NATIONALT PROGRAM FOR REDUKTION AF LUFTFORURENING (NAPCP) – UDVIKLING I LUFTKVALITET OG KVÆLSTOFAFSÆTNING FREM TIL 2030

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 538 2023

AARHUS UNIVERSITET
DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

NATIONALT PROGRAM FOR REDUKTION AF LUFTFORURENING (NAPCP) – UDVIKLING I LUFTKVALITET OG KVÆLSTOFAFSÆTNING FREM TIL 2030

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 538 2023

Steen Solvang Jensen
Jesper H. Christensen
Lise M. Frohn
Matthias Ketzel
Ole-Kenneth Nielsen
Marlene Schmidt Plejdrup

Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab

AARHUS
UNIVERSITET
DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Serietitel og nummer:	Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 538
Kategori:	Rådgivningsrapport
Titel:	Nationalt program for reduktion af luftforurening (NAPCP) - Udvikling i luftkvalitet og kvælstofafsætning frem til 2030.
Forfattere:	Steen Solvang Jensen, Jesper H. Christensen, Lise M. Frohn, Matthias Ketzel, Ole-Kenneth Nielsen, Marlene Schmidt Plejdrup
Institution:	Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	http://dce.au.dk
Udgivelsesår:	marts 2023
Redaktion afsluttet:	marts 2023
Faglig kommentering:	Kaj Mantzius Hansen. Anne Sofie Lansø (afsnit 4.3-4.5 om kvælstofafsætning)
Kvalitetssikring, DCE:	Vibeke Vestergaard Nielsen
Ekstern kommentering:	Miljøministeriet. Kommentarerne findes her: http://dce2.au.dk/pub/komm/SR538_komm.pdf
Finansiel støtte:	Miljøministeriet
Bedes citeret:	Jensen, S.S., Christensen, J.H., Frohn, L.M., Ketzel, 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
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse

Sammenfatning:	Rapporten beskriver den forventede udvikling i luftkvaliteten som følge af basisfremskrivning af emissioner. Endvidere beskrives udviklingen i afsætning af kvælstof til land- og vandområder. Basisåret er 2020 og fremskrivningsåret er 2030. Resultaterne er baseret på modelberegninger af luftkvaliteten i regional baggrund (DEHM), bybaggrund (UBM), og for 98 gader i København (OSPM).

Emneord:	Emission, luftkvalitet, kvælstofafsætning, modellering.
Layout:	Majbritt Ulrich
Foto forside:	Colourbox
ISBN:	SBN: 978-87-7156-755-7
ISSN (elektronisk):	2244-9981
Sideantal:	47
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som http://dce2.au.dk/pub/SR538.pdf

Indhold

Forord **5**

Sammenfatning **7**

Summary in English **13**

1. Metode og datagrundlag **18**
1.1 Basisfremskrivning 18
1.2 Udvikling i regionale baggrundskoncentration 18
1.3 Udvikling i baggrundskoncentration med høj opløsning 19
1.4 Udvikling i gennemsnitlige eksponeringsindikator for $PM_{2,5}$ 19
1.5 Udvikling i gadekoncentration 20
1.6 Sammenligning med grænseværdier og WHO-retningslinjer 20

2. Grænseværdier og WHO's retningslinjer **21**

3. Fremskrivning af emissioner **23**
3.1 Fremskrivning af emissioner 23
3.2 Anvendte emissioner i luftkvalitetsberegningerne 23

4. Udvikling i regionale baggrundskoncentrationer og kvælstofafsætning **25**
4.1 Udvikling i regionale baggrundskoncentrationer 25
4.2 Udvikling i baggrundskoncentrationer med høj opløsning 26
4.3 Udvikling i kvælstofafsætning 27
4.4 Kvælstofafsætning i forhold til tålegrænser 28
4.5 Geografisk fordeling af baggrundsforurening og kvælstofafsætning i 2020 og 2030 30

5. Udvikling i bybaggrundskoncentration og eksponeringskoncentration **31**
5.1 Udvikling i bybaggrundskoncentration for NO_2, $PM_{2,5}$ og PM_{10} 32

6. Udvikling i gadekoncentration **34**
6.1 Udvikling i trafikemissioner 34
6.2 Udvikling i koncentrationen for 98 gader i København 34
6.3 Udvikling i gadekoncentration for de enkelte gader 35

Referencer **38**

Bilag 1 Kort over regionale koncentrationer og kvælstofdeposition i basisfremskrivning **41**

Bilag 2 Gadenavne på og placering af 98 gader i København **46**

Forord

Miljøministeriet har anmodet DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi under Aarhus Universitet om at gennemføre et projekt med modelberegninger over forventet udvikling i luftkvaliteten og atmosfærisk afsætning frem mod 2030. DCE har tidligere for Miljøministeriet gennemført tilsvarende projekter (Jensen et al., 2018; 2019), og nærværende projekt er en opdatering heraf med nyeste tilgængelige data.

Projektets baggrund er krav stillet i henhold til EU-direktivet fra 2016 om nationale reduktionsforpligtelser (NEC-direktivet – National Emission Ceilings), herunder direktivets krav om udarbejdelse af Nationale programmer for reduktion af luftforurening (på engelsk NAPCP – National Air Pollution Control Programme). Danmark er således forpligtiget til løbende at vurdere udviklingen i de nationale emissioner og deres forventede udvikling, herunder gennemføre tiltag til reduktion af emissionerne for at nå de reduktionsmål, som er opstillet for Danmark i NEC-direktivet.

Modelberegningerne er udført med emissioner (udledninger) til atmosfæren i 2020 og fremskrevne emissioner i 2030 (Nielsen et al., 2022;2023). For Danmark er emissionerne bl.a. baseret på Energistyrelsens fremskrivning for 2030 (WM – With Measures). Emissionerne er fremskrevet af DCE i foråret 2022. De internationale emissioner er baseret på kravene i NEC-direktivet fra 2016 om nationale reduktionsforpligtelser. De gældende emissionskrav for de enkelte medlemslande i 2030 er lagt til grund eller medlemslandenes egne fremskrivninger, hvis disse er under emissionskravene. Emissionerne er hentet fra internationale emissionsdatabaser, som DCE har adgang til. Emissionerne for 2020 for Danmark er baseret på den nationale emissionsopgørelse. Modelberegningerne er sammenlignet med grænseværdi for luftkvalitet og WHO's retningslinjer.

Denne rapport beskriver resultaterne for luftkvalitetsberegninger med en regional baggrundsmodel (DEHM) og en bybaggrundsmodel (UBM) for basisåret 2020 og fremskrivningsåret 2030 for stofferne NO2, PM2,5, PM10 og O3. Endvidere er kvælstofafsætningen beregnet til land- og farvandsområder.

Den gennemsnitlige eksponeringskoncentration for PM2,5 og NO2 er også beregnet for København, Aarhus, Odense og Aalborg. Den gennemsnitlige eksponeringskoncentration (Average Exposure Indicator) bestemmes som udgangspunkt som et gennemsnit over tre år ud fra målte koncentrationer på bybaggrundsstationer i byer for at afspejle befolkningens eksponering. I nærværende projekt er indikatoren beregnet for enkelte år hhv. 2020 og 2030 for samme placering som bybaggrundsmålestationerne.

Udviklingen i gadekoncentrationer er beregnet med gadeluftkvalitetsmodellen (OSPM) for NO2, PM2,5 og PM10 for 2020 og 2030 for 98 udvalgte gadestrækninger i København med fremskrivninger af danske emissioner fra trafikken, og med udgangspunkt i ovenstående beregninger af baggrundskoncentrationer.

For 2020 er anvendt samme modelforudsætninger som i Det nationale overvågningsprogram for luftkvalitet 2020 (Ellermann et al., 2022), dog er seneste

tilgængelige emissioner fra 2020 anvendt, hvor emissioner i overvågningsprogrammet for 2020 er baseret på emissioner fra 2019.

Sammenfatning

Formål og baggrund

Formålet med projektet er at gennemføre modelberegninger af basisfremskrivningen af udviklingen i emissioner fra 2020 til 2030, samt at belyse hvilke konsekvenser det har for udviklingen i luftkvalitet og atmosfærisk afsætning.

Projektets baggrund er krav stillet i henhold til EU-direktivet fra 2016 om nationale reduktionsforpligtelser (NEC-direktivet – National Emission Ceilings), herunder direktivets krav om udarbejdelse af Nationale programmer for reduktion af luftforurening (på engelsk NAPCP – National Air Pollution Control Programme). Danmark er således forpligtiget til løbende at vurdere udviklingen i de nationale emissioner og deres forventede udvikling, herunder gennemføre tiltag til reduktion af emissionerne for at nå de reduktionsmål, som er opstillet for Danmark i NEC-direktivet.

I NEC-direktivet er der opstillet nationale tilsagn for reduktion i emission, der gælder for 2020 og 2030 for de luftforurenende stoffer: Svovldioxid (SO_2), kvælstofoxider (NO_x = NO+NO_2), andre flygtige organiske forbindelser end metan (NMVOC), ammoniak (NH_3) og fine partikler ($PM_{2,5}$ - massen af partikler under 2,5 mikrometer). Emission af disse stoffer indgår i luftkvalitetsberegninger af NO_2 (kvælstofdioxid), $PM_{2,5}$, PM_{10} (massen af partikler under hhv. 2,5 og 10 mikrometer) og O_3 (ozon). Disse stoffer er forbundet med helbredseffekter og kvælstofafsætning tillige med forværring af naturtilstanden for visse følsomme naturtyper.

Undersøgelsen

Emissioner

Basisscenariet for Danmark er bl.a. baseret på Energistyrelsens basisfremskrivning for 2030. Dette er en fremskrivning baseret på eksisterende vedtagne tiltag, også på engelsk kaldet "frozen policy". På engelsk kaldes basisfremskrivningen: WM – With Measures. Basisscenariet er detaljeret beskrevet i Nielsen et al. (2023).

Udgangspunktet er den nationale emissionsopgørelse for 2020 (Nielsen et al., 2022).

Regionale baggrundskoncentrationer

Den regionale luftforurening beregnes med Danish Eulerian Hemispheric Model (DEHM) med en geografisk opløsning på 5,6 km x 5,6 km. Den regionale baggrund repræsenterer den gennemsnitlige koncentration i landområder over et større område. Den regionale luftforurening er derfor et udtryk for bidraget fra den langtransporterede luftforurening både fra emissioner i udlandet og i Danmark.

Regionale modeller som DEHM, der beskriver baggrundsluftforureningen, har en tendens til at underestimere koncentrationen af PM2,5, når man sammenligner modellernes resultater med målinger. PM10 bliver dermed også underestimeret, da PM2,5 er en del af PM10. I international litteratur benævnes dette som "the mass closure problem" eller "missing mass problem". Re-

sultat af analyse mellem målinger og modelresultater for PM2,5 viser, at modelresultaterne skal opjusteres med 33% for at matche målingerne, når der sammenlignes med målestationer i overvågningsprogrammet af luftkvalitet i Danmark (Ellermann et al., 2022b). Denne afvigelsen afhænger af mange forhold, og den vil også være forskellig over årene. Det er således ikke muligt at estimere, hvad afvigelsen vil være i fremtiden, som fx i 2030. I nærværende rapport præsenterer vi kort over koncentrationen fra DEHM (Bilag 1) og DEHM/UBM modelresultater for samme placeringer som bybaggrundsmålestationer i Danmark (kapitel 5). I kapitel 6, hvor der beregnes gadekoncentrationer for 98 gader i København baseret på DEHM/UBM/OSPM, er der justeret for ovenstående afvigelse på 33% for både PM2,5 og PM10 for både 2020 og 2030. Dette er gjort pga. sammenligningen med grænseværdier og WHO-retningslinjer, og da dette også muliggør direkte sammenligning med resultater fra overvågningsprogrammet for 2020 (Ellermann et al., 2022b), hvor der også foretages justering.

Baggrundskoncentrationer med høj opløsning

Udviklingen i baggrundskoncentrationer med høj geografisk opløsning beregnes med Urban Background Model (UBM). Baggrundsforureningen repræsenterer den generelle baggrundsforurening i og uden for byer beregnet med en geografisk opløsning på 1 km x 1 km. I byer omtales baggrundsforureningen som bybaggrundskoncentrationen, og svarer til den koncentration, som findes over hustage eller i en baggård/park. DEHM- beregninger er input til UBM. For Danmark foreligger emissionerne på en geografisk opløsning på 1 km x 1 km baseret på SPREAD-modellen, som ud fra geografiske variable fordeler den nationale emission.

Eksponeringskoncentration for $PM_{2,5}$ og NO_2

I det nuværende EU-luftkvalitetsdirektiv (EU, 2008) bestemmes den gennemsnitlige eksponeringskoncentration (Average Exposure Indicator) som udgangspunkt som et gennemsnit over tre år for PM2,5 ud fra målte koncentrationer på bybaggrundsstationer i byer for at afspejle befolkningens eksponering, og de tre år anvendes for at tage hensyn til variation i de meteorologiske forhold fra år til år. Luftkvalitetsdirektivet opstiller nogle mål for 2020 for reduktion af denne eksponeringsindikator i forhold til 2010. Reduktionsmålene i procent er afhængige af udgangskoncentrationen i 2010. For Danmarks vedkommende foretages PM2,5 målinger på bybaggrundsstationer i København, Aarhus og Aalborg, og den gennemsnitlige eksponeringskoncentration beregnes ud fra disse stationer. Der foretages ikke målinger af PM2,5 på bybaggrundsstationen i Odense. For Danmark gælder, at den gennemsnitlige eksponeringskoncentration skal være faldet med 15% i perioden fra 2010 (gennemsnit af 2008-2010) til 2020 (gennemsnit af 2018-2020). For alle EU-lande gælder, at den gennemsnitlige eksponeringskoncentration ikke må overstige 15 µg/m3 fra 2015. Danmark har overholdt begge disse krav (Ellermann et al., 2022b).

I forslaget til nyt luftkvalitetsdirektiv (EU-Kommission, 2022) er der lagt op til en skærpelse af de nuværende krav for eksponeringskoncentrationen af PM2,5, og der er indført tilsvarende krav for eksponeringskoncentrationen af NO2.

Det nye forslag til reduktion af eksponeringskoncentrationen for PM2,5 angiver, at eksponeringskoncentrationen skal falde med 25% over en tiårig periode (EU-Kommission, 2022). Reduktionskravet skal gælde fra 2030 og hvert år fremover. Til eksempel betyder dette, at eksponeringskoncentrationen i

2030 (gennemsnit af 2028-2030) skal være 25% lavere end målt i 2020 (gennemsnit af 2018-2020). Reduktionskravet er gældende, indtil den gennemsnitlige eksponeringskoncentration kommer i overensstemmelse med den foreslåede målsætning for eksponeringskoncentrationen, som for PM2,5 er fastlagt til 5 µg/m3, dvs. samme retningslinje for luftkvalitet som WHO har opstillet (WHO, 2021). I 2020 var den gennemsnitlige eksponeringskoncentration 10 µg/m3 og skal således være reduceret til 7,5 µg/m3 i 2030, og derefter indtil målsætningen på 5 µg/m3 opnås (Ellermann et al., 2022b).

For NO2 er der foreslået helt nye krav i relation til eksponeringskoncentrationen (EU-Kommission, 2022). Ligesom for PM2,5 er der foreslået et krav om, at eksponeringskoncentrationen for NO2 skal falde med 25% over en tiårig periode. Reduktionskravet skal gælde fra 2030 og hvert år fremover ind til den foreslåede målsætning for eksponeringskoncentration er nået. For NO2 er der foreslået en målsætning på 10 µg/m3, dvs. samme retningslinje for luftkvalitet, som WHO har opstillet (WHO, 2021). I 2021 var den gennemsnitlige eksponeringskoncentration 9,7 µg/m3 (gennemsnit for 2019-2021), og målsætningen er dermed allerede opfyldt. NO2-målinger foretages på bybaggrundsstationer i København, Odense, Aarhus og Aalborg, og den gennemsnitlige eksponeringskoncentration beregnes ud fra disse stationer.

Vurdering af luftkvaliteten i Danmark sammenholdt med målsætningerne i EU's forslag til revideret luftkvalitetsdirektiv er nærmere beskrevet i et DCE-notat (Ellermann, 2022a).

Gadekoncentrationer

Udviklingen i gadekoncentrationer er beregnet med Operational Street Pollution Model (OSPM) for 98 udvalgte gadestrækninger i København med fremskrivninger af danske emissioner fra trafikken. De 98 udvalgte gadestrækninger i København er de samme, som indgår i Det nationale luftovervågningsprogram for luftkvalitet (NOVANA).

Alle anvendte modeller er udviklet på Institut for Miljøvidenskab på Aarhus Universitet.

Sammenligning med grænseværdier og WHO-retningslinjer

Beregninger af de regionale koncentrationer, bybaggrundskoncentrationer og gadekoncentrationer er gennemført for NO_2, $PM_{2,5}$ og PM_{10} for 2020 og 2030. Koncentrationerne er sammenlignet med nuværende grænseværdier for luftkvalitet og WHO-retningslinjer for luftkvalitet samt nuværende og foreslåede eksponeringskoncentration for $PM_{2,5}$ og den foreslåede eksponeringskoncentrationer for PM_{10}.

Hovedkonklusioner

Udviklingen i emissioner

De danske emissioner af SO2, NOx, NMVOC, NH3 og PM2,5 reduceres fra 2020 til 2030 i basisfremskrivningen, som følge af ændringer i energisammensætningen og tiltag til reduktion af landbrugets emissioner.

Reduktionsforpligtigelserne for 2020 i NEC-direktivet er nået for alle stoffer med undtagelse af NH3. For 2030 viser emissionsfremskrivningen, at reduktionsmålet nås for alle stoffer. For NH3 betyder nedslagtningen af mink i slutningen af 2020 og det midlertidige forbud mod hold af mink i 2021 og 2022

sammen med andre emissionsreduktioner, at reduktionsmålet for 2020 forventes opnået i den endelig emissionsopgørelse for 2022.

De europæiske emissioner reduceres generelt også fra 2020 til 2030 i basisfremskrivningen som følge af forventet overholdelse af NEC-direktivets reduktionsforpligtelser for medlemslandene.

Udvikling i kvælstofafsætning

Kvælstofafsætningen til landområder beregnet med DEHM forventes som gennemsnit for hele Danmark at blive reduceret med 11% fra 2020 til 2030 i basisscenariet. Reduktionerne i kvælstofafsætningen er en følge af reduktionerne i de danske emissioner af NO_x, men også reduktioner i NH_3 samt tilsvarende udenlandske emissioner.

Kvælstofafsætningen til danske farvandsområder som gennemsnit forudses ligeledes at blive reduceret med 11% fra 2020 til 2030 i basisscenariet.

Udviklingen i regionale koncentrationer

De regionale koncentrationer af PM2,5 beregnet med DEHM forventes som gennemsnit for hele Danmark at blive reduceret med 12% fra 2020 til 2030 i basisfremskrivningen. De tilsvarende reduktioner for PM10 og NO2 er hhv. 6% og 16%.

Udvikling i baggrundskoncentrationer med høj opløsning

De gennemsnitlige baggrundskoncentrationer for de 5 regioner i Danmark er også beregnet med DEHM/UBM i 2020 og for basisfremskrivningen i 2030. Beregningerne er her baseret på en geografisk opløsning på 1 km x 1 km, dvs. en højere opløsning end, hvis kun DEHM indgår i beregningerne.

Som forventet er koncentrationerne højere ved den højere opløsning. Det skyldes, at den højere geografiske opløsning i emissionerne bedre afspejler den højere variation i koncentrationerne, hvor DEHM beregningerne grundet lavere opløsning fører til mere udglattede koncentrationer.

For basisfremskrivningen ses, at baggrundskoncentrationerne med høj opløsning for NO_2 forventes at blive reduceret med 10-28% i 2030 i forhold til 2020, 9-12% for $PM_{2,5}$, og 4-9% for PM_{10}. Spændet angiver forskelle mellem regionerne.

Udviklingen i bybaggrundskoncentrationerne i 4 byer

Den gennemsnitlige beregnede eksponeringskoncentration for NO_2 for bybaggrundsstationerne falder med 32% fra 2020 til 2030. Det beregnede niveau er 7,1 µg/m^3 i 2030 og overholder målsætningen på 10 µg/m^3 i det nye forslag til revision af luftkvalitetsdirektivet, og som også flugter med WHO's retningslinjer. Da målingerne for 2021 allerede viser, at målsætningen på 10 µg/m^3 er overholdt, og fremskrivningerne viser fortsat fald er det også meget sandsynligt at målsætningen vil være opfyldt i 2030. Koncentrationerne er langt under den nuværende grænseværdi i luftkvalitetsdirektivet på 40 µg/m^3.

Den gennemsnitlige beregnede eksponeringskoncentration for $PM_{2,5}$ falder med 10% fra 2020 til 2030, og opfylder dermed ikke kravet om en reduktion på 25% over en 10-årig periode. Det beregnede niveau er 5,8 µg/m^3 i 2030 og overholder heller ikke målsætningen på 5 µg/m^3, som er den samme som

WHO's retningslinje. Det modellerede niveau på 5,8 µg/m^3 i 2030 kunne være undervurderet, da der ikke er justeret for manglende masse.

Ifølge direktivforslaget er det muligt at fratrække bidrag fra naturlige kilder såsom havsalt og bidrag fra vegetation fx dannelse af SOA (Sekundære Organiske Aerosols) i atmosfæren ud fra emissioner fra fx terpener fra vegetation. SOA er en del af $PM_{2,5}$. Dette bidrag fra naturlige kilder er estimeret til at være omkring 1,5 µg/m^3 ud fra modelberegninger (Ellermann et al., 2022b). Kombinationen af en modelunderestimering på omkring 0,5-1,3 µg/m^3 i forhold målingerne, og et fradrag for bidraget fra naturlige kilder på 1,5 µg/m^3 ser det ud til at lande på et niveau lidt over målsætningen på 5 µg/m^3 i 2030, men der er en vis usikkerhed på dette estimat, da der både er usikkerhed på størrelsen af manglende masse og bidrag fra naturlige kilder i fremtiden. Koncentrationerne er langt under den nuværende grænseværdi i luftkvalitetsdirektivet på 25 µg/m^3.

Der er ikke opstillet en gennemsnitlig eksponeringskoncentration for PM_{10}, men gennemsnittet for PM_{10} falder med 6% fra 2020 til 2030. WHO-retningslinje for luftkvalitet for PM_{10} er 15 µg/m^3, som allerede er overholdt i 2020. Da koncentrationer for PM_{10} fortsat forventes at falde, er det også sandsynligt, at WHO's retningslinje vil være opfyldt i 2030. Det nye forslag til luftkvalitetsdirektiv giver ligesom det gældende direktiv mulighed for at fratrække PM_{10} fra naturlige kilder og saltning af veje om vinteren. Denne option har ikke været anvendt i Danmark i de seneste år, da det ikke har været nødvendigt for overholdelse af de eksisterende grænseværdier (Ellermann, 2022a). Koncentrationerne er langt under den nuværende grænseværdi i luftkvalitetsdirektivet på 40 µg/m^3.

Udviklingen i gadekoncentrationer for 98 gader i København

For NO_2 falder den gennemsnitlige gadekoncentration for de 98 gader i København fra 23 µg/m^3 i 2020 til 11 µg/m^3 i 2030 i basisscenariet. Reduktionerne i gadekoncentrationerne er primært drevet af reduktionen i emissionen fra trafikken i den pågældende gade, men baggrundskoncentrationerne reduceres også. I 2030 må det forventes, at en del gader overskrider WHO's retningslinje på 10 µg/m^3, da min. er 8,5 µg/m^3 og maks. 16 µg/m^3. Gadekoncentrationerne i 2030 er langt under den nuværende grænseværdi i Luftkvalitetsdirektivet på 40 µg/m^3.

For $PM_{2,5}$ falder den gennemsnitlige gadekoncentration fra 10 µg/m^3 i 2020 til 9 µg/m^3 i 2030 i basisscenariet. Næsten alle gader må forventes at overskride WHO's retningslinjer på 5 µg/m^3, da min. er 8,5 µg/m^3 og maks. 16 µg/m^3. Gadekoncentrationerne i 2030 er langt under den nuværende grænseværdi i Luftkvalitetsdirektivet på 25 µg/m^3.

For PM_{10} falder den gennemsnitlige gadekoncentration fra 19 µg/m^3 i 2020 til 17 µg/m^3 i 2030 i basisscenariet. En del gader må formodes at overskride WHO's retningslinje på 15 µg/m^3, da min. er 15 µg/m^3 og maks. 17 µg/m^3. Gadekoncentrationerne i 2030 er langt under den nuværende grænseværdi i Luftkvalitetsdirektivet på 40 µg/m^3.

I ovenstående er der både for $PM_{2,5}$ og PM_{10} justeret for manglende masse, og koncentrationerne er lidt lavere, hvis denne justering ikke foretages.

For $PM_{2,5}$ og PM_{10} er den procentvise reduktion ikke så stor som for NO_2, da det kun er partikeludstødningen, som reduceres, og ikke-udstødningen i form

af vejslid, dækslid og bremseslid. Ikke-udstødningen udgør langt det største bidrag og er uændret. Endvidere udgør baggrundsforureningen en langt større del for partikler end for NO_2.

Summary in English

Aim and background

The purpose of the project is to carry out model calculations of the baseline projection of emissions from 2020 to 2030 for air quality and atmospheric deposition.

The background to the project is requirements set out in the EU Directive from 2016 on National Emission Ceilings (NEC) Directive, including the directive's requirement for the preparation of National Air Pollution Control Programme (NAPCP). Denmark is obliged to continuously assess the development of national emissions, including implementing emission reduction measures to achieve the reduction targets set for Denmark in the NEC Directive.

The NEC directive sets out national commitments for reductions in emissions for 2020 and 2030 for the pollutants: sulphur dioxide (SO_2), nitrogen oxides (NO_x), non-methane volatile organic compounds (NMVOC), ammonia (NH_3), and fine particles ($PM_{2.5}$ - mass of particulate matter less than 2.5 microns). Emissions of these substances are included in the calculations of air quality of NO_2 (nitrogen dioxide), $PM_{2.5}$, PM_{10} (mass of particulate matter less than 10 microns), and O_3 (ozone). These substances are associated with health effects, and nitrogen deposition is worsening the state of certain sensitive natural habitats.

The study

Emissions

The baseline of emissions for Denmark is, among others, based on the Danish Energy Agency's baseline projection for 2030. This is a projection based on existing adopted measures, also called "frozen policy" and the baseline projection WM – With Measures. The baseline scenario is described in detail in Nielsen et al. (2023).

The starting point is the national emission inventory for 2020 (Nielsen et al., 2022).

Regional background concentrations

The regional background concentrations are calculated with the Danish Eulerian Hemispheric Model (DEHM) with a geographic resolution of 5.6 km x 5.6 km. The regional background represents the average concentration in rural areas over a larger area. The regional air pollution represents the contribution of long-range transported air pollution from emissions from abroad and from Denmark.

Regional models such as DEHM, which describe background air pollution, tend to underestimate the concentration of $PM_{2.5}$ when comparing the results of the models with measurements. PM_{10} is also underestimated, as $PM_{2.5}$ is part of PM_{10}. In international literature, this is referred to as "the mass closure problem" or "missing mass problem". Results of analysis between measurements and model results for $PM_{2.5}$ show that the model results need to be revised upwards by 33% to match the measurements when compared with measuring stations in the air quality monitoring programme in Denmark

(Ellermann et al., 2022b). This deviation depends on many conditions, and it will also be different over the years. Thus, it is not possible to estimate what the deviation will be in the future, such as in 2030. In this report, we present maps of the concentration from DEHM for 2020 and 2030 (Appendix 1) and DEHM/UBM model results for the same locations as urban background measuring stations in Denmark in 2020 and 2030 (Chapter 5). In Chapter 6, where street concentrations are calculated for 98 streets in Copenhagen based on DEHM/UBM/OSPM, we have adjusted for the above deviation of 33% for both $PM_{2.5}$ and PM_{10} for both 2020 and 2030. This is done because of the comparison with limit values and WHO guidelines, and as this also allows direct comparison with results from the monitoring program for 2020 (Ellermann et al., 2022b), where adjustment for the deviation also is done Background concentrations with high resolution

The development in background concentrations with high resolution is calculated with the Urban Background Model (UBM). Urban background pollution represents the average background pollution inside and outside cities calculated with a spatial resolution of 1 km x 1 km. Urban background concentrations correspond in a city to the concentration at roof top level or in a backyard/park. DEHM calculations are input in UBM. For Denmark emissions are available at a spatial resolution of 1 km x 1 km based on the SPREAD model that distributes national emissions based on various geographic variables.

Exposure concentration for $PM_{2.5}$ and NO_2

In the current EU Air Quality Directive (EU Commission, 2008), the Average Exposure Indicator is generally determined as an average over three years for $PM_{2.5}$ from measured concentrations at urban background stations in cities to reflect the exposure of the population, and the three years are used to take account of variation in meteorological conditions from year to year. The AQ Directive sets targets for 2020 for reducing this exposure indicator compared to 2010. The percentage reduction targets are dependent on the initial concentration in 2010. For Denmark, $PM_{2.5}$ is measured at urban background stations in Copenhagen, Aarhus and Aalborg, and the average exposure concentration is calculated from these stations. No measurements of $PM_{2.5}$ are available at the urban background station in Odense. For Denmark, the average exposure concentration must decrease by 15% in the period from 2010 (average of 2008-2010) to 2020 (average of 2018-2020). For all EU countries, the average exposure concentration should not exceed 15 µg/m^3 in 2015. Denmark has complied with both of these requirements (Ellermann et al., 2022b).

The new proposal for a revised Air Quality Directive aims to reduce the exposure concentration for $PM_{2.5}$ by 25% over a ten-year period (European Commission, 2022). The reduction requirement will apply from 2030 and every year thereafter. For example, this means that the exposure concentration in 2030 (average of 2028-2030) should be 25% lower than measured in 2020 (average of 2018-2020). The reduction requirement applies until the average exposure concentration is in line with the proposed exposure concentration target, which for $PM_{2.5}$ is set at 5 µg/m^3, i.e. the same air quality guideline as established by the WHO (WHO, 2021). In 2020, the mean exposure concentration was 10 µg/m^3 and should thus be reduced to 7.5 µg/m^3 by 2030, and thereafter until the target of 5 µg/m^3 is achieved (Ellermann et al., 2022b).

The proposed AQ Directive also suggests an exposure concentration for NO_2 (EU Commission, 2022). As for $PM_{2.5}$, a requirement has been proposed that the exposure concentration for NO_2 should decrease by 25% over a ten-year

period. The reduction requirement will apply from 2030 until the proposed exposure concentration target is reached. For NO_2, a target of 10 µg/m^3 has been proposed, i.e. the same air quality guideline as established by the WHO (WHO, 2021). In 2021, the mean exposure concentration was 9.7 µg/m^3 (average for 2019-2021) and the target has already been met. NO_2 measurements are made at urban background stations in Copenhagen, Odense, Aarhus and Aalborg, and the average exposure concentration is calculated from these stations.

Assessment of air quality in Denmark compared to the objectives of the EU's proposal for a revised Air Quality Directive is described in more detail in a DCE note (Ellermann, 2022a).

Street concentrations

The development in street concentrations is calculated with Operational Street Pollution Model (OSPM) for 98 selected streets in Copenhagen. The selected streets in Copenhagen are the same as those included in the Danish Air Quality Monitoring Program. The development in vehicle emissions is based on the Danish emission model for road traffic and other mobile sources implemented into OSPM.

All applied models have been developed at the Department of Environmental Science at Aarhus University.

Comparison with limit values and WHO guidelines

Air quality calculations of regional concentrations, urban background concentrations and street concentrations are carried out for NO_2, $PM_{2.5}$ and PM_{10} for 2020 and 2030 for the baseline scenario. The levels are compared to limit values for air quality and WHO air quality guidelines.

Main conclusions

Development in emissions

Danish emissions of SO_2, NO_x, NMVOC, NH_3 and $PM_{2.5}$ will be reduced from 2020 to 2030 in the baseline projection, due to changes in the energy mix and measures to reduce agricultural emissions.

The reduction obligations for 2020 in the NEC Directive have been reached for all substances with exception of NH_3. For 2030, the emission projection shows that the reduction target will be met for all substances. For NH_3, the culling of mink at the end of 2020 and the temporary ban on mink keeping in 2021 and 2022, together with other emission reductions, means that the reduction target for 2020 is expected to be achieved in the final emission inventory for 2022.

European emissions will also be reduced overall from 2020 to 2030 in the baseline projection, reflecting expected compliance with the NEC Directive's emission ceilings for the member states.

Development in nitrogen deposition

Nitrogen deposition to land areas calculated with DEHM is expected to be reduced by 11% from 2020 to 2030 in the baseline scenario as an average for the whole of Denmark. The reductions in nitrogen deposition are a consequence of the reductions in Danish emissions of NO_x, but also reductions in NH_3 and corresponding foreign emissions.

On average, nitrogen deposition to Danish waters is also expected to be reduced by 11% from 2020 to 2030 in the baseline scenario.

Development in regional background concentrations

The regional concentrations of $PM_{2.5}$ calculated with DEHM are expected to be reduced by 12% from 2020 to 2030 in the baseline projection as an average for the whole of Denmark. The corresponding reductions for PM_{10} and NO_2 are 6% and 16%, respectively.

Development in background concentrations with high resolution

The average background concentrations for the 5 regions in Denmark have also been calculated with DEHM/UBM in 2020 and for the baseline projection in 2030. The calculations are based on a geographical resolution of 1 km x 1 km, i.e. a higher resolution than if only DEHM is included in the calculations.

As expected, the concentrations are higher at the higher resolution. This is because the higher geographical resolution in the emissions better reflects the higher variation in concentrations, where the DEHM calculations due to lower resolution lead to smoother concentrations.

For the baseline projection, high-resolution background concentrations for NO_2 are expected to be reduced by 10-28% in 2030 compared to 2020, 9-12% for $PM_{2.5}$, and 4-9% for PM_{10}. The intervals indicate differences between regions.

Development of urban background concentrations in 4 cities

The average calculated exposure concentration for NO_2 for urban background stations decreases by 32% from 2020 to 2030. The calculated level is 7.1 µg/m^3 in 2030 and complies with the target of 10 µg/m^3 of the new proposal for the revision of the Air Quality Directive and is also in line with WHO guidelines. As the measurements for 2021 already show that the target of 10 µg/m^3 has been met and the projections show a continued decline, it is also very likely that the target will be met by 2030. Concentrations are well below the current limit value of 40 µg/m^3.

The average calculated exposure concentration for $PM_{2.5}$ decreases by 10% from 2020 to 2030, thus not meeting the requirement for a 25% reduction over a 10-year period. The calculated level is 5.8 µg/m^3 in 2030 and does not meet the target of 5 µg/m^3, which is the same as the WHO guideline. The modelled level of 5.8 µg/m^3 in 2030 could have been underestimated as no adjustments have been made for missing mass.

According to the proposal for a new AQ directive (EU Commission, 2022), it is possible to deduct contributions from natural sources such as sea salt and contributions from vegetation, e.g. the formation of SOA (Secondary Organic Aerosols) in the atmosphere from emissions from, for example, terpenes from vegetation. SOA is part of $PM_{2.5}$. This contribution from natural sources is estimated to be approx. 1.5 µg/m^3 based on model calculations (Ellermann et al., 2022b). The combination of a model underestimation of around 0.5-1.3 µg/m^3 compared to the measurements, and a deduction of the contribution from natural sources of 1.5 µg/m^3 appears to be a level slightly above the target of 5 µg/m^3 in 2030. However, there is some uncertainty in this estimate, as there is uncertainty about both the size of missing mass and contributions from natural sources in the future. Concentrations are well below the current limit value of 25 µg/m^3.

No average exposure concentration has been established for PM_{10}, but the average for PM_{10} has been modelled to decrease by 6% from 2020 to 2030. As concentrations for PM_{10} are expected to continue to decline, it is also likely that the WHO guideline will be met by 2030. The new Air Quality Directive proposal, like the current Directive, allows for deducting PM_{10} from natural sources and salting roads in winter. This option has not been used in Denmark in recent years, as it has not been necessary for compliance with the existing limit values (Ellermann, 2022a). Concentrations are well below the current limit value of 40 µg/m³.

The development in street concentrations for 98 streets in Copenhagen

For NO_2, the average street concentration for 98 streets in Copenhagen decreases from 23 µg/m³ in 2020 to 11 µg/m³ in 2030 in the baseline. The reductions in street concentrations are primarily driven by the reduction in emissions from traffic in the street in question, but background concentrations are also reduced. By 2030, it is to be expected that some streets will exceed the WHO guideline of 10 µg/m³, as min. is 8.5 µg/m³ and max. 16 µg/m³. Street concentrations in 2030 are well below the current limit value of 40 µg/m³.

For $PM_{2,5}$, the average street concentration decreases from 10 µg/m³ in 2020 to 9 µg/m³ in 2030 in the baseline. Almost all streets are expected to exceed the WHO guidelines of 5 µg/m³, as min. is 8.5 µg/m³ and max. 16 µg/m³. Street concentrations in 2030 are well below the current limit value of 25 µg/m³.

For PM_{10}, the average street concentration decreases from 19 µg/m³ in 2020 to 17 µg/m³ in 2030 in the baseline. Some streets are likely to exceed the WHO guideline of 15 µg/m³, as min. is 15 µg/m³ and max. 17 µg/m³. Street concentrations in 2030 are well below the current limit value of 40 µg/m³.

In the above, both $PM_{2.5}$ and PM_{10} are adjusted for missing mass, and concentrations are slightly lower if this adjustment is not made.

For $PM_{2.5}$ and PM_{10}, the percentage reduction is not as large as for NO_2, as only exhaust particles are reduced and non-exhaust in the form of road wear, tyre wear and brake wear, which make up a much larger contribution than the exhaust part, is unchanged. Furthermore, background pollution accounts for a much larger proportion for particulate matter than for NO_2.

1. Metode og datagrundlag

I det følgende er projektets overordnede metode kort beskrevet, herunder de modeller som anvendes. For en detaljeret beskrivelse af de forskellige modeller er der i teksten henvist til nøglelitteratur om modellerne.

1.1 Basisfremskrivning

Basisfremskrivningen for Danmark er baseret på bl.a. Energistyrelsens basisfremskrivning. Dette er en fremskrivning baseret på eksisterende vedtagne tiltag, på engelsk kaldet "frozen policy". På engelsk kaldes basisfremskrivningen også: WM – With Measures.

For den geografiske fordeling af emissionerne er anvendt SPREAD-modellen (Plejdrup et al., 2021).

For de øvrige medlemslande i EU anvendes de samme emissioner som under basisscenariet, hvis NEC-direktivet er overholdt. Hvis ikke NEC-direktivet overholdes, beregnes nye emissioner baseret på de officielle 2005-emissioner fremskrevet med de reduktionstilsagn, som er specificeret for 2030 i NEC-direktivet, dvs. som om disse lande vil opfylde deres reduktionstilsagn.

Forudsætningerne for basisfremskrivningen er nærmere beskrevet i DCE rapporten (Nielsen et al., 2023). Fremskrivninger til 2030 tager udgangspunkt i emissionerne fra 2020 (Nielsen et al., 2021).

1.2 Udvikling i regionale baggrundskoncentration

Den regionale luftforurening beregnes med Danish Eulerian Hemispheric Model (DEHM) (Christensen, 1997; Brandt et al., 2012). Den regionale baggrund repræsenterer den gennemsnitlige koncentration i landområder over et større område. Den regionale luftforurening er derfor et udtryk for bidraget fra den langtransporterede luftforurening både fra emissioner fra udlandet og fra Danmark (http://envs.au.dk/videnudveksling/luft/model/dehm/).

Modeldomænet for DEHM dækker den nordlige halvkugle med en horisontal opløsning på 150 km x 150 km. Der er højere opløsning over Europa (50 km x 50 km) og en højere opløsning over Nordeuropa (16,67 km x 16,67 km) samt en endnu højere opløsning over Danmark (5,6 km x 5,6 km). Emissionerne er baseret på data fra emissionsdatabaser, som dækker hele den nordlige halvkugle, Europa og Danmark. Der antages samme geografiske fordeling af emissionerne i 2020 og 2030.

Der er gennemført modelberegninger af udviklingen i de regionale baggrundskoncentrationer. Modelberegninger med DEHM af luftkoncentrationer af NO_2, $PM_{2,5}$, PM_{10}, ozon, og kvælstofdeposition (afsætning af kvælstof til land- og farvandsområder). Regionale modeller som DEHM, der beskriver baggrundsluftforureningen, har en tendens til at underestimere koncentrationen af $PM_{2,5}$, når man sammenligner modellernes resultater med målinger. PM_{10} bliver dermed også underestimeret, da $PM_{2,5}$ er en del af PM_{10}. I international litteratur benævnes dette som "the mass closure problem" eller "missing mass problem". Resultat af analyse mellem målinger og modelresultater

for $PM_{2,5}$ viser, at modelresultaterne skal opjusteres med 33% for at matche målingerne (Ellermann et al., 2022b), hvilket er gjort i nærværende rapport.

Beregningerne er gennemført for 2020 og 2030 med fremskrivninger af de danske emissioner og udenlandske emissioner. Meteorologisk data for 2020 er benyttet for begge år.

Der benyttes samme version af DEHM som i forbindelse med Det nationale overvågningsprogram for luftkvalitet (Ellermann et al., 2022).

1.3 Udvikling i baggrundskoncentration med høj opløsning

Udviklingen i baggrundskoncentrationer med høj geografisk opløsning beregnes med Urban Background Model (UBM). Baggrundsforureningen repræsenterer den generelle baggrundsforurening i og uden for byer beregnet med en geografisk opløsning på 1 km x 1 km. I byer omtales baggrundsforureningen som bybaggrundskoncentrationen, og svarer til den koncentration, som findes over hustage eller i en baggård/park (Berkowicz, 2000a). DEHM-beregninger er input til UBM. DEHM- og UBM-beregningerne foregår i en koblet proces, således at UBM får input om beregnede opstrøms regionale koncentrationer time for time fra DEHM, og bidraget til koncentrationerne beregnes med UBM på baggrund af emissionerne opstrøms i en afstand af 30 km. For Danmark foreligger emissionerne på en geografisk opløsning på 1 km x 1 km baseret på SPREAD-modellen, som ud fra geografiske oplysninger fordeler den nationale emission (Plejdrup et al., 2021).

Beregninger gennemføres for NO_2, $PM_{2,5}$ og PM_{10} for 2020 og 2030 for basisfremskrivningen.

1.4 Udvikling i gennemsnitlige eksponeringsindikator for $PM_{2,5}$

Endvidere gennemføres beregninger for den gennemsnitlige eksponeringsindikator (Average Exposure Indicator). Den gennemsnitlige eksponeringsindikator bestemmes som udgangspunkt som et gennemsnit over tre år for $PM_{2,5}$ ud fra målte koncentrationer på bybaggrundsstationer i byer for at afspejle befolkningens eksponering. Luftkvalitetsdirektivet opstiller nogle mål for 2020 for reduktion af denne eksponeringsindikator i forhold til 2010 (EU, 2008).

I forslaget til nyt luftkvalitetsdirektiv (EU Kommission, 2022), som endnu ikke er vedtaget, er der lagt op til en skærpelse af de nuværende krav for eksponeringskoncentrationen af $PM_{2,5}$, og der er indført tilsvarende krav for eksponeringskoncentrationen af NO_2. Det nye forslag til reduktion af eksponeringskoncentrationen for $PM_{2,5}$ angiver, at eksponeringskoncentrationen skal falde med 25% over en tiårig periode. Reduktionskravet skal gælde fra 2030 og hvert år fremover. Til eksempel betyder dette, at eksponeringskoncentrationen i 2030 (gennemsnit af 2028-2030) skal være 25% lavere end målt i 2020 (gennemsnit af 2018-2020). Reduktionskravet er gældende, indtil den gennemsnitlige eksponeringskoncentration kommer i overensstemmelse med den foreslåede målsætning for eksponeringskoncentrationen, som for $PM_{2,5}$ er fastlagt til 5 $\mu g/m^3$.

I nærværende projekt vil eksponeringsindikatoren blive beregnet baseret på DEHM/UBM og kun for det pågældende beregningsår. Det er ikke muligt at beregne for et gennemsnit over 3 år, da vi for fremtidige år anvender samme

meteorologiske forudsætninger som for 2020. Når man kun beregner for et år, kan det give større år til år variation end, hvis der kunne beregnes et gennemsnit over 3 år. Eksponeringsindikatoren vil blive beregnet for København, Aarhus, Odense og Aalborg i samme punkt som beliggenheden af bybaggrundsmålestationerne.

1.5 Udvikling i gadekoncentration

Udviklingen i gadekoncentrationer bliver beregnet med Operational Street Pollution Model (OSPM) (Berkowicz, 2000; Kakosimos et al., 2011; www.au.dk/ospm) af luftkoncentrationer af NO_2, $PM_{2,5}$ og PM_{10} for 2020 og 2030 for 98 udvalgte gadestrækninger i København med fremskrivninger af danske emissioner fra trafikken. De 98 udvalgte gadestrækninger i København er de samme som indgår i Det nationale luftovervågningsprogram for luftkvalitet (Ellermann et al., 2022). Fremskrivninger af emissioner er baseret på DCE's fremskrivninger af danske trafikemissioner, som er implementeret i OSPM's emissionsmodul. Input af bybaggrundskoncentrationer til OSPM er baseret på beregninger fra DEHM/UBM.

1.6 Sammenligning med grænseværdier og WHO-retningslinjer

Beregninger af de regionale koncentrationer, bybaggrundskoncentrationer og gadekoncentrationer er gennemført for NO_2, $PM_{2,5}$ og PM_{10} for 2020 og 2030. Koncentrationerne er sammenlignet med grænseværdier for luftkvalitet og WHO's nye retningslinjer for luftkvalitet fra 2021.

2. Grænseværdier og WHO's retningslinjer

Gældende grænseværdier er baseret på EU-luftkvalitetsdirektivet (EU, 2008), som er implementeret i danske bekendtgørelser. Såfremt grænseværdierne overskrides, er Miljøministeriet forpligtiget til at fremsætte handleplaner, som skal sikre overholdelse inden for rimelig tid. Luftkvalitetsdirektivet stammer fra 2008, og er under revision. I oktober 2022 udgav EU-Kommissionen forslag til reviderede grænseværdier i udkast til revision af Luftkvalitetsdirektivet (EU-Kommissionen, 2022). Dette er et forslag og dermed ikke de endelige reviderede grænseværdier. De endelige grænseværdier vil først foreligge, når de er forhandlet og vedtaget af Europa-Parlamentet og Rådet.

I september 2021 udgav WHO opdaterede retningslinjer for luftkvalitet på baggrund af ny viden og bedre dokumentation af luftforureningens helbredsskadelige virkninger (WHO, 2021). Dette er anbefalinger for luftkvalitet og er ikke juridisk bindende på samme måde som EU's grænseværdier. Et af formålene med revision af luftkvalitetsdirektivet er at sænke grænseværdierne yderligere for at forbedre luftkvaliteten og tilpasse EU's grænseværdier for luftkvalitet bedre til WHO's anbefalinger.

I Tabel 2.1 er opsummeret WHO's retningslinjer fra 2021 samt EU's grænseværdier fra 2008.

Tabel 2.1. EU-grænseværdier og WHO-retningslinjer

Stof	Midlingstider	WHO 2021 (µg/m³)	EU/DK 2008 (µg/m³)
$PM_{2,5}$	Årlig	5	25
	24-timer[a]	15	n.a.
PM_{10}	Årlig	15	40
	24-timer[a]	45	50[e]
O_3	Højeste sæson[b]	60	n.a.
	8-timer[a]	100	120[f]
NO_2	Årlig	10	40
	24-timer[a]	25	n.a.
	1-time	n.a.	200[c]
SO_2	24-timer[a]	40	n.a.
	24-timer maks.	n.a.	125[d]
CO (mg/m³)	24-timer[a]	4	n.a.

[a] 99 percentil (svarende til 3-4 dage med overskridelser pr. år). [b] Gennemsnit af daglige maksimal 8-timers O_3-koncentrationer i de seks på hinanden følgende måneder med de højeste 6-måneders O_3-middelkoncentrationer. [c] Som 18. højeste timeværdi. [d] Må overskrides 3 gange om året. [e] Må overskrides 35 gange om året. [f] Må overskrides en gang om året.

Som det fremgår af Tabel 2.1, er EU's grænseværdier væsentlig højere end WHO's retningslinjer fra 2021.

I de tilfælde, hvor EU-grænseværdier og WHO-retningslinjer ikke er identiske for samme midlingstider, kan de ikke sammenlignes en til en. Eksempelvis er

den maksimale 24-timersmiddelværdi for WHO i 2021 på 45 µg/m^3 for PM_{10}, mens EU-grænseværdien er 50 µg/m^3 også for 24-timersmiddelværdier, men som må overskrides 35 gange om året. Da værdien på 50 µg/m^3 må overskrides 35 gange om året, vil maksværdien være betydelig højere end 50 µg/m^3, og denne EU-grænseværdi er derfor væsentlig mindre restriktiv end WHO's retningslinje.

EU's luftkvalitetsdirektiv stiller krav om, at grænseværdierne skal overholdes senest i bestemte årstal. WHO's retningslinjer opererer ikke med noget tilsvarende, da det er anbefalinger, så der er ingen anbefalinger om, at retningslinjerne bør overholdes i bestemte årstal.

EU-Kommissionen forslag til reviderede grænseværdier har en grænseværdi for $PM_{2,5}$ på 10 µg/m^3 som årsmiddelværdi (WHO 2021 5 µg/m^3, EU 2008 25 µg/m^3), for PM_{10} på 20 µg/m^3 (WHO 2021 15 µg/m^3, EU 2008 40 µg/m^3), og for NO_2 på 20 µg/m^3 (WHO 2021 10 µg/m^3, EU 2008 40 µg/m^3). Det ses således, at EU-Kommissionens forslag til reviderede grænseværdier er lavere end gældende grænseværdier for 2008, men ikke så lave som WHO's retningslinjer fra 2021. DCE har gennemført en redegørelse til Miljøministeriet om luftkvaliteten i Danmark i forhold til de nye forslag til grænseværdier, herunder en vurdering i forhold til fremtidig luftkvalitet i 2030 (Ellermann, 2022a).

3. Fremskrivning af emissioner

I det følgende beskrives udviklingen i emissioner i basisfremskrivningen. Basisfremskrivningen er lavet under antagelse af 'frozen policy', dvs. at der er medtaget effekter af politikker og virkemidler, der var vedtaget inden januar 2022. Dette benævnes også som et 'with measures' scenarie.

3.1 Fremskrivning af emissioner

Tabel 3.1 viser emissionerne i 2020 og 2030 for basisfremskrivningen (WM). Endvidere er vist Danmarks reduktionsforpligtigelser for 2020 og 2030 omregnet til et nationalt reduktionsforpligtigelser for danske emissioner. Emissionsforpligtigelserne er i forhold til 2005.

Tabel 3.1. Reduktionsforpligtigelser for Danmark (fra Nielsen et al., 2022; 2023).

	Enhed	SO_2	NO_x**	NMVOC**	NH_3	$PM_{2,5}$
Reduktionsforpligtigelse 2020	%	35	56	35	24	33
Reduktionsforpligtigelse 2030	%	59	68	37	24	55
Emissionsniveau – 2005	Tons	26.293	183.768	111.538	92.554	21.522
'Reduktionsforpligtigelser' – 2020	Tons	17.090	80.858	72.500	70.341	14.420
'Reduktionsforpligtigelser' – 2030	Tons	10.780	58.806	70.269	70.341	9.685
Emission – 2020	Tons	9.145	69.403	60.393	76.254	12.310
Fremskrevet emission – 2030, WM	Tons	8.094	46.045	56.270	66.300	9.523
Emissionsreduktion 2005 til 2030	%	69	75	50	28	56

** Emissionerne for alle år er vist uden emissionerne for husdyrhold og landbrugsjorde (NFR-kategorierne 3B og 3D), da disse er undtaget for reduktionstilsagn i NEC-direktivet.

For de historiske tal for 2020 ses det, at reduktionsforpligtigelserne er nået for alle stoffer med undtagelse af NH_3. For 2030 viser emissionsfremskrivningen, at reduktionsmålet nås for alle stoffer. For NH_3 betyder nedslagtningen af mink i slutningen af 2020 og det midlertidige forbud mod hold af mink i 2021 og 2022 sammen med andre emissionsreduktioner, at reduktionsmålet for 2020 forventes opnået i den endelig emissionsopgørelse for 2022.

For alle stoffer er der forventet et markant fald i emissionerne mellem 2020 og 2030 som følge af ændringer i energisammensætningen og tiltag til reduktion af landbrugets emissioner.

I basisscenariet er PM_{10}-emissionen også fremskrevet, men ikke vist i denne sammenhæng, da der ikke er et selvstændigt reduktionsmål for PM_{10}.

3.2 Anvendte emissioner i luftkvalitetsberegningerne

I de gennemførte beregninger er de danske emissioner i basisscenariet som vist i Tabel 3.1 anvendt.

For Danmark foreligger emissionerne på en geografisk opløsning på 1 km x 1 km baseret på SPREAD-modellen, som ud fra geografiske oplysninger fordeler de nationale emissioner (Plejdrup et al., 2021). SPREAD-modellen indeholder geografiske fordelingsnøgler for de historiske år 1990, 1995, 2000, 2005,

2010-2020. For fremskrivningsår antages som udgangspunkt samme geografiske fordeling som i seneste historiske år. På grund af nedslagtningen af mink i slutningen af 2020, og da minkerhvervet forventes at være stærkt reduceret i 2030 i forhold til i 2020, er der taget højde for dette i den geografiske fordeling af de fremskrevne emissioner for 2030. Den tilpassede geografiske fordeling, som anvendes for 2030, svarer til fordelingen for 2020 eksklusive emissioner fra mink.

For de udenlandske emissioner er der anvendt landenes egne fremskrivninger i det omfang, de viser målopfyldelse i forhold til reduktionsforpligtigelserne. Hvis fremskrivningerne ikke viser målopfyldelse, er der i beregningerne antaget, at emissionerne i 2030 vil overholde de reduktionsprocenter, der er vedtaget i NEC-direktivet.

De omfattende COVID-19-restriktioner i Europa har medført en betydelig reduktion af udledningerne af luftforurening i 2020 (Ellermann et al., 2022). For bedst muligt at tage hensyn til dette, er der foretaget en korrektion af danske og EMEP baseret udledningerne for 2020. Korrektionerne er baseret på ændringer af udledninger fra trafik og industri for månederne marts-maj, som er beskrevet i Barre et al. (2021), hvor de danske trafikudslip antages at være reduceret med 40% i denne periode, men reduktionen var langt mindre set over hele året, da det danske vejtrafikindeks for eksempel kun faldet med 7% fra 2019 til 2020 (Danmarks Statistik, 2021). For udslip fra industri er der antaget en reduktion på 17%. På trods af betydelige reduktioner inden for trafik og industri, var de samlede emissioner fra alle emissionssektorer betragtet under et ikke så store.

4. Udvikling i regionale baggrundskoncentrationer og kvælstofafsætning

I det følgende opsummeres hvordan basisfremskrivningen af emissioner påvirker den forventede udvikling i de regionale baggrundskoncentrationer og kvælstofafsætning til land- og farvandsområder.

4.1 Udvikling i regionale baggrundskoncentrationer

I Tabel 4.1 er vist de gennemsnitlige regionale koncentrationer for de 5 regioner i Danmark samt gennemsnittet for hele Danmark beregnet med DEHM for basisfremskrivningen (WM). Beregningerne er baseret på en geografisk opløsning på 5,6 km x 5,6 km. Beregningerne er ikke justeret for manglende masse for $PM_{2,5}$ og PM_{10}, og vil således være omkring 33% lavere i 2020 i forhold til sammenligning med målinger.

Tabel 4.1. Gennemsnitlige regionale koncentrationer beregnet med DEHM i basisfremskrivningen (WM) i 2020 og 2030.

Region	2020	2030	Forskel 2030/2020
$PM_{2,5}$ (µg/m^3)			
Nordjylland	4,8	4,3	-11%
Midtjylland	5,1	4,6	-11%
Syddanmark	5,7	5,0	-12%
Hovedstaden	5,4	4,7	-13%
Sjælland	5,6	4,9	-13%
Danmark	5,3	4,7	-12%
PM_{10} (µg/m^3)			
Nordjylland	11,2	10,7	-5%
Midtjylland	11,0	10,4	-5%
Syddanmark	11,7	11,0	-6%
Hovedstaden	9,5	8,7	-8%
Sjælland	10,1	9,3	-8%
Danmark	11,0	10,3	-6%
NO_2 (µg/m^3)			
Nordjylland	3,8	3,2	-16%
Midtjylland	4,3	3,5	-18%
Syddanmark	5,3	4,5	-15%
Hovedstaden	5,9	4,8	-19%
Sjælland	5,8	4,9	-15%
Danmark	4,8	4,0	-16%

For basisfremskrivningen ses, at de regionale koncentrationer af $PM_{2,5}$ som gennemsnit for hele Danmark forventes at blive reduceret med 12% fra 2020 til 2030, og tilsvarende for PM_{10} med 6% og for NO_2 med 16%. Det fremgår også, at der er mindre regionale forskelle.

Regionale modeller som DEHM, der beskriver baggrundsluftforureningen, har en tendens til at underestimere koncentrationen af $PM_{2,5}$, når man sammenligner modellernes resultater med målinger. PM_{10} bliver dermed også underestimeret, da $PM_{2,5}$ er en del af PM_{10}. I international litteratur benævnes dette som "the mass closure problem" eller "missing mass problem". I takt med, at forskningen udvikler sig og modellerne bliver bedre, reduceres dette massegab langsomt. Sandsynligvis består en del af den "manglende masse" af vand i partiklerne, men også processer, som ikke til fulde er beskrevet i den regionale model, som fx dannelsen af sekundære organiske partikler (SOA), men også usikkerheder i emissionsbestemmelse af fx mekanisk dannede partikler. Der er gennem de seneste år gjort forskellige forsøg på at justere for den manglende masse i Det nationale overvågningsprogram for luftkvalitet, da det har betydning for estimering af helbredseffekter og eksterne omkostninger samt sammenligning med grænseværdier. Resultat af analyse mellem målinger og modelresultater for $PM_{2,5}$ viser, at modelresultaterne skal opjusteres med 33% for at matche gennemsnittet målingerne på målestationerne i 2020 (Ellermann et al., 2022b). Det betyder, at $PM_{2,5}$-koncentrationerne i gennemsnit er underestimeret med omkring 33%. Dette skal man også have for øje, når modelberegninger sammenlignes med WHO's retningslinjer. I forbindelse med beregning af fremtidig luftkvalitet i 2030 ved man ikke, hvad underestimeringen er, da der i sagens natur endnu ikke er målinger for 2030. Der vil derfor være usikkerhed på en justering af modelberegningerne for 2030, men de må formodes at underestimere $PM_{2,5}$-koncentrationerne. Bemærk at tal for $PM_{2,5}$ og PM_{10} i Tabel 4.1 og figurer i bilag 1 er de rå DEHM modelresulter uden justering på 33%. Modellerne giver det bedste bud på fremtidig luftkvalitet og justeringer som foretages i 2020 er ikke triviel, da faktoren på 1,33 for manglende masse er et gennemsnit over målestationer i Danmark, og dette forhold kendes ikke i fremtiden, og afhænger i øvrigt af stedet og forskellige kilders bidrag.

De nuværende regionale beregninger for $PM_{2,5}$ for Danmark i 2030 på 4,7 $\mu g/m^3$ er lidt lavere end den tidligere rapport (Jensen et al., 2019) for basisfremskrivningen (WM), som var 5,4 $\mu g/m^3$. For PM_{10} er de nuværende beregninger med 10,3 $\mu g/m^3$ lidt højere mod tidligere 9,0 $\mu g/m^3$, og for NO_2 lidt højere med 4,0 $\mu g/m^3$ mod tidligere 3,4 $\mu g/m^3$.

Forskellene skyldes bl.a. opdatering af selve DEHM-modellen af bl.a. kemiske reaktioner, nye partikler som sekundære organiske aerosoler (SOA), våd- og tørafsætningen af stoffer samt emissionsgrundlag og ikke mindst overgangen til ny meteorologisk model (fra MM5 til WRF). For PM_{10} er der sket forbedringer i beskrivelsen af den grove fraktion bl.a. ændring af tørdeposition af grove partikler, som havde indflydelse på den grove fraktion af havsalt. Disse ændringer har bragt beregninger af PM_{10} i bedre overensstemmelse med målinger.

4.2 Udvikling i baggrundskoncentrationer med høj opløsning

I Tabel 4.2 er vist de gennemsnitlige baggrundskoncentrationer for de 5 regioner i Danmark beregnet med DEHM/UBM for basisfremskrivningen og det alternative scenarie. Beregningerne er baseret på en geografisk opløsning på 1 km x 1 km, dvs. en højere opløsning end, hvis kun DEHM indgår i beregningerne. Af beregningstekniske grunde er Bornholm vist separat, selvom Bornholm er en del af Region Hovedstaden. Beregningerne er ikke justeret for manglende masse for $PM_{2,5}$ og PM_{10}, og vil således være omkring 33% lavere i 2020 i forhold til sammenligning med målinger.

Tabel 4.2. Gennemsnitlige baggrundskoncentrationer over regioner beregnet med høj opløsning med DEHM/UBM i basisåret 2020 og i fremskrivningsåret 2030.

Region	2020			2030-fremskrivning			Forskel 2030/2020		
	NO_2	$PM_{2,5}$	PM_{10}	NO_2	$PM_{2,5}$	PM_{10}	NO_2	$PM_{2,5}$	PM_{10}
	(µg/m³)	(µg/m³)	(µg/m³)	(µg/m³)	(µg/m³)	(µg/m³)	(%)	(%)	(%)
Hovedstaden	8,7	6,5	11,0	6,3	5,7	10,2	-28	-11	-7
Bornholm	6,0	6,3	10,2	5,4	5,5	9,3	-10	-14	-9
Sjælland	7,9	6,6	11,4	6,4	5,9	10,6	-19	-12	-7
Nordjylland	6,4	5,6	12,4	5,1	5,1	11,9	-20	-9	-4
Midtjylland	6,6	5,9	12,4	5,0	5,4	11,8	-24	-10	-5
Syddanmark	8,3	6,6	12,8	6,5	5,9	12,1	-21	-10	-6

Sammenlignes baggrundskoncentrationerne med lavere opløsning, dvs. DEHM-beregningerne (Tabel 4.1) med baggrundskoncentrationerne med høj opløsning baseret på DEHM/UBM (**Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.**), ses, at koncentrationerne er højere med den højere opløsning. Dette er forventeligt, da den højere geografiske opløsning i emissionerne fører til højere variation i koncentrationerne, hvor DEHM-beregningerne grundet lavere opløsning fører til mere udglattede koncentrationer. Dette er den væsentligste grund til at koncentrationerne er højere med DEHM/UBM i forhold til DEHM.

For basisfremskrivningen ses, at baggrundskoncentrationerne med høj opløsning for NO_2 forventes at blive reduceret med 10-28% i 2030 i forhold til 2020, 9-12% for $PM_{2,5}$, og 4-9% for PM_{10}.

4.3 Udvikling i kvælstofafsætning

Landområder

I Tabel 4.3 er vist den gennemsnitlige kvælstofafsætning (N-deposition) til landområder for de 5 regioner i Danmark samt gennemsnittet for hele Danmark beregnet med DEHM for basisfremskrivningen (N-deposition i kg pr. hektar).

Tabel 4.3. Gennemsnitlig kvælstofafsætning til landområder opdelt på regioner og Danmark som helhed.

Region	2020	2030	Forskel 2030/2020
N-dep kgN/ha		**WM**	**WM**
Nordjylland	11,3	10,0	-12%
Midtjylland	12,1	10,7	-11%
Syddanmark	13,1	11,6	-11%
Hovedstaden	9,2	8,3	-10%
Sjælland	9,6	8,6	-10%
Danmark	11,6	10,3	-11%

Det ses, at kvælstofafsætningen til landområder som gennemsnit for hele Danmark forventes at blive reduceret med 11% i 2030 i forhold til 2020 i basisscenariet. Reduktionerne i kvælstofafsætningen er en følge af reduktionerne i de danske emissioner af NO_x, men også reduktioner i NH_3 (se Tabel 3.1) samt i udenlandske emissioner. I den tidligere rapport (Jensen et al., 2019) blev kvælstofafsætningen i 2030 beregnet til 11,3 kgN/ha i WM-scenariet, mens den nuværende beregning er 10,3 kgN/ha, dvs. lidt lavere.

Farvandsområder

I Tabel 4.4 er vist den gennemsnitlige kvælstofafsætning til forskellige farvandsområder samt gennemsnittet for alle danske farvandsområder beregnet med DEHM for basisfremskrivningen (N-deposition i kg pr. hektar).

Tabel 4.4. Kvælstofafsætning til farvandsområder beregnet med DEHM.

Farvandsområde	2020	2030	Forskel 2030/2020
N-dep kgN/ha			
Nordsøen – Alle danske områder	5,5	4,9	-11%
Skagerrak – Alle danske områder	5,1	4,6	-11%
Kattegat – Svenske områder	5,8	5,1	-12%
Kattegat – Alle danske områder	5,4	4,8	-12%
Nordlige Bælthav	5,5	4,9	-11%
Lillebælt	7,3	6,4	-12%
Storebælt	5,8	5,1	-12%
Øresund – Alle danske områder	5,0	4,4	-11%
Øresund – Svenske områder	5,3	4,7	-11%
Sydlige Bælthav	6,3	5,5	-13%
Østersøen – Alle danske områder	5,0	4,4	-12%
Alle danske farvandsområder	5,4	4,8	-11%

Det ses, at kvælstofafsætningen til danske farvandsområder som gennemsnit forventes at blive reduceret med 11% fra 2020 til 2030 i basisscenariet.

I den tidligere rapport (Jensen et al., 2019) blev kvælstofafsætningen i 2030 beregnet til 5,7 kgN/ha i WM--scenariet, mens den nuværende beregning er 4,8 kgN/ha, dvs. lidt lavere, som bl.a. skyldes mindre NH_3 fra produktion af mink.

Kvælstofafsætning for 2020 til danske land- og farvandsområder er nærmere beskrevet i den årlige rapport for atmosfærisk deposition under NOVANA, se Ellermann et al. (2021).

4.4 Kvælstofafsætning i forhold til tålegrænser

En overordnet vurdering af den mulige miljøpåvirkning af kvælstofafsætningen kan foretages ved at sammenholde afsætningen med typiske tålegrænser for forskellige naturtyper. Bemærk at en mere præcis fastsættelse af tålegrænsen for en udpeget lokalitet kræver specifikke data for den pågældende lokalitet, som ikke er tilgængelige i dette arbejde.

I Danmark er bestemte naturtyper beskyttet gennem naturbeskyttelseslovens § 3 (https://mst.dk/natur-vand/natur/national-naturbeskyttelse/3-beskyttede-naturtyper/arealopgoerelse/).

Den gennemsnitlige årlige kvælstofafsætning i Danmark til landområder er 11,6 kg N/ha i 2020 og 10,3 kg N/ha i 2030 i basisscenariet. Dette er den gennemsnitlige afsætning for modellens beregningsgitter bestående af gitterceller på ca. 5,6 km x 5,6 km. Som det ses af Bilag 1, er der en vis geografisk variation i afsætningen, hvor afsætningen i nogle områder er tæt på eller over 20 kg N/ha. Den geografiske variation skyldes, at afsætningen afhænger af overfladens karakteristika, herunder bl.a. overfladens ruhed og lokale emissioner. Ammoniakemissionen fra lokale landbrugsaktiviteter spiller således en rolle. Ligeledes vil der være større afsætning til en ru overflade som f.eks. en skov end til f.eks. et moseområde. Derudover har variationer i mængden af nedbør også en rolle. Der kan derfor være væsentligt større variationer i afsætningen, end det fremgår af beregningerne på ca. 5,6 km x 5,6 km, og især omkring områder med landbrugsaktiviteter, kan der være lokale "hotspots" (se bl.a. Geels et al., 2006). Over mindre søer langt fra lokale kilder kan afsætningen til gengæld være lavere.

Ifølge modelberegningerne udgør de reducerede kvælstofforbindelser (NH_x) og reduktionsprodukter af NO_x (NO_y) hver omkring halvdelen af den totale kvælstofafsætning (Ellermann et al., 2021). Første del stammer primært fra landbrugets udledninger af ammoniak (NH_3) og anden del primært fra transportsektorens udledning af NO_x.

Langt hovedparten af afsætningen til de danske farvands- og landområder stammer fra udenlandske kilder. I gennemsnit er den danske andel af afsætningen til de åbne danske farvande estimeret til at være på ca. 13% i 2020. I gennemsnit for landområderne er den danske andel estimeret til at være på ca. 40% i 2020 (Ellermann et al., 2021).

Tålegrænser for forskellige naturtyper er vist i Tabel 4.5. For Danmark forefindes der gennemsnitlige afsætning i gitterfelterne på 4-20 kgN/ha, hvilket overskrider eller er på niveau med tålegrænsen for visse følsomme naturtyper.

Tabel 4.5. Empirisk baserede tålegrænser for Naturbeskyttelseslovens terrestriske naturtyper samt for klit, løv- og nåleskov baseret på anbefalinger fra FN's Økonomiske Kommission for Europa (UNECE), 2011 fra Bak (2018). Enhed kgN/ha/år.

Naturtype	Tålegrænse interval	Differentiering
Overdrev	10-25	[1]Sure overdrev 10-15, kalkholdige overdrev 15-25
Klit	8-20	Grå klit og grønsværklit 8-15, øvrig klit 10-20
Hede	10-20	Der kan være klit kortlagt som § 3 hede
Fersk eng	15-25	[1,2]
Strandeng	30-40	[1,2]
Mose (og kær)	5-30	Højmoser 5-10, hængesæk, tørvelavninger 10-15, fattigkær og hedemoser 10-20, kalkrige moser og væld, rigkær 15-30
Løvskov	10-20	Skovbevoksede tørvemoser 10-15
Nåleskov	10-20	

[1]Bør ikke anvendes for arealer med kulturgræsland, hvor den væsentligste påvirkning er en hidtil lovlig landbrugsmæssig anvendelse. Dette vil primært gælde engarealer og bør ses over en længere tidsperiode. Intervallet dækker således som udgangspunkt "naturenge". Se også note 2.

[2]Den atmosfæriske afsætning skal ses i sammenhæng med andre tilførsler, fx med overfladenær afstrømning fra marker.

4.5 Geografisk fordeling af baggrundsforurening og kvælstofafsætning i 2020 og 2030

I bilag 1 er der vist kort over den geografiske fordeling af en række luftforureninger i 2020 og 2030 baseret på DEHM-beregninger for basisfremskrivningen. Den geografiske fordeling er grundlæggende ens i 2020 og 2030, da der er forudsat samme geografiske fordeling i emissionerne, men koncentrationerne er lidt mindre i 2030 i forhold til 2020. Følgende kort er vist i bilag 1 for 2020 og 2030:

- Ozon – årsmiddelkoncentration
- Ozon – maksimal 8-timers løbende middelværdi
- Ozon – Antal overskridelser af værdien 120 µg/m^3 på basis af 8-timers løbende middelværdi
- Ozon – maksimal 1-times koncentration
- Ozon – Antal overskridelser af informationsværdien på 180 µg/m^3 på basis af 1-times værdier
- Ozon – AOT40. AOT40 er den akkumuleret ozoneksponering af vegetation over en grænse på 40 ppb (=80 µg/m^3) beregnet som timeværdier mellem kl. 8 og 20. Er der f.eks. i løbet af en dag målt tre timemiddelværdier af ozon, der overstiger 40 ppbv, f.eks. 45, 50 og 55 ppbv, bliver dagens AOT40 = 5 + 10 + 15 = 30 ppbv·timer (kan også angives i enheden µg/m^3 timer).
- NO_2 – Årsmiddelkoncentration
- $PM_{2,5}$ – Årsmiddelkoncentration (ikke korrigeret for manglende masse)
- PM_{10} – Årsmiddelkoncentration (ikke korrigeret for manglende masse)
- Total årlig kvælstofdeposition (total N).

Ozon

Årsmiddelkoncentrationen af ozon forventes at falde lidt fra 2020 og frem til 2030, men det er især de øvrige indikatorer, som er relateret til de højeste værdier, som reduceres lidt mere frem til 2030.

NO_2

NO_2 bliver reduceret fra 2020 til 2030.

Partikler

$PM_{2,5}$ og PM_{10} bliver reduceret fra 2020 til 2030.

Kvælstofafsætning

Kvælstofafsætning bliver reduceret fra 2020 til 2030 både over land- og farvandsområder.

5. Udvikling i bybaggrundskoncentration og eksponeringskoncentration

I dette kapitel beskrives udviklingen i bybaggrundskoncentrationen for NO_2, $PM_{2,5}$ og PM_{10} for basisåret 2020 og fremskrivningsåret 2030. Bybaggrundskoncentrationen er beregnet med DEHM/UBM.

I det nuværende EU-luftkvalitetsdirektiv (EU, 2008) bestemmes den gennemsnitlige eksponeringskoncentration (Average Exposure Indicator) som udgangspunkt som et gennemsnit over tre år for $PM_{2,5}$ ud fra målte koncentrationer på bybaggrundsstationer i byer for at afspejle befolkningens eksponering, og de tre år anvendes for at tage hensyn til variation i de meteorologiske forhold fra år til år. Luftkvalitetsdirektivet opstiller nogle mål for 2020 for reduktion af denne eksponeringsindikator i forhold til 2010. Reduktionsmålene i procent er afhængige af udgangskoncentrationen i 2010. For Danmarks vedkommende foretages $PM_{2,5}$ målinger på bybaggrundsstationer i København, Aarhus og Aalborg, og den gennemsnitlige eksponeringskoncentration beregnes ud fra disse stationer. Der foretages ikke målinger af $PM_{2,5}$ på bybaggrundsstationen i Odense. For Danmark gælder, at den gennemsnitlige eksponeringskoncentration skal være faldet med 15% i perioden fra 2010 (gennemsnit af 2008-2010) til 2020 (gennemsnit af 2018-2020). For alle EU-lande gælder, at den gennemsnitlige eksponeringskoncentration ikke må overstige 15 µg/m^3 fra 2015. Danmark har overholdt begge disse krav (Ellermann et al., 2022b).

I forslaget til nyt luftkvalitetsdirektiv (EU-Kommission, 2022) er der lagt op til en skærpelse af de nuværende krav for eksponeringskoncentrationen af $PM_{2,5}$, og der er indført tilsvarende krav for eksponeringskoncentrationen af nitrogendioxid.

Det nye forslag til reduktion af eksponeringskoncentrationen for $PM_{2,5}$ angiver, at eksponeringskoncentrationen skal falde med 25% over en tiårig periode. Reduktionskravet skal gælde fra 2030 og hvert år fremover. Til eksempel betyder dette, at eksponeringskoncentrationen i 2030 (gennemsnit af 2028-2030) skal være 25% lavere end målt i 2020 (gennemsnit af 2018-2020). Reduktionskravet er gældende, indtil den gennemsnitlige eksponeringskoncentration kommer i overensstemmelse med den foreslåede målsætning for eksponeringskoncentrationen, som for $PM_{2,5}$ er fastlagt til 5 µg/m^3, dvs. samme retningslinje for luftkvalitet som WHO har opstillet (WHO, 2021). I 2020 var den gennemsnitlige eksponeringskoncentration 10 µg/m^3 og skal således være reduceret til 7,5 µg/m^3 i 2030, og derefter indtil målsætningen på 5 µg/m^3 opnås (Ellermann et al., 2022b).

For NO_2 er der foreslået helt nye krav i relation til eksponeringskoncentrationen i forslaget til revideret luftkvalitetsdirektiv. Lige som for $PM_{2,5}$, er der foreslået et krav om, at eksponeringskoncentrationen for NO_2 skal falde med 25% over en tiårig periode. Reduktionskravet skal gælde fra 2030 og hvert år fremover ind til den foreslåede målsætning for eksponeringskoncentration er nået. For NO_2 er der foreslået en målsætning på 10 µg/m^3, dvs. samme retningslinje for luftkvalitet, som WHO har opstillet (WHO, 2021). I 2021 var den gennemsnitlige eksponeringskoncentration 9,7 µg/m^3 (gennemsnit for 2019-2021), og målsætningen er dermed allerede opfyldt. NO_2-målinger foretages

på bybaggrundsstationer i København, Odense, Aarhus og Aalborg, og den gennemsnitlige eksponeringskoncentration beregnes ud fra disse stationer.

Vurdering af luftkvaliteten i Danmark sammenholdt med målsætningerne i EU's forslag til revideret luftkvalitetsdirektiv er nærmere beskrevet i et DCE-notat (Ellermann, 2022a).

I nærværende projekt er den gennemsnitlige eksponeringskoncentration modelleret og kun for det pågældende beregningsår.

5.1 Udvikling i bybaggrundskoncentration for NO_2, $PM_{2,5}$ og PM_{10}

I Tabel 5.1 er vist udviklingen i bybaggrundskoncentrationer for NO_2, $PM_{2,5}$ og PM_{10} for samme placering som bybaggrundsmålestationerne i København, Aarhus, Odense og Aalborg. Placering og yderligere information om bybaggrundsmålestationerne kan ses på DCE's hjemmeside (https://envs.au.dk/faglige-omraader/luftforurening-udledninger-og-effekter/overvaagningsprogrammet/maalestationer).

Tabel 5.1. Bybaggrundskoncentrationer af NO_2, $PM_{2,5}$ og PM_{10} beregnet med DEHM/UBM

		2020			2030			Forskel		
By	**Bybaggrundsstation**	**NO_2 (µg/m³)**	**$PM_{2,5}$ (µg/m³)**	**PM_{10} (µg/m³)**	**NO_2 (µg/m³)**	**$PM_{2,5}$ (µg/m³)**	**PM_{10} (µg/m³)**	**NO_2 (%)**	**$PM_{2,5}$ (%)**	**PM_{10} (%)**
København	H.C. Ørsted Instituttet	11,5	6,7	11,3	6,9	6,0	10,5	-39	-11	-7
Odense	Rådhus	10,3	6,8	12,2	7,0	6,1	11,4	-32	-11	-6
Aarhus	Botanisk Have	10,8	6,5	12,4	7,1	5,8	11,8	-34	-10	-5
Aalborg	Østerbro	9,5	5,8	12,1	7,4	5,3	11,6	-23	-9	-5
	Gennemsnitlig eksponeringskoncentration	10,5	6,4	12,0	7,1	5,8	11,3	-32	-10	-6

Eksponeringskoncentration for NO_2

Målingerne på bybaggrundsstationer i 2020 var mellem 8,3 og 9,3 µg/m³, så modellen overvurderer lidt (model mellem 9,5 og 11,5 µg/m³).

Det ses, at den gennemsnitlige beregnede eksponeringskoncentration for NO_2 for bybaggrundsstationerne falder med 32% fra 2020 til 2030. Det beregnede niveau er 7,1 µg/m³ i 2030 og overholder målsætningen på 10 µg/m³. Da målingerne for 2021 allerede viser, at målsætningen på 10 µg/m³ er overholdt, og fremskrivningerne viser fortsat fald er det også meget sandsynligt, at målsætningen vil være opfyldt i 2030.

Koncentrationerne er langt under den nuværende grænseværdi på 40 µg/m³.

Eksponeringskoncentration for $PM_{2,5}$

Målingerne af $PM_{2,5}$ i 2020 på bybaggrundsstationen i København viste 8 µg/m³ (model estimerer 6,7 µg/m³) og 7 µg/m³ på bybaggrundsstationerne i Aarhus og Aalborg (model estimerer hhv. 6,5 og 5,8 µg/m³). Modellen underestimerer med hhv. 1,3, 0,5 og 1,2 µg/m³ i hhv. København, Aarhus og Aalborg. Modelresultaterne underestimerer således i forhold til målingerne i 2020, hvilket også bidrager til usikkerhed på det beregnede niveau i 2030.

Den gennemsnitlige beregnede eksponeringskoncentration for $PM_{2,5}$ falder med 10% fra 2020 til 2030, og opfylder dermed ikke kravet om en reduktion på 25% over en 10-årig periode. Det beregnede niveau er 5,8 µg/m³ i 2030 og overholder heller ikke målsætningen på 5 µg/m³, som er den samme som WHO's retningslinje. Det modellerede niveau på 5,8 µg/m³ i 2030 kunne være undervurderet, da der ikke er justeret for manglende masse.

Ifølge direktivforslaget er det muligt at fratrække bidrag fra naturlige kilder såsom havsalt og bidrag fra vegetation, fx dannelse af SOA (Sekundære Organiske Aerosols) i atmosfæren ud fra emissioner fra fx terpener fra vegetation. SOA er en del af $PM_{2,5}$. Dette bidrag er estimeret til at være 1,5 µg/m³ ud fra modelberegninger (Ellermann et al., 2022b).

Kombinationen af en modelunderestimering på omkring 0,5-1,3 µg/m³, og et fradrag af bidraget fra naturlige kilder på 1,5 µg/m³ ser ud til at lande på et niveau lidt over målsætningen på 5 µg/m³ i 2030, men der er en vis usikkerhed på dette estimat, da der både er usikkerhed på størrelsen af manglende masse og bidrag fra naturlige kilder i fremtiden.

Koncentrationerne er langt under den nuværende grænseværdi for årsmiddel på 25 µg/m³.

PM_{10}

Målinger af PM_{10} i 2020 på bybaggrundsstationen i København viste 14 µg/m³ (model estimerer 11,3 µg/m3). Modellen underestimerer således med omkring 2,7 µg/m³, hvilket også bidrager til usikkerhed på det beregnede niveau i 2030.

Der er ikke opstillet en gennemsnitlig eksponeringskoncentration for PM_{10}, men gennemsnittet for PM_{10} falder med 6% fra 2020 til 2030. WHO-retningslinje for luftkvalitet for PM_{10} er 15 µg/m³, som allerede er overholdt i 2020. Da koncentrationer for PM_{10} fortsat forventes at falde er det også sandsynligt, at WHO's retningslinje vil være opfyldt i 2030.

Det nye forslag til luftkvalitetsdirektiv giver ligesom det gældende direktiv mulighed for at fratrække PM_{10} fra naturlige kilder og PM_{10} fra saltning af vejen om vinteren. Denne option har ikke været anvendt i Danmark i de seneste år, da det ikke har været nødvendigt for overholdelse af de eksisterende grænseværdier (Ellermann, 2022a).

Koncentrationerne er langt under den nuværende grænseværdi for årsmiddel på 40 µg/m³.

6. Udvikling i gadekoncentration

I det følgende beskrives udviklingen i gadekoncentrationer beregnet med modellen OSPM for 98 udvalgte gadestrækninger i København med fremskrivninger af danske emissioner fra trafikken. Beregningerne tager udgangspunkt i modellerede baggrundskoncentrationer med DEHM/UBM for hhv. basisåret 2020 og fremskrivningsåret 2030.

6.1 Udvikling i trafikemissioner

Fremskrivning af emissionerne for trafikken er baseret på DCE's nationale emissionsmodel for vejtrafik (COPERT V) (EMEP/EEA, 2019). Emissionsfaktorer for bytrafik for køretøjsgrupperne personbiler, varebiler, lastbiler (under 32t, over 32t) og busser (bybusser, turistbusser) er beregnet for 2020 og 2030.

For de 98 gader er det endvidere forudsat, at der ikke sker ændringer i trafikniveau, køretøjsfordeling eller rejsehastigheden.

6.2 Udvikling i koncentrationen for 98 gader i København

I Tabel 6.1 er vist beregnede gennemsnitlige koncentrationer samt min. og maks. for 98 udvalgte gadestrækninger i København. Det er de samme gader, som der foretages beregninger for hvert år under Det nationale måleprogram for luftkvalitet (Ellermann et al., 2022b). Beregningerne er udført med OSPM med input om baggrundskoncentrationer fra DEHM/UBM. "Gade" betegner således gadekoncentrationer (OSPM), "Byb."er bybaggrundskoncentrationer (UBM) og "Reg." er regionale koncentrationer (DEHM). Bemærk at der her er justeret for manglende masse for $PM_{2,5}$ og PM_{10}.

Ændringer af gadekoncentrationen for de 98 gader afspejler derfor den forventede reduktion i emissionerne fra trafikken og udviklingen i bybaggrundskoncentrationen beregnet med DEHM/UBM.

Tabel 6.1. Beskrivende statistik for udvikling i koncentrationer for 98 gader i København

		Basis 2020			2030 WM			Forskel (%)		
Stof	**Statistik**	**Gade**	**Byb.**	**Reg.**	**Gade**	**Byb.**	**Reg.**	**Gade**	**Byb.**	**Reg.**
NO_2	Gns.	22,8	11,0	5,3	11,3	7,2	4,3	-51	-35	-19
NO_2	Maks.	36,7	15,7	5,3	16,3	11,8	4,3	-56	-25	-19
NO_2	Min.	13,2	9,8	5,2	8,5	6,6	4,3	-36	-33	-18
$PM_{2,5}$	Gns.	10,2	8,8	8,3	9,0	7,9	7,3	-12	-11	-12
$PM_{2,5}$	Maks.	11,5	9,1	8,4	10,1	8,2	7,4	-12	-11	-12
$PM_{2,5}$	Min.	9,1	8,6	8,3	8,1	7,7	7,3	-11	-11	-12
PM_{10}	Gns.	18,6	14,8	14,3	17,4	13,8	13,3	-7	-7	-7
PM_{10}	Maks.	22,6	15,5	14,5	21,3	14,5	13,5	-6	-6	-7
PM_{10}	Min.	15,6	14,3	14,2	14,6	13,3	13,1	-7	-7	-7

For NO_2 falder den gennemsnitlige gadekoncentration for de 98 gader i København fra 23 µg/m³ i 2020 til 11 µg/m³ i 2030 i basisscenariet. Reduktionerne i gadekoncentrationerne er primært drevet af reduktionen i emissionen fra trafikken i den pågældende gade, men baggrundskoncentrationerne reduceres også. I 2030 må det forventes, at en del gader overskrider WHO's ret-

ningslinje på 10 µg/m^3, da min. er 8,5 µg/m^3 og maks. 16 µg/m^3. Gadekoncentrationerne i 2030 er langt under den nuværende grænseværdi på 40 µg/m^3.

For $PM_{2,5}$ falder den gennemsnitlige gadekoncentration fra 10 µg/m^3 i 2020 til 9 µg/m^3 i 2030 i basisscenariet. Næsten alle gader må forventes at overskride WHO's retningslinjer på 5 µg/m^3, da min. er 8,1 µg/m^3 og maks. 10,1 µg/m^3. Gadekoncentrationerne i 2030 er langt under den nuværende grænseværdi på 25 µg/m^3.

For PM_{10} falder den gennemsnitlige gadekoncentration fra 19 µg/m^3 i 2020 til 17 µg/m^3 i 2030 i basisscenariet. I 2030 må en del gader formodes at overskride WHO's retningslinje på 15 µg/m^3, da min. er 15 µg/m^3 og maks. 21 µg/m^3. Gadekoncentrationerne i 2030 er langt under den nuværende grænseværdi på 40 µg/m^3.

For $PM_{2,5}$ og PM_{10} er den procentvise reduktion ikke så stor som for NO_2, da det kun er partikeludstødningen, som reduceres, og ikke-udstødningen i form af vejslid, dækslid og bremseslid, som udgør en langt større del end udstødningsdelen, som er uændret. Endvidere udgør baggrundsforureningen en langt større del for partikler end for NO_2.

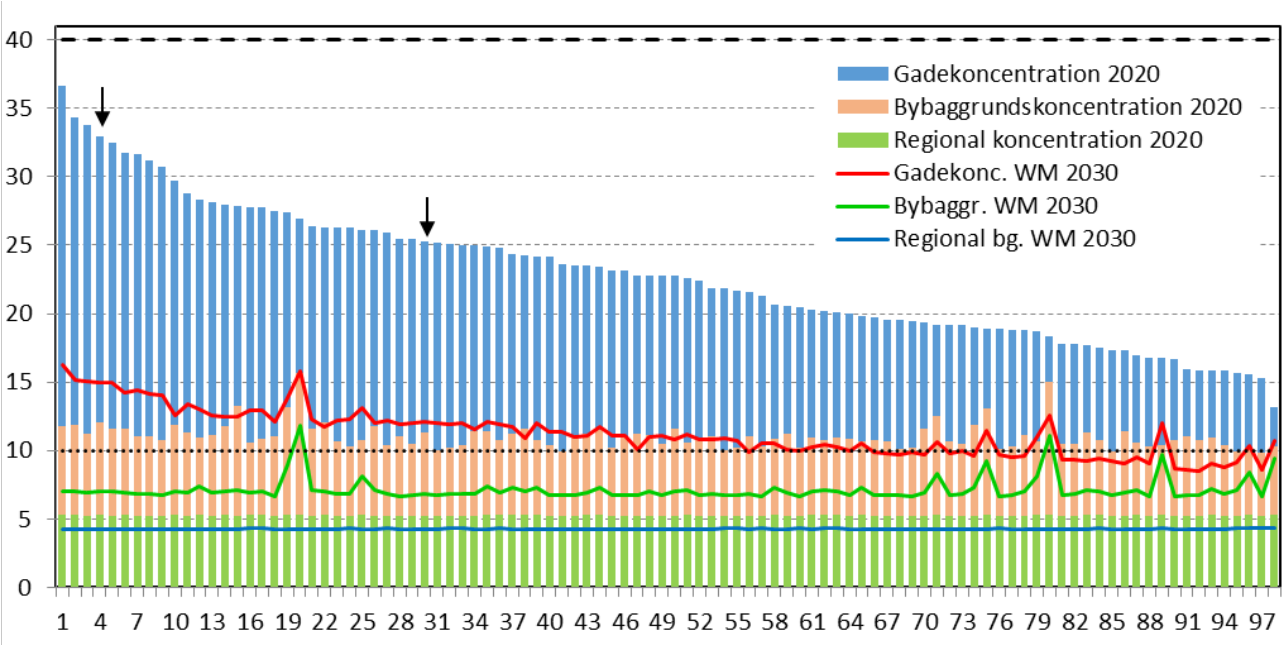
6.3 Udvikling i gadekoncentration for de enkelte gader

Udviklingen i gadekoncentration for de enkelte gader i København er vist i nedenstående figurer 6.1-6.3. Figurerne viser gadekoncentrationen i 2020 som søjlediagram for den enkelte vej, samt bidraget fra regional baggrund og bybaggrund. For 2030 er vist basisscenariet ("WM") som kurver, der også er underopdelt i gade, bybaggrund og regional baggrund.

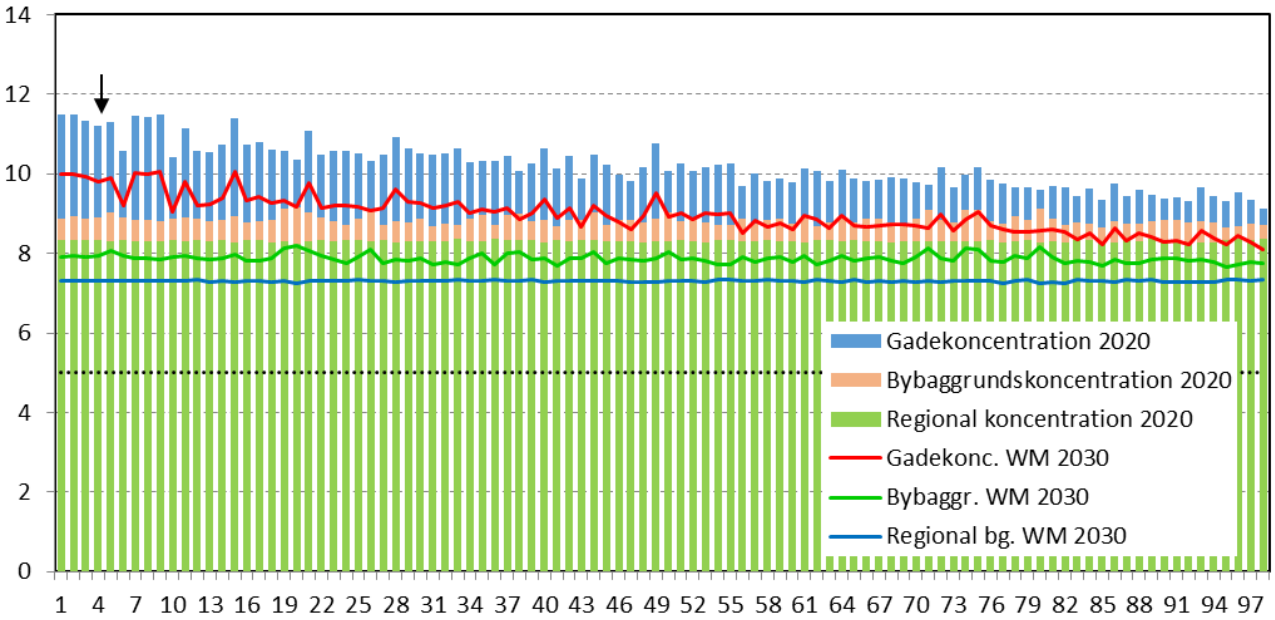
Gadenavne på og placering af de 98 gader er vist i Bilag 2.

Gaderne er rangordnet efter beregnede NO_2-gadekoncentrationer i 2020, hvor den højeste er 1 og den laveste 98 (Figur 6.1). For $PM_{2,5}$ (Figur 6.2) og PM_{10} (Figur 6.3) er rækkefølgen af gaderne den samme som for NO_2.

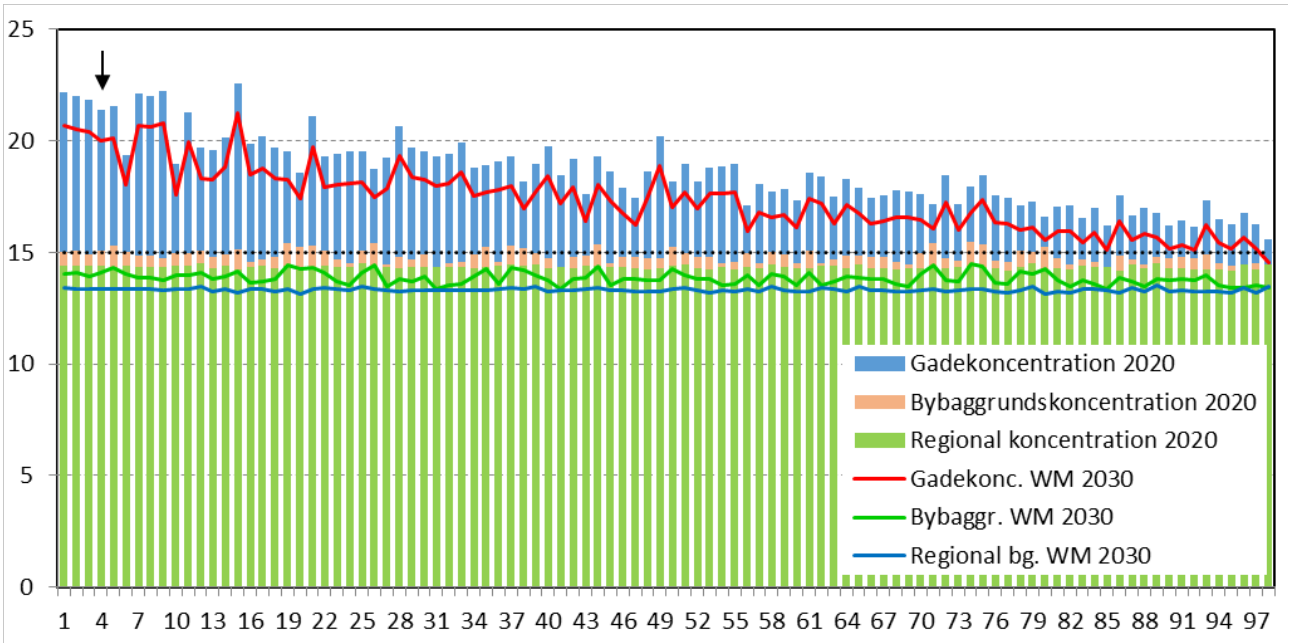
Den nuværende grænseværdi er vist som stiplet linje (lange streger) for NO_2, og WHO's retningslinjer som stiplet linje (korte streger).



Figur 6.1. NO_2 koncentration i µg/m³. Gaderne er rangordnet (1: højeste koncentration, 98: laveste koncentration). De to pile indikerer, at gaden også har en målestation. Pilen til venstre indikerer H.C. Andersens Boulevard og pilen til højre Jagtvej.



Figur 6.2. $PM_{2,5}$ koncentration i µg/m³. Gaderne har samme rækkefølge som i Figur 6.1.



Figur 6.3. PM_{10} koncentration i µg/m^3. Gaderne har samme rækkefølge som i Figur 6.1.

Referencer

Bak, J. L. 2018: Opdatering af empirisk baserede tålegrænser. Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 11 s. http://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2018/Opdatering_empirisk_baserede_taalegraenser.pdf

Barré, J., Petetin, H., Colette, A., Guevara, M., Peuch, V.H., Rouil, L., Engelen, R., Inness, A., Flemming, J., Pérez García-Pando, C., Bowdalo, D., Meleux, F., Geels, C., Christensen, J.H., Gauss, M., Benedictow, A., Tsyro, S., Friese, E., Struzewska, J., Kaminski, J.W., Douros, J., Timmermans, R., Robertson, L., Adani, M., Jorba, O., Joly, M. & Kouznetsov, R. 2021: Estimating lockdown-induced European NO2 changes using satellite and surface observations andair quality models, Atmospheric Chemistry and Physics, 21(9), 7373-7394. https://doi.org/10.5194/acp-21-7373-2021

Berkowicz, R. (2000a): A Simple Model for Urban Background Pollution. Environmental Monitoring and Assessment Vol. 65, Issue 1/2, pp. 259-267.

Berkowicz, R. (2000b): OSPM – A parameterised street pollution model. Environ. Monit. Assess. 65 (1/2), 323–331.

Brandt, J., Christensen, J.H., Frohn, L.M., Palmgren, F., Berkowicz, R., Zlatev, Z. (2001): Operational air pollution forecasts from European to local scale. Atmospheric Environment, Vol. 35, Sup. No. 1, pp. S91-S98, 2001.

Brandt, J., J. D. Silver, L. M. Frohn, C. Geels, A. Gross, A. B. Hansen, K. M. Hansen, G. B. Hedegaard, C. A. Skjøth, H. Villadsen, A. Zare, and J. H. Christensen (2012): An integrated model study for Europe and North America using the Danish Eulerian Hemispheric Model with focus on intercontinental transport. *Atmospheric Environment*, Volume 53, June 2012, pp. 156-176, doi:10.1016/j.atmosenv.2012.01.011.

Brandt, J., Silver, J. D., Christensen, J. H., Andersen, M. S., Bønløkke, J. H., Sigsgaard, T., Geels, C., Gross, A., Hansen, A. B., Hansen, K. M., Hedegaard, G. B., Kaas, E., and Frohn, L. M. (2013a): Assessment of past, present and future health-cost externalities of air pollution in Europe and the contribution from international ship traffic using the EVA model system, Atmos. Chem. Phys., 13, 7747-7764, https://doi.org/10.5194/acp-13-7747-2013.

Christensen, J.H. (1997): The Danish Eulerian Hemispheric Model – a three-dimensional air pollution model used for the Arctic. Atmospheric Environment., 31, 4169–4191.

Ellermann, T., Nordstrøm, C., Brandt, J., Christensen, J., Ketzel, M., Massling, A., Bossi, R., Frohn, L.M., Geels, C., Jensen, S.S., Nielsen, O.-K., Winther, M., Poulsen, M.B., Monies, C., 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. http://dce2.au.dk/pub/SR467.pdf

Ellermann, T., Bossi, R., Sørensen, M.O.B., Christensen, J., Løfstrøm, P., Lansø, A. S., Monies, C., Geels, C., & Poulsen, M. B., 2021: Atmosfærisk deposition

2020. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi. 95s. – Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 471. http://dce2.au.dk/pub/SR471.pdf

Ellermann, T., 2022a. Vurdering af luftkvalitet i Danmark sammenholdt med målsætninger i EU's forslag til nyt luftkvalitetsdirektiv. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 24 s. – Fagligt notat nr. 2022|76. https://dce.au.dk/fileadmin/dce.au.dk/Udgivelser/Notater_2022/N2022_76.pdf

Ellermann, T., Nordstrøm, C., Brandt, J., Christensen, J., Ketzel, 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. 2022b: Luftkvalitet 2020. Status for den nationale luftkvalitetsovervågning. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 144 s. - Videnskabelig rapport nr. 467. https://dce2.au.dk/pub/SR476.pdf

EMEP/EEA, 2019. Air Pollutant Emission Inventory Guidebook, prepared by the UNECE/EMEP Task Force on Emissions Inventories and Projections (TFEIP). Available at: https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019.

EU (2008): EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2008/50/EF af 21. maj 2008 om luftkvaliteten og renere luft i Europa.

EU (2016): EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV (EU) 2016/2284 af 14. december 2016 om nedbringelse af nationale emissioner af visse luftforurenende stoffer, om ændring af direktiv 2003/35/EF og om ophævelse af direktiv 2001/81/EF.

EU-Kommission, 2022. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on ambient air quality and cleaner air for Europe. Brussels, 26.10.2022. COM(2022) 542 final.

Geels, C, Hertel, O, Madsen, PV, Frohn, LM, Gyldenkærne, S, Frydendall, J, Christensen, J, Hvidberg, M, Ambelas Skjøth, C & Ellermann, T 2006, Atmosfærisk kvælstofbelastning af udvalgte naturområder i Frederiksborg Amt. Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet. Faglig rapport fra DMU, vol. 601.

Jensen, S.S., Christensen, J.H., Frohn, L.M., Brandt, J., Ketzel, M., Nielsen, O.-K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Hertel, O., Ellermann, T. 2018. Udvikling i luftkvalitet og helbredseffekter for 2020 og 2030 i relation til Nationalt program for reduktion af luftforurening (NAPCP). Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 52 s. - Videnskabelig rapport nr. 300. http://dce2.au.dk/pub/SR300.pdf

Jensen, S.S., Christensen, J.H., Frohn, L.M., Brandt, J., Ketzel, M., Nielsen, O.-K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Hertel, O., Ellermann, T. 2019. Udvikling i luftkvalitet for 2030 i relation til Nationalt program for reduktion af luftforurening (NAPCP) – Effekter af udvalgte initiativer i regeringens klima- og luftudspil. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 48 s. - Videnskabelig rapport nr. 315. http://dce2.au.dk/pub/SR315.pdf

Kakosimos, K.E., Hertel, O., Ketzel, M., Berkowicz, R., 2011. Operational Street Pollution Model (OSPM) - a review of performed validation studies, and future prospects. Environ. Chem. 7, 485–503.

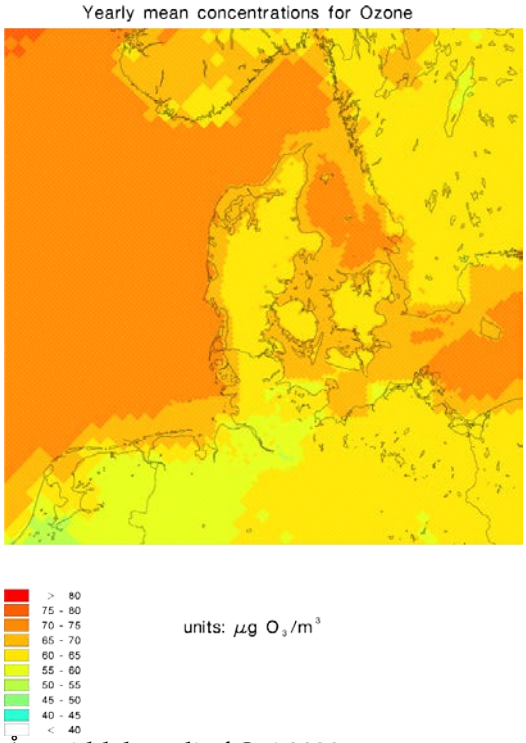
Nielsen, O-K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Mikkelsen, M.H., Nielsen, M., Gyldenkærne, S., Fauser, P., Albrektsen, R., Hjelgaard, K.H., Bruun, H.G. & Thomsen, M. 2022. Annual Danish Informative Inventory Report to UNECE. Emission inventories from the base year of the protocols to year 2020. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 583 pp. Scientific Report No. 488 http://dce2.au.dk/pub/SR488.pdf

Nielsen, O-K., Plejdrup, M.S., Winther, M., Mikkelsen, M.H., Nielsen, M., Gyldenkærne, S., Fauser, P., Albrektsen, R., Hjelgaard, K.H. & Bruun, H.G. 2023. Annual Danish Informative Inventory Report to UNECE. Emission inventories from the base year of the protocols to year 2021. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy. (In preparation)

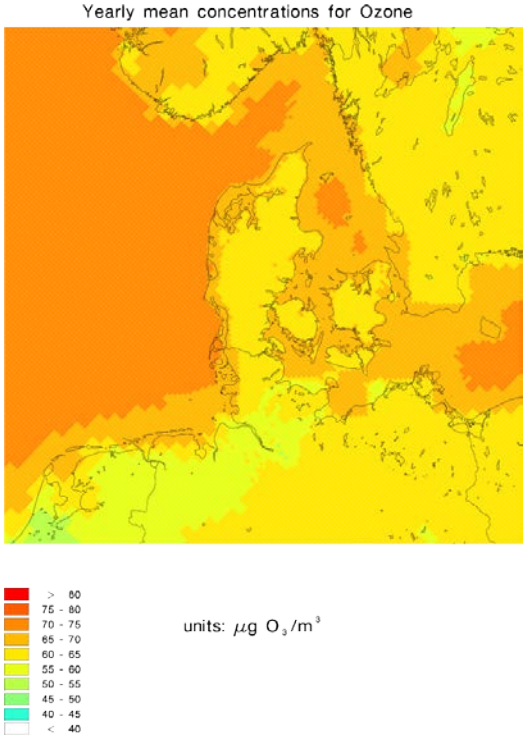
Plejdrup, M.S., Nielsen, O.-K., Gyldenkærne, S. & Bruun, H.G. 2021. Spatial high-resolution distribution of emissions to air – SPREAD 3.0. Aarhus University, DCE – Danish. Centre for Environment and Energy, 208 pp. Technical Report No. 215. http://dce2.au.dk/pub/TR215.pdf

WHO (2021): WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide.

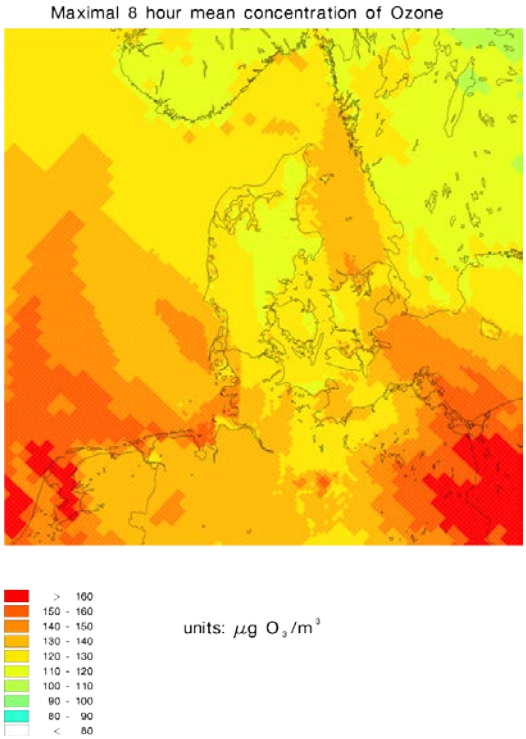
Bilag 1 Kort over regionale koncentrationer og kvælstofdeposition i basisfremskrivning



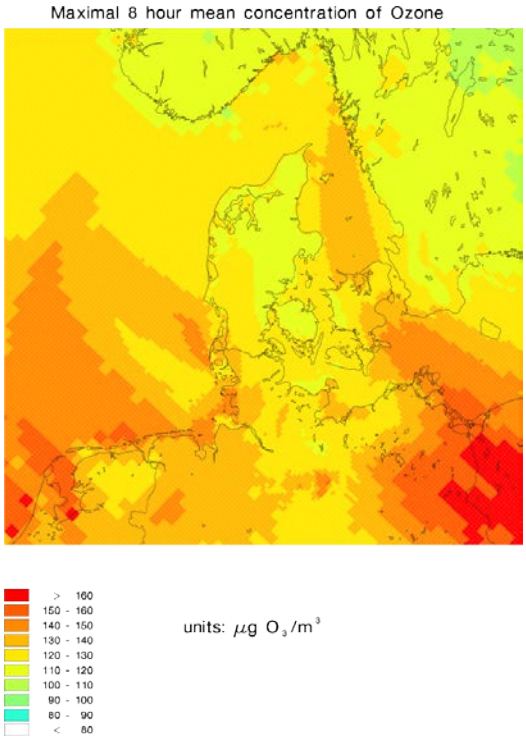
Årsmiddelværdi af O_3 i 2020.



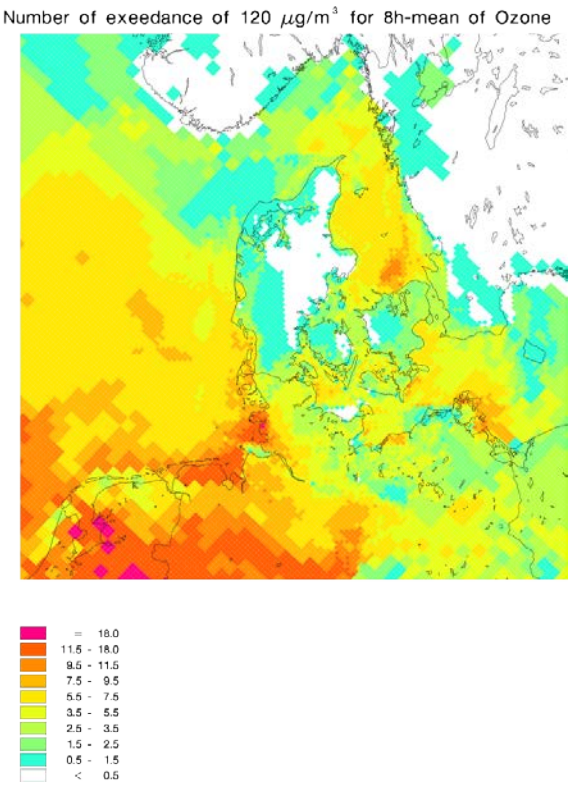
Årsmiddelværdi af O_3 i 2030.



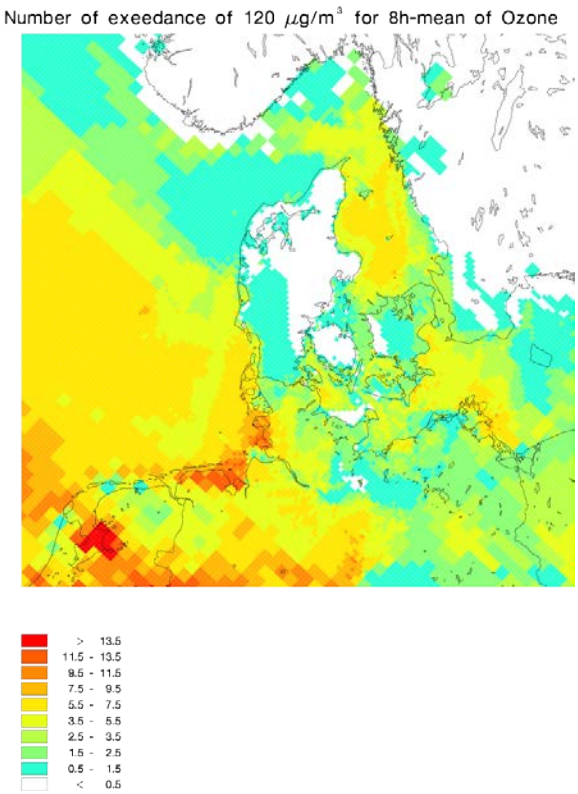
Maksimal 8-timers løbende middelværdi af O_3 i 2020.



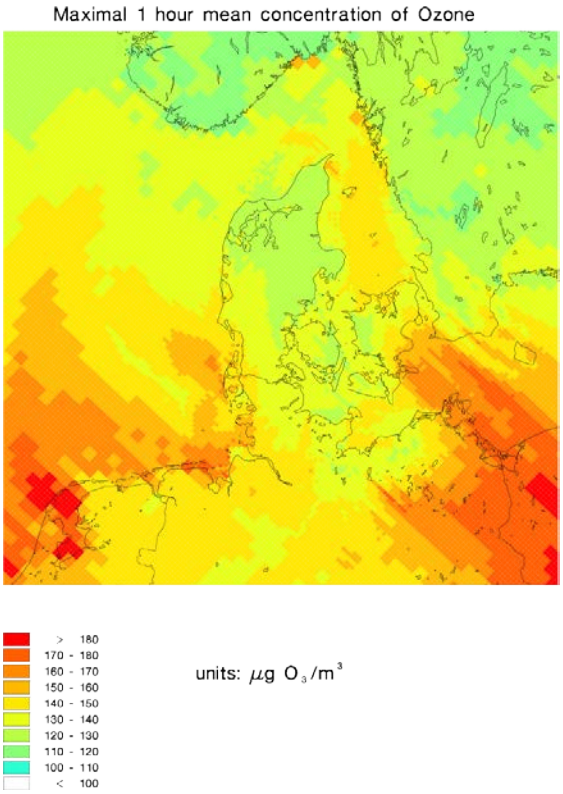
Maksimal 8-timers løbende middelværdi af O_3 i 2030.



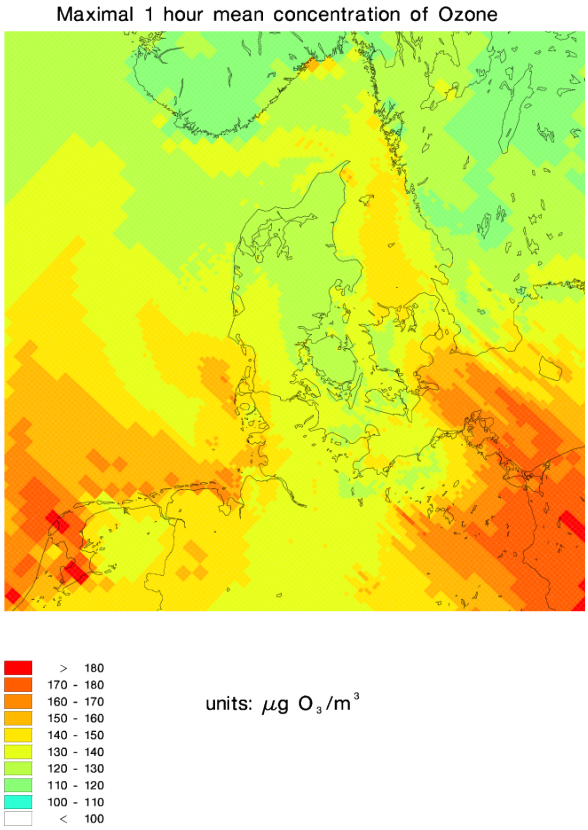
Antal overskridelser af 120 µg/m³ for 8-timers løbende middelværdier af O_3 i 2020.



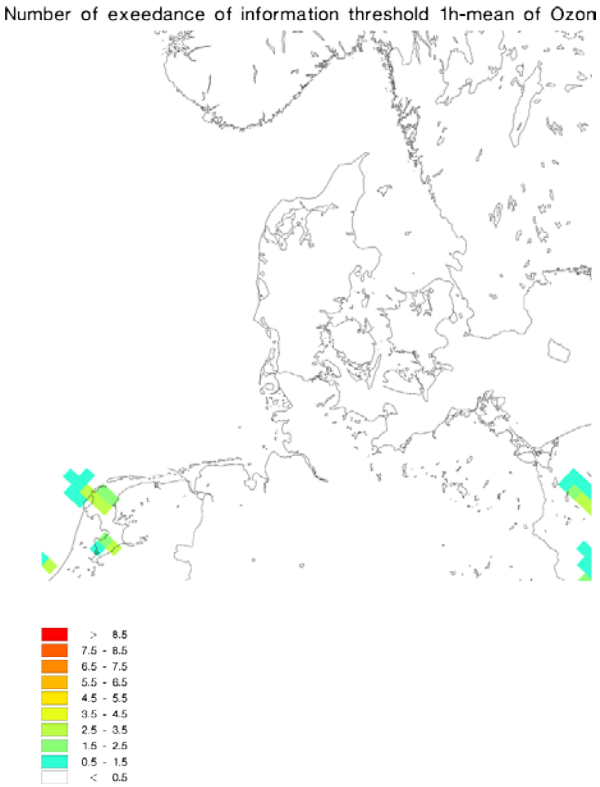
Antal overskridelser af 120 µg/m³ for 8-timers løbende middelværdier af O_3 i 2030.



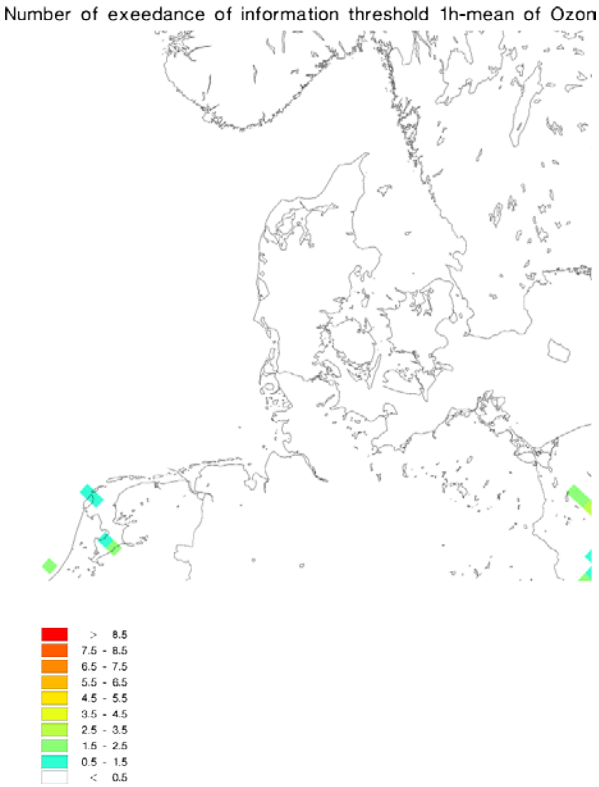
Maksimal 1-times koncentration af O_3 i 2020.



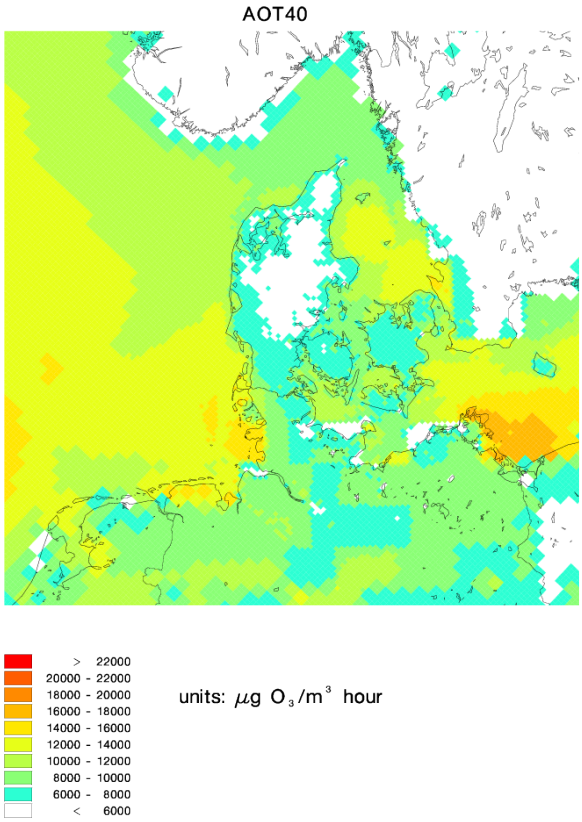
Maksimal 1-times koncentration af O3 i 2030.



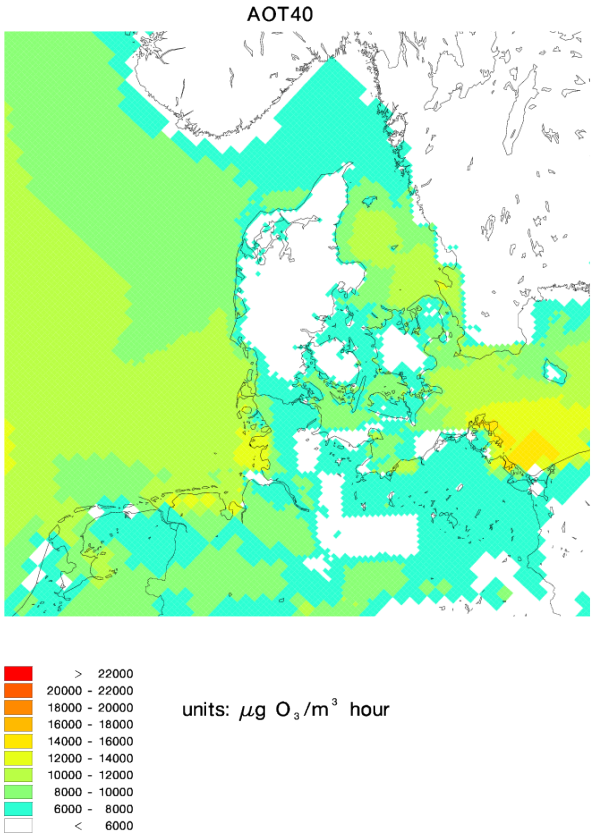
Antal overskridelser af informationstærskel for 1-times middelværdier af O_3 i 2020.



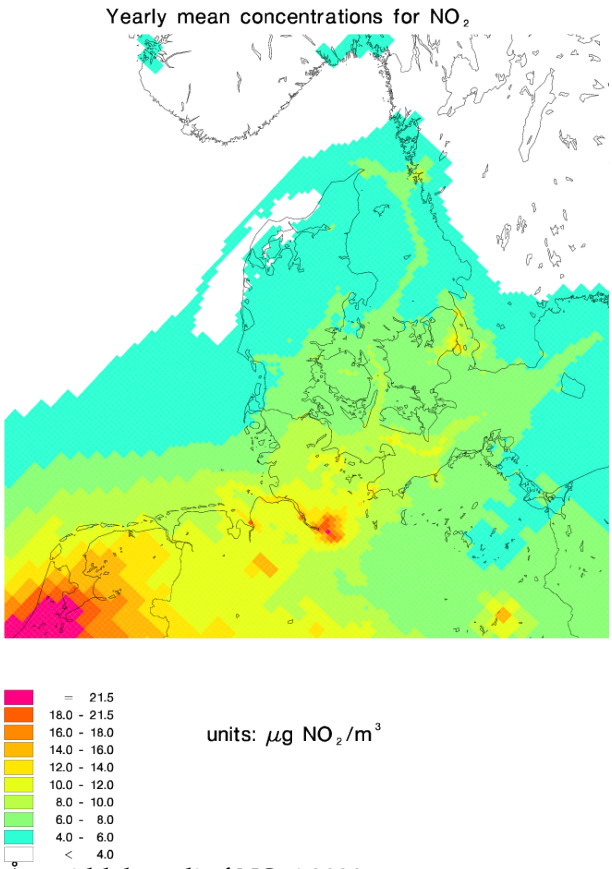
Antal overskridelser af informationstærskel for 1-times middelværdier af O_3 i 2030.



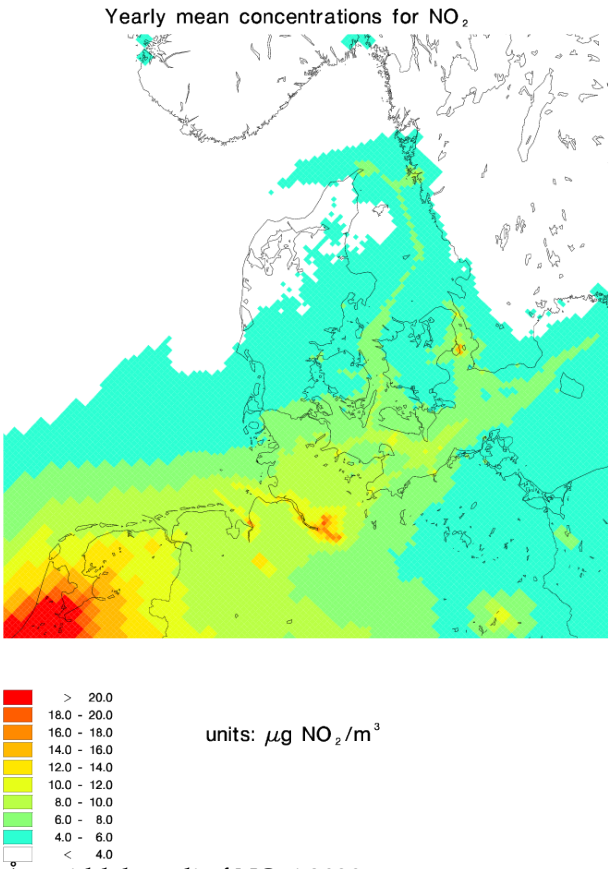
AOT40 for O_3 i 2020.



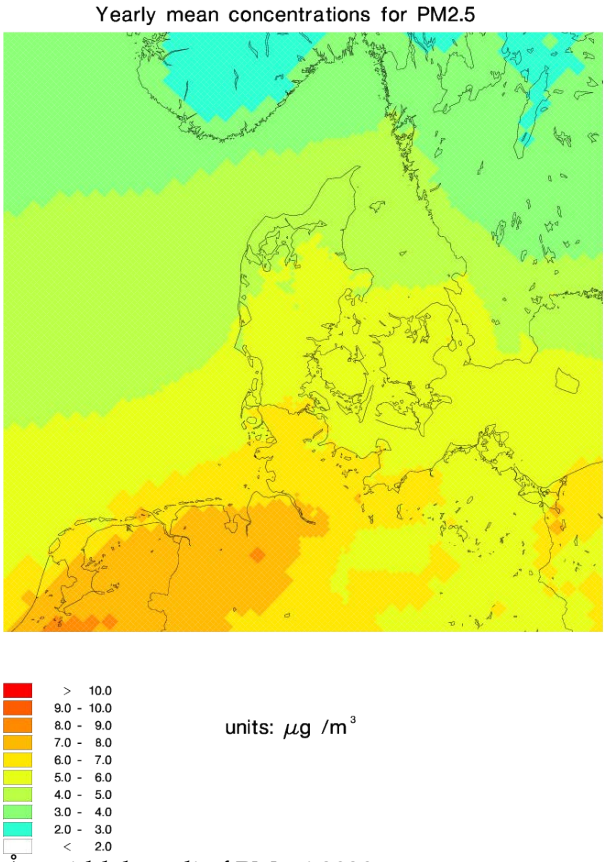
AOT40 for O_3 i 2030.



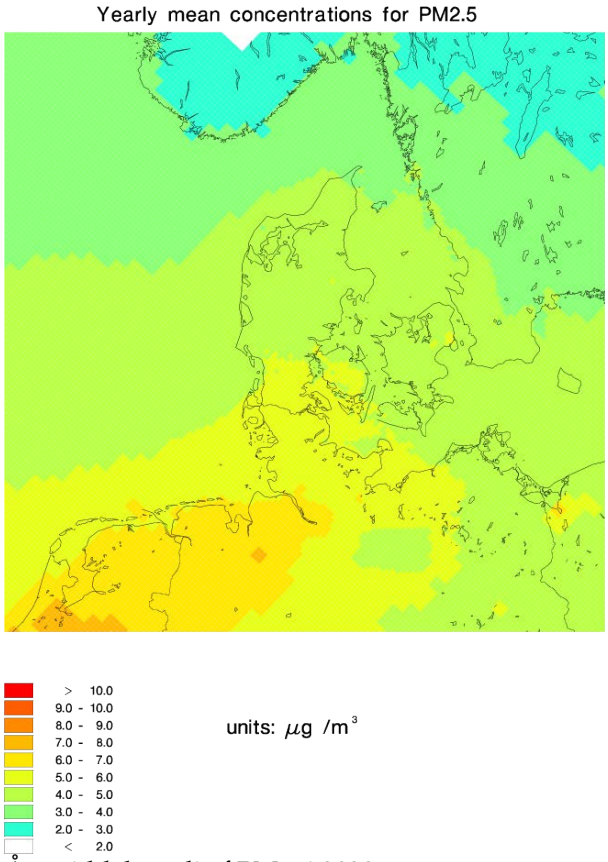
Årsmiddelværdi af NO_2 i 2020.



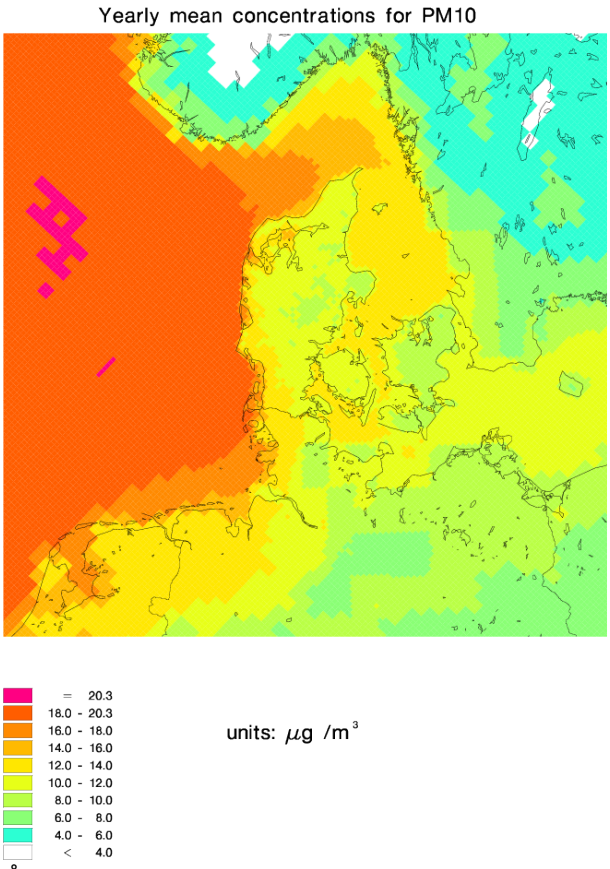
Årsmiddelværdi af NO_2 i 2030.



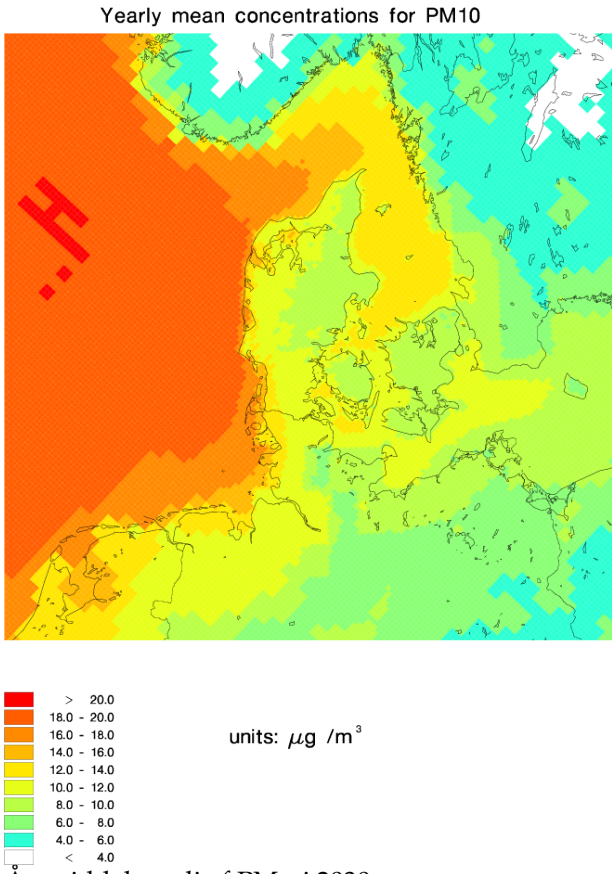
Årsmiddelværdi af $PM_{2,5}$ i 2020.



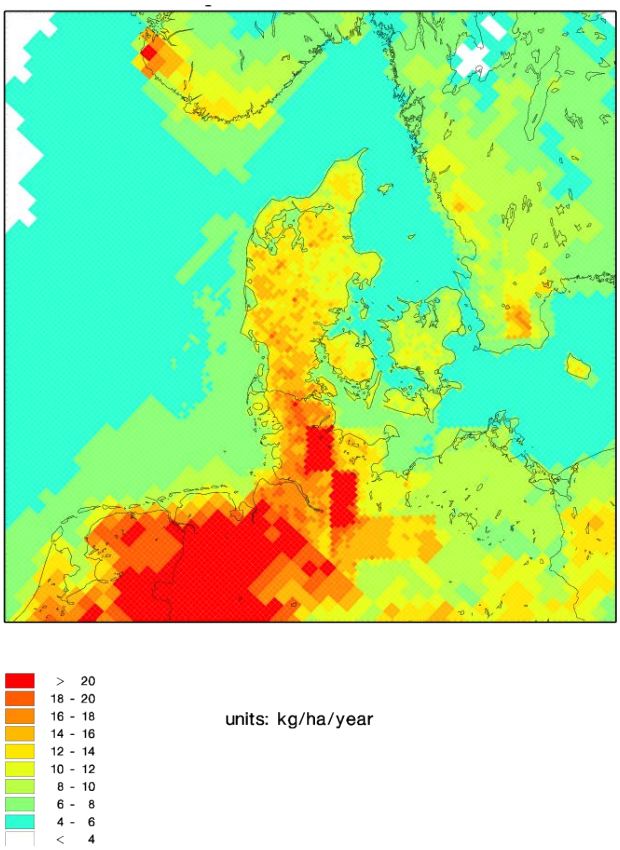
Årsmiddelværdi af $PM_{2,5}$ i 2030.



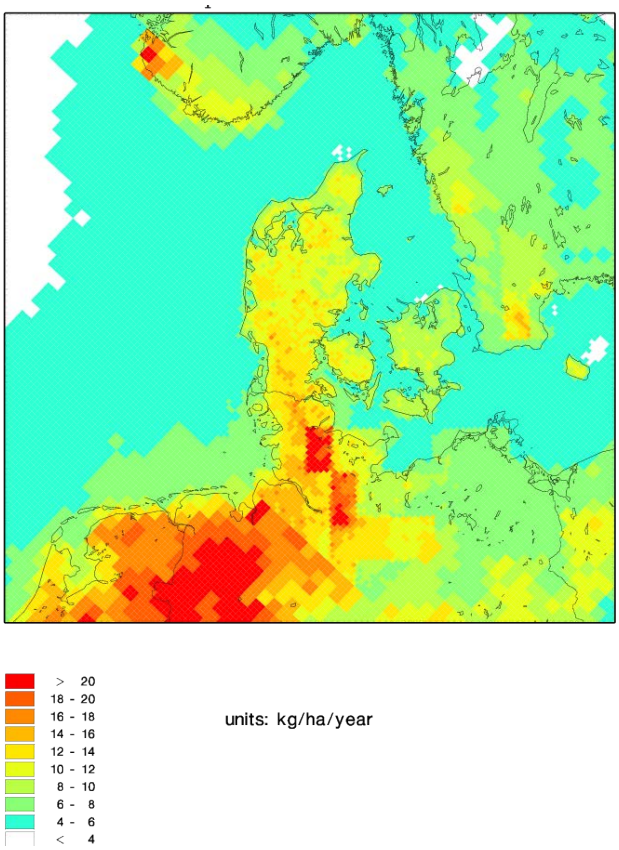
Årsmiddelværdi af PM_{10} i 2020.



Årsmiddelværdi af PM_{10} i 2030.



Kvælstofafsætning i 2020 (Total N).



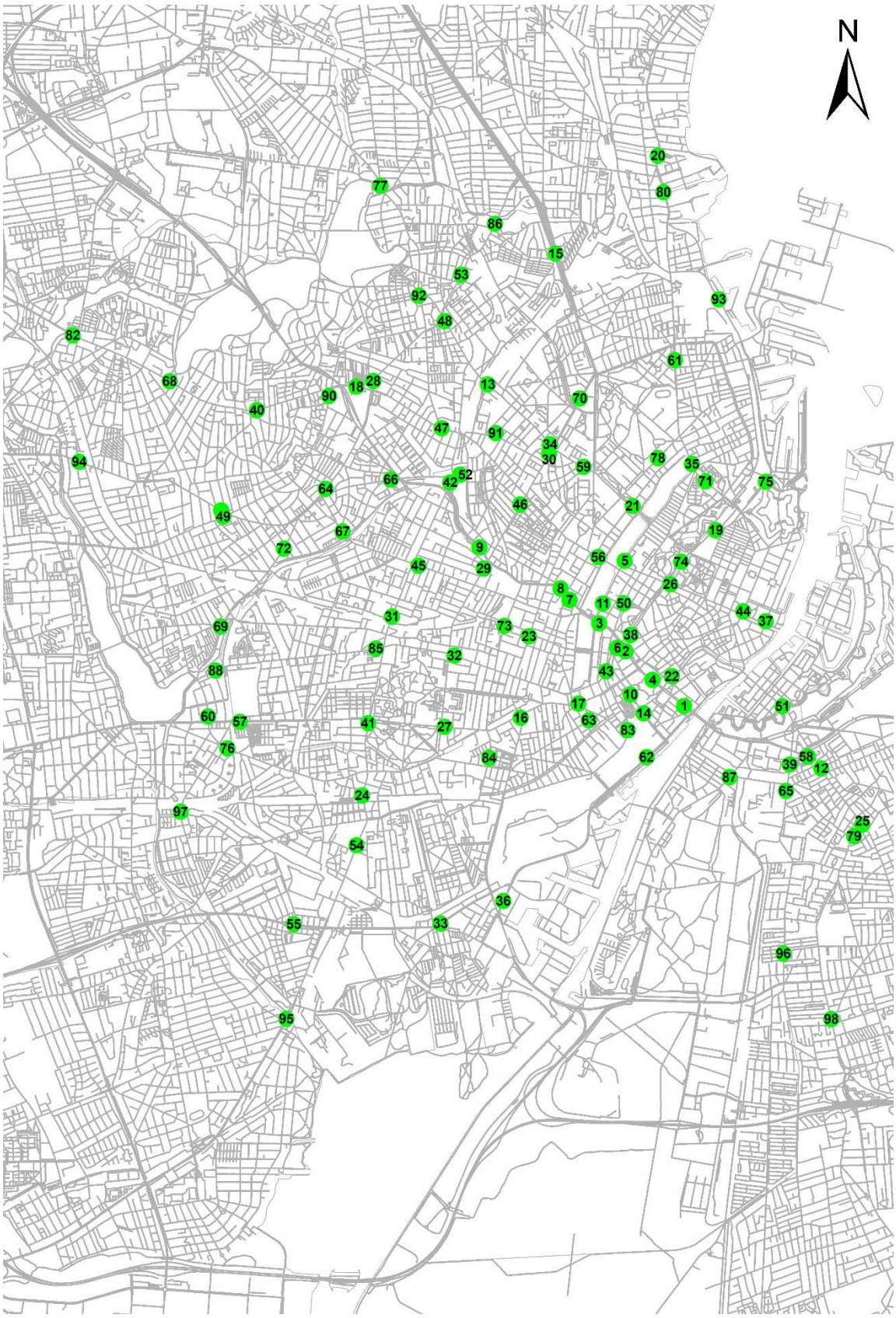
Kvælstofafsætning i 2030 (Total N).

Bilag 2 Gadenavne på og placering af 98 gader i København

Tabel 1 viser gadenavnene på de 98 gader i København sorteret efter beregnede gadekoncentrationer af NO_2 i 2020, og Figur 1 viser deres placering.

Tabel 1. Ranknummer og gadenavne for 98 gadestrækninger i København. Gaderne er nummeret (1-98) svarende til koncentrationen af NO_2 i 2020 (1 = højest, 98 = lavest). Nummer i parentes refererer til forskellige delstrækninger af den samme gade, hvor der er foretaget modelberegninger. * indikerer at vejstrækningen har en målestation.

Nr.	Gadenavn	Nr.	Gadenavn	Nr.	Gadenavn
1	H C Andersens Boulevard(2)	34	Tagensvej(3)	67	Godthåbsvej(2)
2	H C Andersens Boulevard(3)	35	Østerbrogade(4)	68	Frederikssundsvej(5)
3	Gyldenløvesgade	36	Scandiagade	69	Grøndals Parkvej
4	H C Andersens Boulevard(1)*	37	Toldbodgade	70	Jagtvej(2)
5	Øster Søgade	38	Nørre Voldgade(2)	71	Dag Hammarskjølds Allé
6	Hammerichsgade	39	Amagerfælledvej	72	Rebildvej
7	Åboulevard(1)	40	Frederikssundsvej(8)	73	Bülowsvej(2)
8	Åboulevard(3)	41	Søndre Fasanvej(2)	74	Øster Voldgade(2)
9	Ågade	42	Nordre Fasanvej(3)	75	Folke Bernadottes Allé
10	Bernstorffsgade(1)	43	Vester Farimagsgade	76	Ålholmvej(2)
11	Nørre Søgade	44	Bredgade	77	Frederiksborgvej(1)
12	Amagerbrogade(2)	45	Godthåbsvej(3)	78	Blegdamsvej
13	Tagensvej(2)	46	Jagtvej(3)	79	Englandsvej(1)
14	Bernstorffsgade(2)	47	Frederikssundsvej(1)	80	Strandvejen(2)
15	Lyngbyvej(2)	48	Tagensvej(1)	81	Slotsherrensvej(2)
16	Enghavevej	49	Jyllingevej(1)	82	Frederikssundsvej(2)
17	Vesterbrogade(1)	50	Nørre Farimagsgade	83	Ingerslevsgade
18	Frederikssundsvej(3)	51	Torvegade	84	Vesterfælledvej
19	Øster Voldgade(1)	52	Hillerødgade(1)	85	Peter Bangs Vej(2)
20	Strandvejen(1)	53	Tuborgvej(2)	86	Tuborgvej(1)
21	Fredensgade	54	Gammel Køge Landevej(1)	87	Artillerivej
22	Stormgade	55	Folehaven(1)	88	Peter Bangs Vej(1)
23	H.C. Ørsteds Vej(2)	56	Nørrebrogade	89	Amagerbrogade(3)
24	Toftegårds Allé(1)	57	Roskildevej(1)	90	Bellahøjvej
25	Amagerbrogade(1)	58	Amager Boulevard	91	Halmetgade
26	Gothersgade(1)	59	Tagensvej(4)	92	Frederiksborgvej(2)
27	Vesterbrogade(3)	60	Ålholmvej(1)	93	Strandvænget(2)
28	Tomsgårdsvej(2)	61	Østerbrogade(1)	94	Slotsherrensvej(1)
29	Falkoner Alle(2)	62	Kalvebod Brygge	95	Gammel Køge Landevej(2)
30	Jagtvej(1)*	63	Istedgade	96	Røde Mellemvej(2)
31	Nordre Fasanvej(1)	64	Hulgårdsvej(2)	97	Vigerslevvej(2)
32	Gammel Kongevej(1)	65	Røde Mellemvej(1)	98	Englandsvej(2)
33	P Knudsens Gade(2)	66	Hillerødgade(3)		



Figur 1. Kort som viser placering af 98 gader i København, hvor der årligt gennemføres modelberegninger i forbindelse med overvågning af luftkvalitet i Danmark. Gaderne er nummeret (1-98) svarende til koncentrationen af NO_2 i 2020 (1 = højest, 98 = lavest). Navne og numre for gaderne fremgår af tabel 1.

NATIONALT PROGRAM FOR REDUKTION AF LUFTFORURENING (NAPCP) – UDVIKLING I LUFTKVALITET OG KVÆLSTOFAFSÆTNING FREM TIL 2030

Rapporten beskriver den forventede udvikling i luftkvaliteten som følge af basisfremskrivning af emissioner. Endvidere beskrives udviklingen i afsætning af kvælstof til land- og vandområder. Basisåret er 2020 og fremskrivningsåret er 2030. Resultaterne er baseret på modelberegninger af luftkvaliteten i regional baggrund (DEHM), bybaggrund (UBM), og for 98 gader i København (OSPM).

ISBN: 978-87-7156-755-7
ISSN: 2244-9981