks fra de fem målestationer vil derfor ikke være repræsentative for luftkvaliteten i bybaggrundsområder som for eksempel parker. For at inkludere information om luftkvaliteten i bybaggrundsområder foreslås derfor, at måledata fra den nationale bybaggrundsstation på H.C. Ørsted Institutet anvendes som supplement til Københavns Kommunes fem målestationer. For at øge den geografiske repræsentation kunne det også overvejes at inkludere måledata fra gademålestationen på H.C. Andersens Boulevard. I det følgende redegøres for, hvor repræsentative de to nationale målestationer er for luftkvaliteten i København. Endvidere beskrives, hvordan luftkvalitetskortet "Luften på din vej" kan bidrage med yderligere information om den geografiske fordeling af luftkvaliteten i København.

Repræsentativitet af luftkvalitetsindekset baseret på de to målestationer

I Figur 4.1 og Figur 4.2 vises beregnede koncentrationer for hhv. kvælstofdioxid og $PM_{2.5}$ i 2021 for 98 trafikerede gader i Københavnsområdet omfattende både Københavns Kommune og Frederiksberg Kommune. Modelberegningerne er foretaget som en del af den nationale overvågning af luftkvaliteten i Danmark, og er nærmere beskrevet i *Ellermann et al. (2023)*.



Figur 4.1. Årsmiddelkoncentrationer for kvælstofdioxid i 2021 for 98 udvalgte gadestrækninger i København baseret på modelberegninger. Bidraget fra trafikken i gaderne er baseret på gadeluftkvalitetsmodellen OSPM® (blå farve). Bybaggrundsbidraget (rødlig farve) er baseret på beregninger med bybaggrundsmodellen UBM med input fra den regionale langtransportmodel DEHM (grøn farve). Værdien for en gadestrækning er for den side af gaden, der har den højeste årsmiddelkoncentration af de to sider. Men for gader med en målestation er det den side, hvor stationen er placeret. Pile angiver gadestrækninger med en målestation. Navnene på gaderne kan ses i *Ellermann et al. (2023)*.



Figur 4.2. Modellerede årsmiddelkoncentrationer for $PM_{2.5}$ for de 98 udvalgte gadestrækninger i København i 2021. Gaderne er rangordnet efter koncentrationerne af kvælstofdioxid. Pilen angiver gadestrækning (HCAB) med en målestation.

Modelresultaterne for placering af målestationen på H.C. Andersens Boulevard er markeret med pil. Den er den anden højeste beregnede koncentration for kvælstofdioxid og også en af de højeste beregnede koncentrationer for $PM_{2.5}$. H.C. Andersens Boulevard repræsenterer derfor de højeste koncentrationer eller tæt på worst case. H.C. Andersens Boulevard er også en af de mest trafikerede blandt de 98 gader. Det betyder også, at næsten alle andre gader vil have lavere koncentrationer end H.C. Andersens Boulevard. Det foreslåede luftkvalitetsindeks vil ligeledes være højt på H.C. Andersens Boulevard

og det ville være lavere for mindre trafikerede gader. Disse beregninger er baseret på DCE's modelberegninger med DEHM, UBM og OSPM (for yderligere detaljer om modelberegningerne se Ellermann et al., 2023).

Bybaggrundskoncentrationen beregnes med modelberegningerne med DEHM/UBM og angives med rødt i Figur 4.1 og 4.2. Det ses, at variationen er meget mindre for bybaggrundskoncentrationen for de 98 placeringer i forhold til gadekoncentrationerne. De 98 placeringer er spredt ud over København og bybaggrundskoncentrationen varierer således ikke så meget. Det foreslåede luftkvalitetsindeks baseret på bybaggrundsmålestationen på H.C. Ørsted Institutet, er derfor en god indikator for bybaggrundskoncentrationen for København.

Som det fremgår af analysen i afsnit 2.4, er der en større del af tiden, hvor luftkvalitetsindekset for H.C. Andersens Boulevard set i forhold til H.C. Ørsted Institutet, som forventet, viser "Høj" og "Meget høj" og tilsvarende en mindre del af tiden "Lav" og "Middel". Det samme vil være tilfældet for Københavns Kommunes målestationer om end målestationen på Backersvej formentligt kun vil ligge lidt over niveauet på bybaggrundsmålestationen.

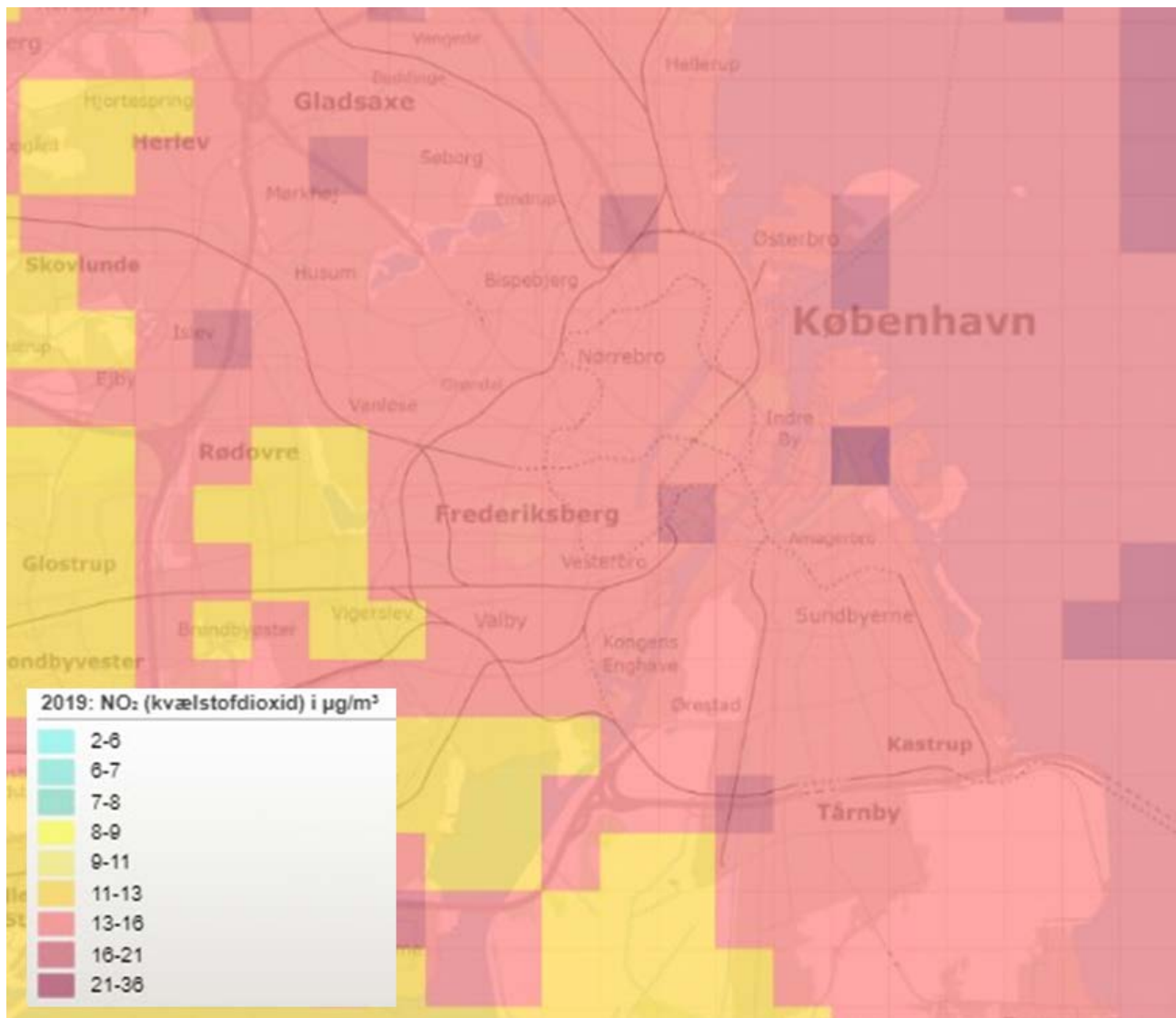
Det forslås derfor:

- At i kommunens kommunikation af repræsentativiteten af luftkvalitetsindekset formidles, at luftkvalitetsindekset for gademålestationerne afspejler gader med meget trafik, og at de ikke er repræsentative for bybaggrundsområder.
- At kommunen supplerer målingerne fra de Københavns målestationer med måledata og beregning af luftkvalitetsindeks for bybaggrundsmålestationen på H.C. Ørsted Institutet og informerer om, at data fra bybaggrundsmålestationen afspejler områder væk fra trafik som parker, baggårde og beboelsesgader uden nævneværdig trafik.
- At kommunen overvejer mulighederne for at supplere Københavns Kommunes målestationer med måledata og luftkvalitetsindeks for gademålestationen på H.C. Andersens Boulevard. Formålet med dette er at forøge den geografiske dækning af de viste luftkvalitetsindeks.

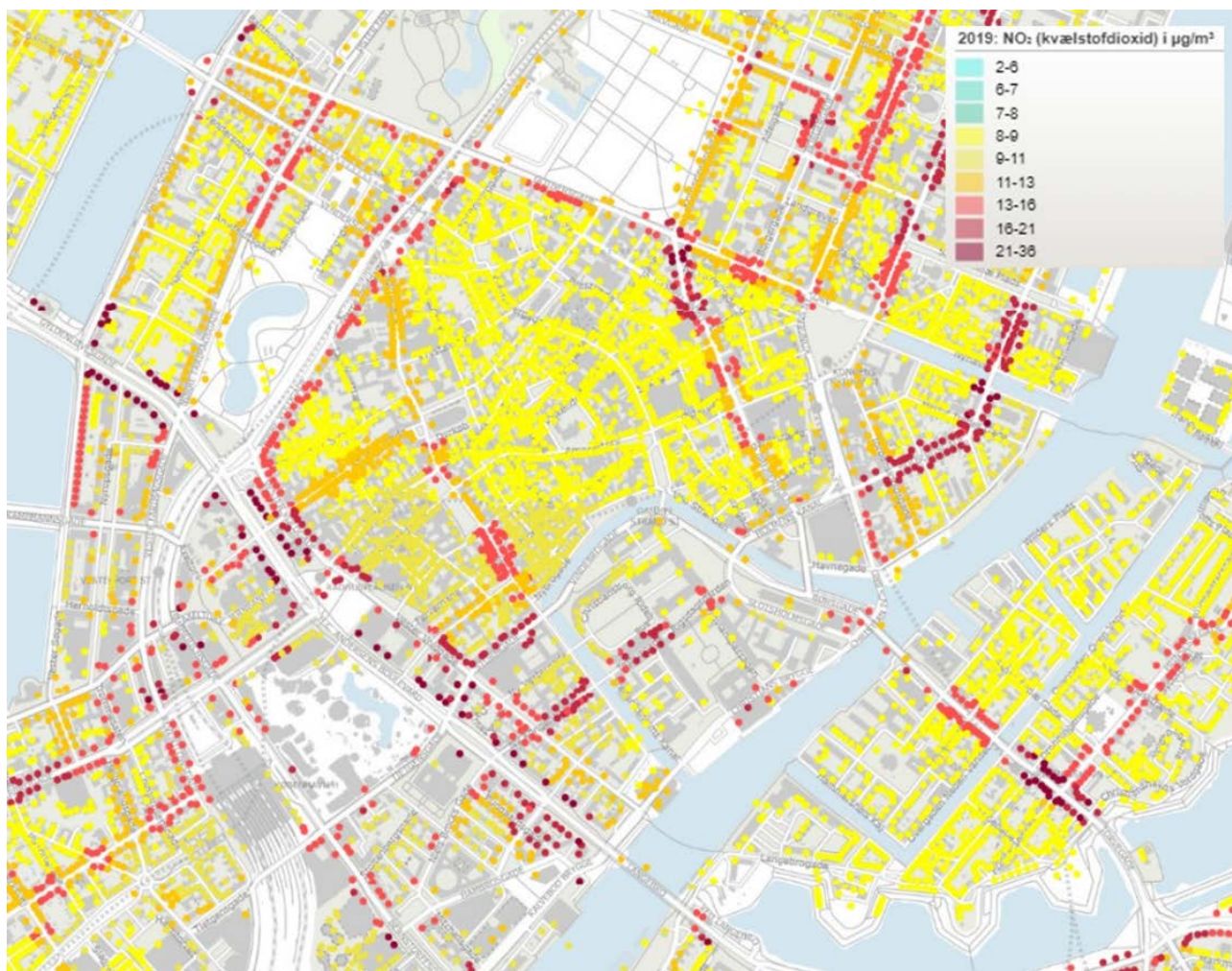
4.2 Det digitale luftkvalitetskort "Luften på din vej"

"Luften på din vej" er et digitalt Danmarkskort over luftkvaliteten, som er tilgængeligt for alle (Jensen et al., 2021b). Formålet med luftkvalitetskortet er at illustrere den geografiske variation af luftkvalitet i Danmark for udvalgte helbredsrelaterede luftforurenende stoffer. Det er et interaktivt kort, som viser, hvordan luftkvaliteten fordeler sig geografisk i hele Danmark, men også på hver enkelt adresse. Koncentrationen af en række helbredsskadelige stoffer er beregnet med luftkvalitetsmodeller, og luftkvalitetskortet kan ses på hjemmesiden <http://luftenpaadinvej.au.dk>. "Luften på din vej" er den nyeste version af programmet og er beregnet på basis af luftkvalitetsdata for 2019 og viser årsmiddelkoncentrationer af kvælstofdioxid, PM_{2,5} og PM₁₀, samt BC (Black Carbon) og partikelantal.

Datasættet beskriver således den gennemsnitlige koncentration over et år, og er derfor en god indikator på den gennemsnitlige geografiske variation i luftkvaliteten. Figur 4.3 viser baggrundskoncentrationen for København og Figur 4.4 viser gadekoncentrationer for dele af det centrale København.



Figur 4.3. Modellerede årsmiddel for NO₂ for baggrundskoncentrationer i 2019.



Figur 4.4. Modellerede årsmiddel for NO₂ for gadekoncentrationer i 2019 for dele af det centrale København.

Det forslås, at Københavns Kommune i deres beskrivelse af luftforureningsindekset linker til datasættet "Luften på din vej", således at borgeren sammen med luftkvalitetsindekset og handleanvisningerne har mulighed for at vurdere færdene gennem byen, og f.eks. undgå de gader, som typisk har forhøjede koncentrationer.

Ovenstående beskriver gennemsnitlige koncentrationer og deres geografiske variation, og dermed borgernes langtidseksponering. Luftforureningsindekset beskriver korttidseksponering, som vil variere fra time til time og dag til dag. Den typiske tidslige variation i luftforureningen er højere koncentrationer i myldretiden og i hverdage i forhold til weekenden, men dette varierer meget afhængigt af de meteorologiske forhold. Især vindhastigheden har betydning med høje koncentrationer ved lave vindhastigheder og lave koncentrationer ved høje vindhastigheder. I afsnit 2.4 (Figur 2.7 og 2.8) er den tidslige variation gennem året i luftkvalitetsindekset 2021 illustreret. Det anbefales, ligeledes at Københavns Kommune forklarer, hvorfor luftkvalitetsindekset varierer meget i tid.

4.3 Inddragelse af modeldata til udfyldning af manglende måledata

Selvom der gøres meget for at opnå en god datadækning på luftkvalitetsmålestationer, kan det ikke undgås, at der kan opstå perioder uden målinger. Det kan for eksempel ske ved kalibrering af måleudstyr, service, fejl og nedbrud.

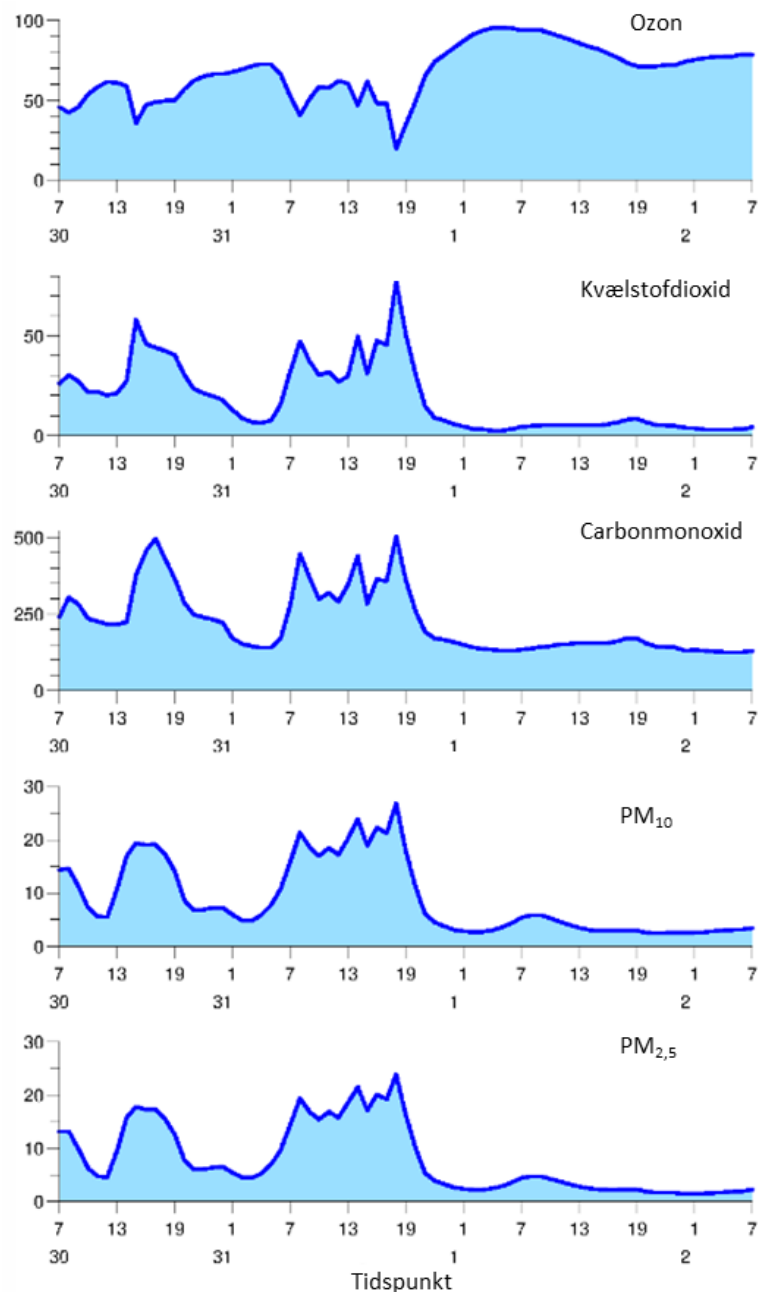
I sådanne situationer vil det samlede luftforureningsindeks være påvirket heraf. Hvis et eller flere stoffer ikke har data, så kunne det resultere i et ikke-retvisende luftforureningsindeks for den pågældende periode.

Her vil det være en mulighed at udfylde hullerne i en tidsserie for målinger med tilsvarende modeldata. Det kan for H.C. Ørsted Institutet gøres med DCE's luftkvalitetsmodelsystem baseret på DEHM og UBM samt for H.C. Andersens Boulevard med DEHM, UBM og OSPM, og vil også kunne gøres for de 5 målesteder i Københavns Kommunes måleprogram. For at undgå uensigtsmæssige spring i niveauer fra målinger til middeldata på grund af uoverensstemmelse mellem målinger og modeldata, kunne der laves dataassimilering, hvor foregående målinger inddrages i justering af modelestimatet.

4.4 Inddragelse af korttidsprognoser for luftkvalitet

Det foreslåede luftforureningsindeks er baseret på målinger, og vil derfor kun være i stand til at sige noget om den aktuelle målte luftkvalitet bagud i tid. Imidlertid vil det også være relevant at kunne sige noget om den nære fremtid, da informationer herom kan have betydning for, hvilke valg en borger tager for aktiviteter samme dag eller de næste få dage. Dette er især relevant for de beskrevne særligt sårbare grupper.

DCE har allerede et operationelt modelsystem for korttidsprognoser for luftforureningen over Danmark. Der er prognoser 3 døgn frem i tiden for adskillige luftforurenende stoffer. Modelsystemet er baseret på luftkvalitetsmodellerne DEHM og UBM og beregner baggrundskoncentrationer med en geografisk opløsning på 1 km x 1 km. I systemet indgår endvidere en meteorologisk model (ETA). For København svarer det til bybaggrundskoncentrationer. De stoffer, som indgår i systemet, er kvælstofdioxid, ozon, carbonmonoxid, PM_{2,5} og PM₁₀, hvor carbonmonoxid dog ikke er relevant i forbindelse med luftkvalitetsindekset grundet de meget lave koncentrationer i Danmark. Systemet kaldes Luftudsigten (<https://envs.au.dk/faglige-omraader/luftforurening-udledninger-og-effekter/data-om-luftkvalitet/luftudsigten>). Systemet viser resultater dels som et forureningskort over Danmark og dels for udvalgte steder som en graf over modellerede koncentrationer de næste 3 døgn. Eksempel på det sidste ses i Figur 4.5.



Figur 4.5. Eksempel viser modelberegnete koncentrationer i luften for forskellige stoffer. Udviklingen vises for de næste 3 døgn. Enhed $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

DCE deltager endvidere et igangværende projekt, hvor en korttidsprognose baseret på gennemsnittet af modellerede baggrundskoncentrationer fra i alt 9 regionale luftkvalitetsmodeller i Europa skal indgå som regionale baggrundskoncentrationer til UBM. Projektet er en del af CAMS, som står for Copernicus Atmosphere Monitoring Service, og er et projekt under EU-Kommissionen. Den meteorologiske model er baseret på ECMWF Integrated Forecasting System (IFS). På denne måde kan baggrundskoncentrationer med høj geografisk opløsning ($1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$) beregnes for Danmark. DEHM indgår som en af de 9 modeller. Sammenligning mellem modelresultater og målinger viser, at gennemsnittet af de 9 modeller giver bedre resultater end de enkelte modeller. Dataassimilering vil også kunne forbedre modelestimatet. Den fremtidige Luftudsigt vil sandsynligvis blive baseret på dette system.

Vi foreslår, at der også laves et luftkvalitetsindeks for de kommende 3 døgn baseret på ovenstående Luftudsigt med beregninger for de målestationer, som luftkvalitetsindekset baseres på.

4.5 Information om ozon

De nuværende fem gademålestationer opereret af København Kommune måler ikke ozon, og ozon indgår ikke i det nuværende luftkvalitetsindeks. Ozon indgår derimod i det nye luftkvalitetsindeks foreslået af DCE.

Som det er redegjort for i kapitel 2, er ozonkoncentrationerne relativt lave på gademålestationer, da udledninger af kvælstofoxider fra trafikken fører til lavere koncentrationer af ozon. Ozonkoncentrationerne er således lavest i trafikerede gader, højere i bybaggrundsluften og endnu højere på landet uden for København. Det betyder, at gademålestationer repræsenterer eksponering for ozon i gademiljøer, men ikke i miljøer som beboelsesgader med meget lidt trafik, baggårde, parker mv., hvor ozonkoncentrationen målt på en bybaggrundsstation som H.C. Ørsted Institut vil være mere repræsentativ.

Der kan forekomme, og typisk i sommerperioden, overskridelser af informationstærskel angivet i EU's luftkvalitetsdirektiv, som overskrides en til to gange med 2-3 års mellemrum i Danmark. Dette sker på baggrund af målinger på landet eller i bybaggrundsområder, men koncentrationerne i København vil også være særligt høje i forbindelse med disse episoder. Miljøstyrelsen har pligt til at oplyse befolkningen om dette med handlingsanvisninger. Miljøstyrelsens information og handleanvisninger beskriver, at personer med luftvejslidelser kan føle sig generet. Endvidere beskrives, at ozon irriterer slimhinderne i øjne og luftveje, og derfor kan personer med følsomme luftveje – f.eks. astmatikere eller personer med KOL - opleve symptomer. *Det er individuelt, hvordan det påvirker den enkelte person. Oplever du gener, kan du med fordel gå inden døre, hvor indholdet af ozon i luften normalt er lavere. Det er en god ide at undgå at dyrke motion i de perioder, hvor ozonniveauet er højest - det er typisk om eftermiddagen. Hvis du føler dig meget generet eller har vejrtrækningsproblemer, skal du søge læge. (MST, 2022).*

Sådanne udmeldinger vil nemt kunne opleves som i konflikt med det nuværende luftkvalitetsindeks, hvor ozon ikke indgår. Dette er et af argumenterne for at foreslå et luftkvalitetsindeks, som inkluderer ozon. Det vil endvidere være hensigtsmæssigt, at Københavns Kommune på deres hjemmeside om luftforureningsindeks beskriver sammenhængen mellem luftforureningsindekset og udmeldinger fra Miljøstyrelsen om overskridelse af informationstærskelværdien for ozon. Endvidere at Københavns Kommune undersøger mulighederne for at formidle de statslige varslinger om overskridelse af informationstærsklen via Københavns Kommune hjemmeside for luftkvalitetsindekset.

4.6 Udvikling af app til information om luftkvalitetsindeks

Det foreslås udvikle en app til smartphone med luftkvalitetsindekset, som ville være en nem måde at sikre adgang til information om luftkvalitetsindekset til borgerne og andre i København. Dette vil øge Københavnernes mulighed for information om den aktuelle luftkvalitet, og dermed kan en app være med til at facilitere, at borgerne kan tage hensyn til handleanvisningerne.

5. Litteratur

EEA, 2023: [European Air Quality Index \(europa.eu\)](https://europe.eu) Tilgået marts 2023.

Ellermann, T., Nordstrøm, C., Brandt, J., Christensen, J., Ketzel, M., Massling, A., Bossi, R., Frohn, L.M., Geels, C., Jensen, S. J., Nielsen, O.-K., Winther, M., Poulsen, M.B., Monies, C., Sørensen, M.B., Andersen, M.S. og Sigsgaard, T., 2023. Luftkvalitet 2021. Status for den nationale luftkvalitetsovervågning. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 148 s. - Videnskabelig rapport nr. 533. <http://dce2.au.dk/pub/SR533.pdf>

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.

Jensen, S. S., Brandt, J., Ketzel, M., Ellermann, T., Nielsen, O.-K. Plejdrup, M.S., Winther, M., Andersen, M.S., Sigsgaard, T., 2021a: Helbredseffekter af Black Carbon i Københavns Kommune. DCE-Nationalt Center for Miljø og Energi, 74s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 430, <http://dce2.au.dk/pub/SR430.pdf>

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

McCreanor, J., Cullinan, P., Nieuwenhuijsen, M.J., Stewart-Evans, J., Ju, E.M., Jarup, L., Harrington, R., Svartengren, M., Han, I.-K., Ohman-Strickland, P., Chung, K.F. & Zhang, J., 2007: Respiratory Effects of Exposure to Diesel traffic in asthmatics. *N Engl J Med* 2007; 357:2348-58.

MST, 2022: <https://mst.dk/service/nyheder/nyhedsarkiv/2022/jul/ozon-indholdet-i-luften-er-lettere-forhoejet/>. Besøgt 21.3.2023.

Rojas-Rueda, D., de Nazelle, A., Andersen, Z.J., Braun-Fahrländer, C., Bruha J. & Bruhova-Foltynova, H., 2016: Health Impacts of Active Transportation in Europe. *PLoS ONE* 11(3): e0149990. doi:10.1371/journal.pone.0149990

WHO, 2020: Personal interventions and risk communication on air pollution. Geneva: World Health Organization ; 2020. Licence : CC BY-NC-SA 3.0 IGO. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240000278>

WHO, 2021: WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization; 2021. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>

FORSLAG TIL OPDATERING AF KØBENHAVNS KOMMUNES LUFTKVALITETSINDEKS

DCE - Nationalt center for miljø og energi har i et projekt for Københavns Kommune udarbejdet et forslag til et nyt luftkvalitetsindeks, som skal være baseret på Københavns Kommune's målinger af luftkvalitet. Det nye luftkvalitetsindeks er baseret på opdaterede retningslinjer fra WHO for korttidseksponeringen for $PM_{2,5}$, PM_{10} , kvælstofdioxid og ozon. Det nye forslag til luftkvalitetsindeks er forsimplet for overskuelighedens skyld. Forslaget til luftkvalitetsindeks er sammenholdt med måleresultaterne for 2021 fra gademålestationen på H.C. Andersens Boulevard og bybaggrunds-målestationen på H.C. Ørsted Institutet. Endvidere er der lavet et nyt forslag til handleanvisninger for befolkningen i København, som er koblet til luftkvalitetsindekset og som har til mål at reducere borgernes eksponering for helbreds-skadelig luftforurening. Handleanvisningerne er opdelt i anvisninger for almindelige - og sårbare borgere. Endelig er der udarbejdet en række mere vidtgående forslag til forbedring af luftkvalitetsindekset, hvor det blandt andet er foreslået at koble luftkvalitetsindekset til korttidsprognoser for udviklingen i luftkvaliteten.