



STATUS FOR MÅLING AF LUFTKVALITET I 2022

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 279

2023



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

STATUS FOR MÅLING AF LUFTKVALITET I 2022

Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 279

2023

Thomas Ellermann
Claus Nordstrøm
Andreas Massling
Martin B. Sørensen

Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi



AARHUS
UNIVERSITET

DCE - NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

| | |
|----------------------------|--|
| Serietitel og nummer: | Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 279 |
| Titel: | Status for måling af luftkvalitet i 2022 |
| Forfattere: | Thomas Ellermann, Claus Nordstrøm, Andreas Massling og Martin B. Sørensen |
| Institution: | Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi |
| Udgiver: | Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi © |
| URL: | http://dce.au.dk |
| Udgivelsesår: | 5 juli 2023 |
| Redaktion afsluttet: | juni 2023 |
| Faglig kommentering: | Maria Bech Poulsen |
| Kvalitetssikring, DCE: | Hanne Bach |
| Sproglig kvalitetssikring: | Hanne Bach |
| Finansiel støtte: | Miljøstyrelsen |
| Bedes citeret: | Thomas Ellermann, Claus Nordstrøm, Andreas Massling og Martin B. Sørensen. 2023. Status for måling af luftkvalitet i 2022. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 26 s. - Teknisk rapport nr. 279. |
| | Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse |
| Sammenfatning: | Denne tekniske rapport giver en oversigt over resultaterne for 2022 for de vigtigste helbredsskadelige luftforureningskomponenter, hvor der foreligger data på nuværende tidspunkt. Det drejer sig om kvælstofdioxid (NO ₂), kvælstofoxider (NO _x), ozon (O ₃), carbonmonoxid (CO), svovldioxid (SO ₂), PM _{2,5} og PM ₁₀ (massen af partikler mindre end henholdsvis 2,5 og 10 µm) og partikelantal (antallet af partikler med diameter mellem 11/41 nm og 478/550 nm). Overordnet set ligger koncentrationerne for alle komponenter nogenlunde på samme niveau som i 2021 og der er ingen overskridelse af EU's grænseværdier for disse luftforureningskomponenter. Den langsigtede målsætning for den maksimale 8-timersmiddelværdi af O ₃ overskrides ved alle målestationer, men denne målsætning er endnu ikke trådt i kraft, og det er ikke fastlagt, hvornår den vil være gældende. Informationstærsklen for timemiddelværdien af O ₃ (180 µg/m ³) blev overskredet én gang i 2022. Der er for alle luftforureningskomponenterne observeret betydelige fald i årsmiddelværdierne siden begyndelsen af målingerne, dog med undtagelse for O ₃ . Årsagen til disse fald er de væsentlige reduktioner, der har været i udledningerne gennem de seneste årtier. |
| Emneord: | Status 2022, kvælstofdioxid (NO ₂), kvælstofoxider (NO _x), ozon (O ₃), carbonmonoxid (CO), svovldioxid (SO ₂), PM _{2,5} PM ₁₀ , partikelantal, EU-grænseværdier, udviklingstendens |
| Layout: | Majbritt Pedersen-Ulrich |
| Foto forside: | Thomas Ellermann |
| ISBN: | 978-87-7156-790-8 |
| ISSN (elektronisk): | 2244-9991 |
| Sideantal: | 26 |
| Internetversion: | Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som |

Indhold

| | |
|---|----|
| Sammenfatning | 5 |
| 1. Indledning | 7 |
| 2. Kvælstofdioxid (NO_2) og kvælstofoxider (NO_x) | 9 |
| 3. Ozon (O_3) | 12 |
| 4. Carbonmonoxid (CO) | 15 |
| 5. Svovldioxid (SO_2) | 17 |
| 6. Luftbårne partikler | 19 |
| 7. Litteratur | 26 |

Sammenfatning

Denne tekniske rapport giver en oversigt over resultaterne for 2022 for de vigtigste helbredsskadelige luftforureningskomponenter, hvor der foreligger data på nuværende tidspunkt. Det drejer sig om kvælstofdioxid (NO_2), kvælstofoxider (NO_x), ozon (O_3), carbonmonoxid (CO), svovldioxid (SO_2), $\text{PM}_{2,5}$ og PM_{10} (massen af partikler mindre end henholdsvis 2,5 og 10 μm) og partikelantal (antallet af partikler med diameter mellem 11/41 nm og 478/550 nm).

Overordnet set ligger koncentrationerne for alle komponenter nogenlunde på samme niveau som i 2021, og der er ingen overskridelse af EU's grænseværdier for disse luftforureningskomponenter. Den langsigtede målsætning for den maksimale 8-timersmiddelværdi af O_3 overskrides ved alle målestationer, men denne målsætning er endnu ikke trådt i kraft, og det er ikke fastlagt, hvornår fra den vil være gældende. Informationstærsklen for timemiddelværdien af O_3 (180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) blev overskredet en enkelt gang i 2022.

Der er for alle luftforureningskomponenterne observeret betydelige fald i årsmiddelværdierne siden begyndelsen af målingerne, dog med undtagelse af O_3 . Årsagen til disse fald er de seneste årtiers væsentlige reduktioner i udledningerne af luftforurening.

For NO_x ses et markant fald siden målingernes begyndelse i 1983. For gademålestationerne er der sket et fald på omkring 85% siden opstart af målingerne. For NO_2 ses et meget anderledes udviklingsforløb med et svagt fald i 1980'erne og begyndelsen af 1990'erne, som efterfølges af stort set uændrede niveauer i slut 1990'erne og begyndelsen af 2000'erne. Fra omkring 2005 og til i dag er der til gengæld sket en markant reduktion på næsten 60%.

O_3 er den eneste af de rapporterede luftforureningskomponenter, hvor der ikke er observeret et fald. For landbaggrundsstationerne ses uændrede årsmiddelværdier for O_3 gennem hele måleperioden, omend der er en svag stigning ved Risø i den første halvdel af måleperioden. Til gengæld ses en svag stigning ved bybaggrundsmålestationerne og en tydelig stigning ved gademålestationerne. Dette billede hænger sammen med, at der navnlig i byerne er sket et stort fald i udledningerne af NO_x . Det store fald i NO_x har reduceret nedbrydningen af O_3 på lokalt niveau i byerne, hvilket resulterer i en stigning i koncentrationerne af O_3 .

Årsmiddelværdien og den maksimale 8-timersmiddelværdi for CO er faldet markant siden målingernes begyndelse i 1990'erne og i 2022 lå de målte koncentrationer ved gademålestationerne på omkring 15% af niveauerne i midten af 1990'erne.

For SO_2 er luftkoncentrationerne faldet markant siden begyndelsen af 1980'erne. I dag udgør de målte luftkoncentrationer på gademålestationerne under 5% af de målte luftkoncentrationer i 1980'erne.

PM_{10} og $\text{PM}_{2,5}$ er faldet markant siden opstart af målingerne i henholdsvis 2001 og 2007/2008. Der ses et ensartet forløb ved alle målestationerne, hvilket skyldes, at langtransport af luftforurening er den vigtigste kilde til PM_{10} og $\text{PM}_{2,5}$. $\text{PM}_{2,5}$ er faldet med 30-55% og PM_{10} med 40-50% siden opstart af målingerne.

Siden 2002 er partikelantallet for den samlede partikelfraktion (11 - 478/550 nm) faldet med omkring 70% ved gademålestationen på H.C. Andersens Boulevard og 60% ved bybaggrundsmålestationen i København. Målinger i landbaggrund ved Risø blev først påbegyndt i 2005, men siden da er partikelantallet faldet med omkring 34% for den samlede partikelfraktion (11 - 478/550 nm).

EU's luftkvalitetsdirektiv indeholder en forpligtelse til, at eksponeringskoncentrationen (AEI som beregnes på basis af middelkoncentrationen af PM_{2,5} ved bybaggrundsmålestationerne i København, Aarhus og Aalborg) ikke må overskride 20 µg/m³ fra 2015. Denne forpligtelse blev overholdt med god margin i 2022, hvor AEI lå på 7,5 µg/m³. AEI er faldet med omkring 47% siden 2010.

1. Indledning

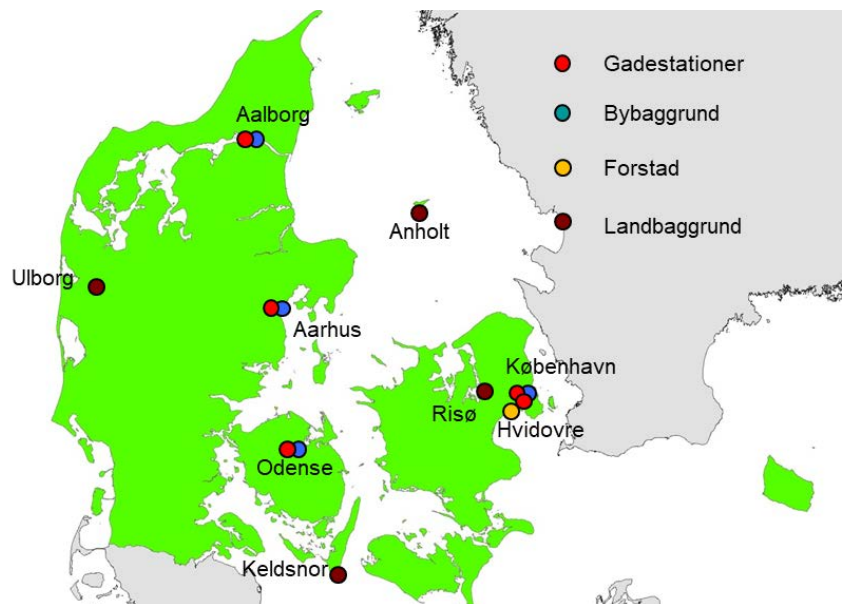
Denne tekniske rapport giver en oversigt over resultaterne for 2022 for følgende luftforureningskomponenter: Kvælstofdioxid (NO_2), kvælstofoxider (NO_x), ozon (O_3), carbonmonoxid (CO), svovldioxid (SO_2), $\text{PM}_{2,5}$ og PM_{10} (massen af partikler mindre end henholdsvis 2,5 og 10 μm) og partikelantal (antallet af partikler med diameter mellem 11/41 nm og 478/550 nm). Det er disse luftforureningsparametre, hvor der foreligger data på nuværende tidspunkt. Og det er også disse luftforureningskomponenter, som spiller den største rolle for de helbredsskadelige effekter af luftforureningen.

Denne tekniske rapport skal ses som et supplement til den egentlige rapportering af resultater fra luftkvalitetsovervågningen under NOVANA, hvor det samlede sæt af resultater bliver rapporteret ultimo 2023. Baggrunden er et ønske om en hurtig rapportering for de ovenfor nævnte luftforureningsparametre, som det er teknisk muligt at afslutte kvalitetskontrollen for i løbet af 5 måneder.

Alle resultaterne har gennemgået den afsluttende kvalitetskontrol i overensstemmelse med DCE's akkreditering under ISO 17025 version 2017 med undtagelse af partikelantal, der dog er kvalitetskontrolleret efter samme principper, som resultater omfattet af akkrediteringen.

I rapporten præsenteres årsmiddelværdier og de øvrige parametre, som anvendes i forbindelse med grænse- eller målværdier fastlagt i EU's luftkvalitetsdirektiv (EU, 2008). Resultaterne for 2022 sammenlignes med grænse- og målværdier, og det vurderes, om der er sket overskridelse af målsætningerne. Endvidere præsenteres en række figurer med udviklingstendenserne for de forskellige luftforureningskomponenter.

Figur 1.1 viser placeringen af målestationerne i det danske monitoringsnetværk, som indgår i denne rapportering. Kortet viser de i alt 14 målestationer, hvorfra der præsenteres resultater for 2022. Gademålestationen på Jagtvej i København har dog været midlertidigt afbrudt i størstedelen af 2022 grundet omfattende renovering af vejen.



Figur 1.1. Målestationerne i Delprogram for luft under NOVANA. Det er kun de målestationer, hvor der måles luftforurening i relation til human sundhed, som vises på kortet.

2. Kvælstofdioxid (NO₂) og kvælstofoxider (NO_x)

NO_x er summen af NO₂ og kvælstofmonooxid (NO). Da det kun er NO₂, som har direkte indvirkning på helbredet, er der i EU's luftkvalitetsdirektiv (EU, 2008) kun fastlagt grænseværdier for NO₂. NO og NO₂ har også en indirekte effekt, da de via kemiske reaktioner i atmosfæren medvirker til dannelse af partikler, som har helbredskadelige effekter.

NO₂ og NO_x er derfor nogle af de vigtigste luftforureningskomponenter, hvilket er baggrunden for det omfattende måleprogram. I 2022 er der målt NO₂ og NO_x ved 14 målestationer omend, der kun er data for en lille del af året (omkring 10%) ved gademålestationen på Jagtvej grundet en omfattende renovering af Jagtvej.

EU har fastlagt to grænseværdier for NO₂, eftersom NO₂ giver helbredseffekter ved både langtids- og korttidseksposering. Grænseværdien af hensyn til langtidseffekter er fastlagt ud fra årsmiddelværdien af NO₂, som ikke må overskride 40 µg/m³ i et kalenderår (EU, 2008). I tabel 2.1 ses, at denne grænseværdi ikke var overskredet på nogen af målestationerne i 2022, og at årsmiddelværdien ved gademålestationen på H.C. Andersens Boulevard i 2022 var omkring 40% under grænseværdien.

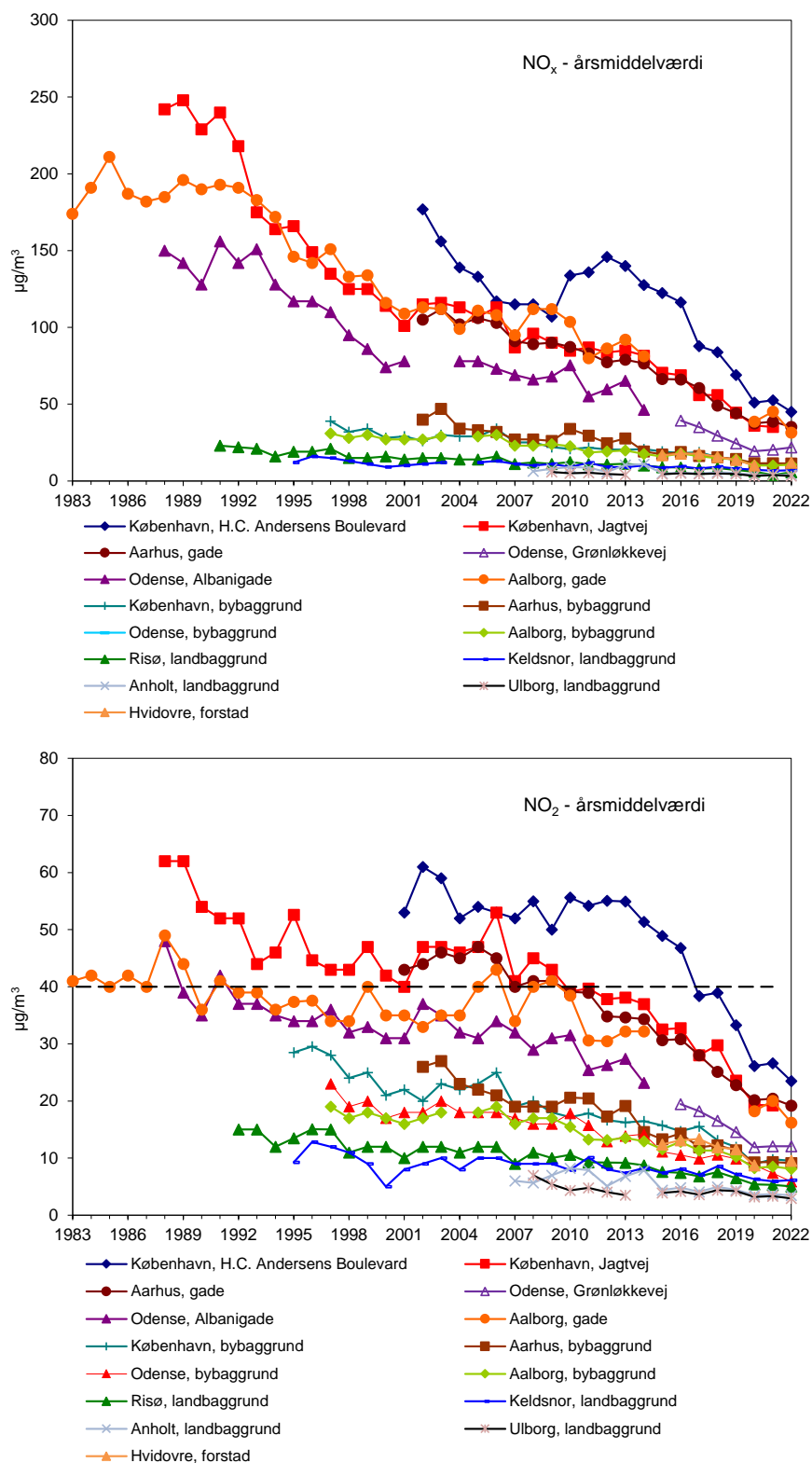
Grænseværdien for korttidseksposering for NO₂ er baseret på timemiddelværdier, hvor antallet af dage med timemiddelværdier over 200 µg/m³ ikke må overskride 18 i et kalenderår. Af tabel 2.1 fremgår, at den maksimale timemiddelværdi ved alle målestationer lå et godt stykke under 200 µg/m³. I forhold til grænseværdien var timemiddelværdierne af NO₂ meget lave, og der var ingen overskridelse af grænseværdien for timemiddelværdien af NO₂ i 2022.

Table 2.1. Årsmiddelkoncentrationer for NO₂ og NO_x i 2022, samt højeste timemiddelværdi for NO₂. Desuden grænseværdierne for NO₂, der er baseret på årsmiddelværdi og timemiddelværdi, hvor timemiddelværdi højst må overskride 200 µg/m³ i 18 dage på et kalenderår (EU, 2008). NO_x angives i ækvivalenter af NO₂ (µgNO₂/m³), hvilket er standard i forbindelse med EU's luftkvalitetsdirektiv (EU, 2008).

| | Datadækning % | NO ₂ Årsmiddel µg/m ³ | NO ₂ Højeste time- middelværdi µg/m ³ | NO ₂ Antal dage med timemiddelværdi over 200 µg/m ³ | NO _x Årsmiddel µg/m ³ |
|--|------------------|---|--|--|---|
| Grænseværdi | | 40 | | 18 | |
| <i>Gade</i> | | | | | |
| København, H.C. Andersens Boulevard | 94 | 23 | 136 | 0 | 45 |
| København, Jagtvej* | 10 | 15* | 79* | 0 | 27* |
| Odense, Grønløkkevej | 93 | 12 | 83 | 0 | 22 |
| Aarhus, Banegaardsgade | 95 | 19 | 97 | 0 | 35 |
| Aalborg, Vesterbro | 92 | 16 | 107 | 0 | 31 |
| <i>Bybaggrund</i> | | | | | |
| København | 94 | 9,5 | 89 | 0 | 11 |
| Odense | 87 | 5,9 | 64 | 0 | 6,5 |
| Aarhus | 94 | 9,1 | 79 | 0 | 11 |
| Aalborg | 90 | 8,1 | 71 | 0 | 11 |
| <i>Forstad</i> | | | | | |
| Hvidovre | 88 | 9,5 | 95 | 0 | 12 |
| <i>Landbaggrund</i> | | | | | |
| Anholt | 88 | 3,5 | 59 | 0 | 3,9 |
| Keldsnor | 87 | 6,1 | 88 | 0 | 7,0 |
| Risø | 95 | 5,1 | 59 | 0 | 5,6 |
| Ulborg | 86 | 2,9 | 30 | 0 | 3,1 |

*Grundet gennemgående renovering af Jagtvej, så er der kun data fra omkring 10% af året.

Figur 2.1 viser udviklingstendenserne for årsmiddelværdierne af NO_x og NO₂. Fra 2021 til 2022 er der sket et tydeligt fald i koncentrationniveauerne. For NO_x ses et markant fald siden målingernes begyndelse i 1983. For gademålestationerne er der sket et fald på omkring 85% siden begyndelsen af målingerne. For NO₂ ses et meget anderledes udviklingsforløb med et svagt fald i 1980'erne og begyndelsen af 1990'erne, som efterfølges af stort set uændrede niveauer i slut 1990'erne og begyndelsen af 2000'erne. Fra omkring 2005 og til i dag er der til gengæld sket en markant reduktion på næsten 60%. De stærkt faldende koncentrationer afspejler det løbende fald, som ses i udledningerne, mens variationerne fra år til år også påvirkes af de naturlige variationer i de meteorologiske forhold.



Figur 2.1. Udviklingstendens for årsmiddelværdier af NO_x (øverst) og NO₂ (nederst). For NO₂ angiver den stiplede linje EU's grænseværdi (EU, 2008). Det markant anderledes forløb, som ses for H.C. Andersens Boulevard (navnlig for NO_x), skyldes omlægning af vejbanerne på H.C. Andersens Boulevard i 2010, som flyttede trafikken tættere på målestationen (for yderligere detaljer se Ellermann et al., 2020a).

3. Ozon (O₃)

Den højeste eksponering for O₃ findes i bybaggrund eller landbaggrund, mens koncentrationerne på gademålestationer er langt mindre. Årsagen til dette er, at udledninger af NO_x fra navnlig trafik reducerer koncentrationerne af O₃ via kemiske reaktioner i atmosfæren. Måleprogrammet for 2022 for O₃ har derfor hovedvægt på bybaggrundsmålestationer (4 stk.) og landbaggrundsmålestationer (3 stk.), mens der kun måles ved en gademålestation.

Tabel 3.1 viser resultaterne for årsmiddelkoncentrationer, hvor koncentrationen ved gademålestationen ligger væsentligt lavere end i bybaggrund og landbaggrund, mens der kun er meget lille forskel mellem resultaterne fra baggrundsmålestationer.

EU har fastlagt en målværdi for O₃ for korttidseksponeringen af O₃. Målværdien angiver, at den daglige maksimale 8-timersmiddelværdi ikke må overskride 120 µg/m³ mere end 25 gange i kalenderåret set som gennemsnit over de seneste tre år (EU, 2008). Som angivet i tabel 3.1, ligger antallet af dage med overskridelse af 120 µg/m³ på 10 gange eller derunder i 2022. I 2020 og 2021 lå antallet af dage med overskridelse ligeledes under 25 (Ellermann et al., 2022, 2023), og der er derfor ingen overskridelse af målværdien for perioden fra 2020-2022.

EU har desuden fastlagt en langsigtet målsætning på 120 µg/m³ som maksimum 8-timersmiddelværdi, men tidspunktet for ikrafttrædelse af denne målsætning er ikke fastlagt (EU, 2008). I 2022 blev den langsigtede målsætning overskredet på alle målestationer (tabel 3.1).

Endelig har EU også en informationstærskel for timemiddelværdien af O₃ på 180 µg/m³ (EU, 2008). Når denne informationstærskel overskrides, skal befolkningen informeres om, at ozonniveauerne er høje, og at de høje koncentrationer vil kunne give anledning til gener. Denne informationstærskel blev overskredet en enkelt gang i 2022 ved landbaggrundsmålestationen Ulborg (tabel 3.1).

Tabel 3.1. Årsmiddelværdier for O₃ i 2022 og en række andre parametre til vurdering af overholdelse af de i EU fastlagte målsætninger for O₃ (EU, 2008). For O₃ er der en gældende målværdi (vurderes som gennemsnit af de seneste tre kalenderår), en langsigtet målsætning, som endnu ikke er trådt i kraft og en informationstærskel, som angiver grænsen for, hvornår befolkningen skal informeres om høje ozonniveauer.

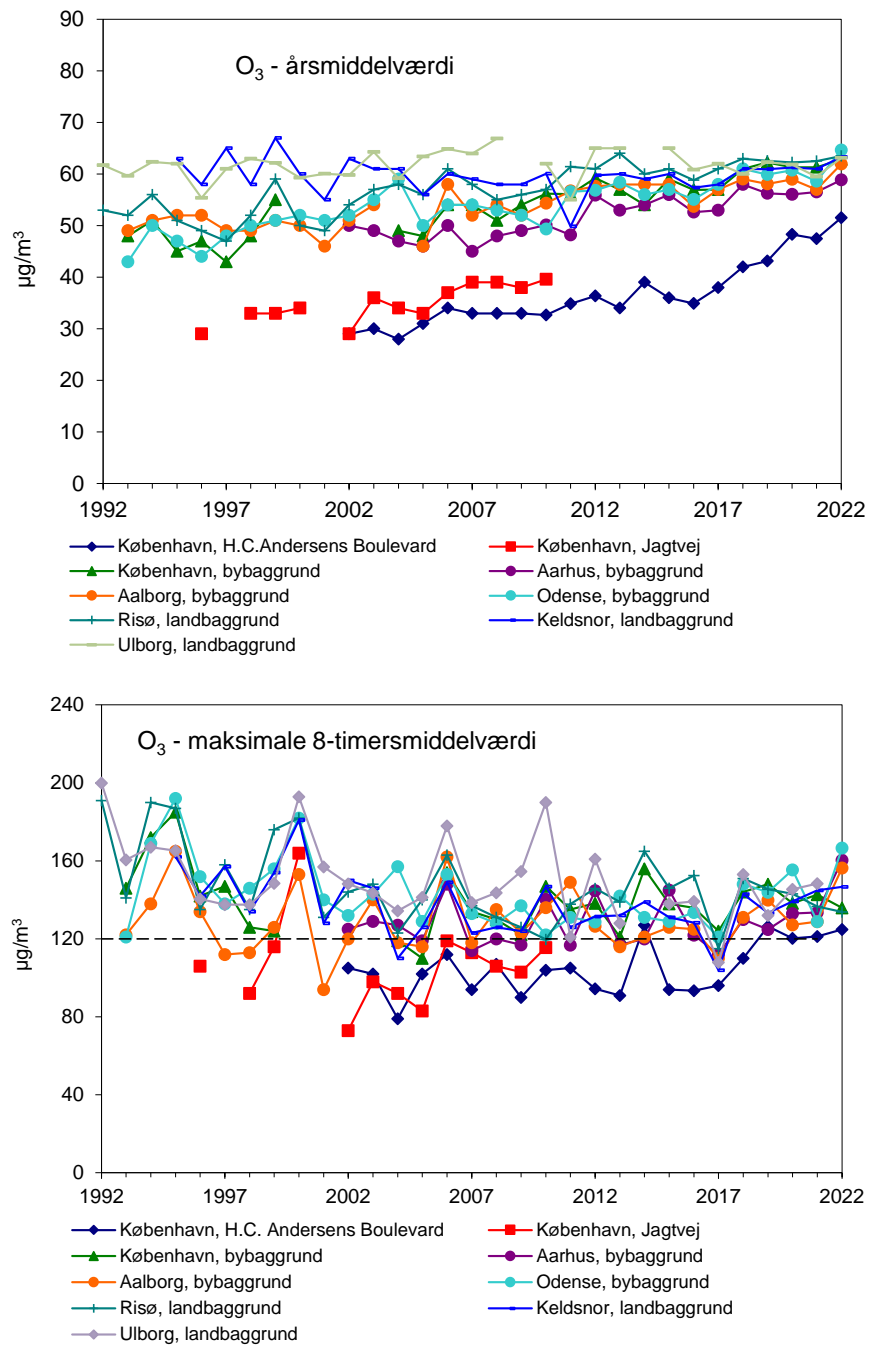
| | Datadækning % | Årsmiddel- værdi µg/m ³ | Antal dage med maksimal 8-timersmiddel- værdi over 120 µg/m ³ | Maksimum 8-timersmiddel- værdi µg/m ³ | Højeste time- middelværdi µg/m ³ |
|--|------------------|--|--|---|---|
| Målværdi | | | 25* | | |
| Langsigtet målsætning | | | | 120 | |
| Informationstærskel | | | | | 180 |
| <i>Gade</i> | | | | | |
| København, H.C. Andersens Boulevard | 91 | 52 | 1 | 125 | 132 |
| <i>Bybaggrund</i> | | | | | |
| København | 91 | 63 | 10 | 136 | 147 |
| Odense | 78 | 65 | 7 | 167 | 178 |
| Aarhus | 90 | 59 | 4 | 161 | 168 |
| Aalborg | 90 | 62 | 2 | 156 | 173 |
| <i>Landbaggrund</i> | | | | | |
| Keldsnor | 87 | 63 | 9 | 147 | 161 |
| Risø | 91 | 64 | 8 | 134 | 145 |
| Ulborg | 91 | 63 | 3 | 160 | 190** |

* Målværdi gælder som gennemsnit for de seneste tre kalenderår

** Kun overskridelse af 180 µg/m³ en enkelt dag.

Figur 3.1 viser udviklingstendens for årsmiddelværdien og den maksimale 8-timersmiddelværdi for O₃. For landbaggrundsstationerne ses uændrede årsmiddelværdier gennem hele måleperioden, omend der er en svag stigning ved Risø i den første halvdel af måleperioden. Til gengæld ses en svag stigning ved bybaggrundsmålestationerne og en tydelig stigning ved gademålestationerne. Dette billede afspejler, at der navnlig i byerne er sket et stort fald i udledningerne af NO_x. Det store fald i NO_x har reduceret nedbrydningen af O₃ på lokalt niveau i byerne, hvilket resulterer i en stigning i ozonkoncentrationerne. Denne stigning ses navnlig ved gademålestationen på H.C. Andersens Boulevard, som er påvirket af udledningerne fra den stærkt trafikerede gade, og dermed ses indvirkningen af den faldene udledning af NO_x fra vejtrafikken mest tydeligt her.

For de maksimale 8-timersmiddelværdier er der et fald i 1990'erne og begyndelsen af 2000'erne ved baggrundsmålestationerne. Siden midten af 2000'erne har værdierne ligget på omtrent samme niveau. Siden 1990'erne er der dermed sket et fald i udsættelsen for episoder med høje koncentrationsniveauer af O₃.



Figur 3.1. Årsmiddelværdier (øverst) og den maksimale 8-timersmiddelværdi (nederst) for O₃. Den stiplede linje i den nederste figur angiver EU's langsigtede målsætning, som endnu ikke er trådt i kraft (EU, 2008).

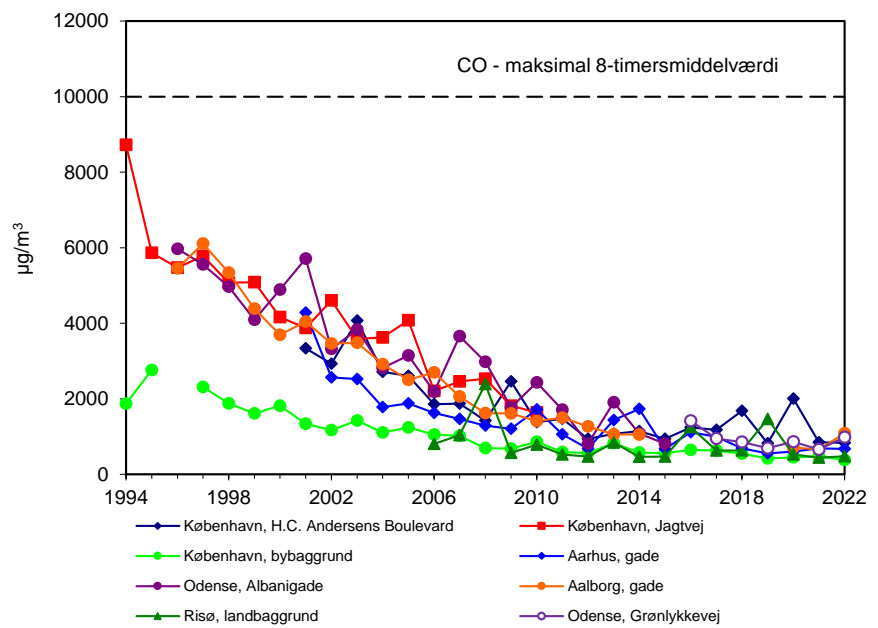
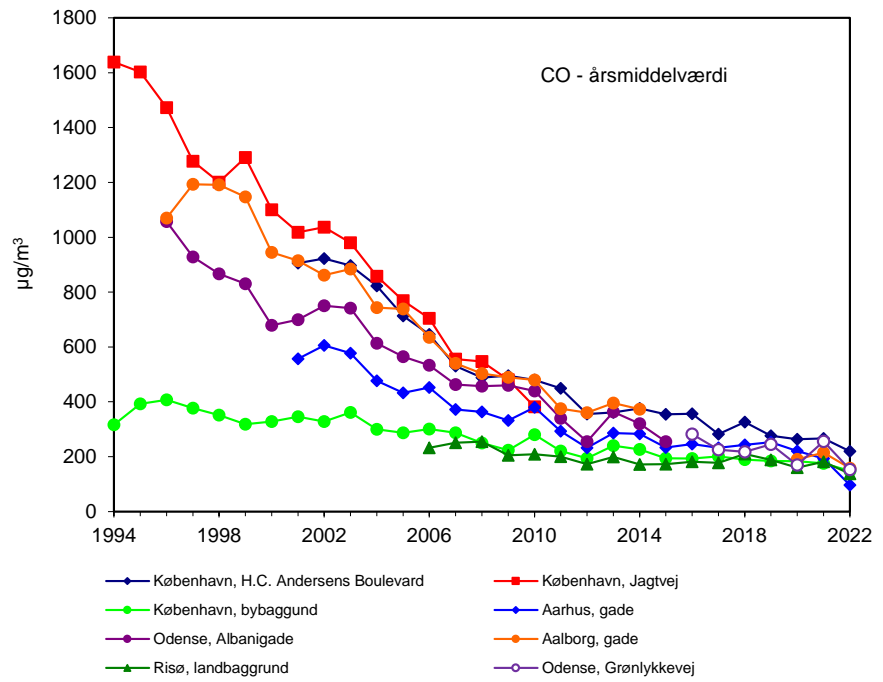
4. Carbonmonoxid (CO)

CO blev i 2022 målt ved gademålestationerne i København, Odense, Aalborg og Aarhus samt ved bybaggrundsmålestationen i København og landbaggrundsmålestationen ved Risø. Tabel 4.1 angiver årsmiddelværdien og resultater for den maksimale 8-timersmiddelværdi. EU's grænseværdi angiver, at den maksimale 8-timersmiddelværdi ikke må overstige 10.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i løbet af kalenderåret og er således fastlagt for at beskytte befolkningen mod korttids eksponering for CO (EU, 2008). Den højest målte maksimale 8-timersmiddelværdi er omkring 10% af grænseværdien og ved alle målestationerne ligger de målte koncentrationer således langt under grænseværdien.

Tabel 4.1. Årsmiddelværdi for CO i 2022 samt den maksimale 8-timersmiddelværdi. Desuden angives grænseværdien for CO (EU, 2008).

| | Datadækning % | Årsmiddel $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | Maksimal 8-timers-middelværdi $\mu\text{g}/\text{m}^3$ |
|-------------------------------------|------------------|---------------------------------------|--|
| Grænseværdi | | | 10.000 |
| <i>Gade</i> | | | |
| København, H.C. Andersens Boulevard | 92 | 220 | 832 |
| Odense, Grønløkkevej | 94 | 154 | 981 |
| Aarhus, Banegaardsgade | 91 | 96 | 674 |
| Aalborg, Vesterbro | 87 | 158 | 1087 |
| <i>Bybaggrund</i> | | | |
| København | 95 | 149 | 377 |
| <i>Landbaggrund</i> | | | |
| Risø | 95 | 138 | 477 |

Figur 4.1 viser udviklingstendensen for årsmiddelværdien og den maksimale 8-timersmiddelværdi for CO. For begge parametre er der sket et stort fald siden målingernes begyndelse i 1990'erne, og i 2022 lå de målte koncentrationer ved gademålestationerne på omkring 15% af niveauerne i midten af 1990'erne. Denne udvikling skyldes det generelle fald i udledningerne, hvor faldet i udledningerne fra vejtrafikken spiller den største rolle ved gademålestationerne. De naturlige variationer i de meteorologiske forhold giver endvidere anledning til år til år variationer i koncentrationerne.



Figur 4.1. Årsmiddelværdier (øverst) og den maksimale 8-timersmiddelværdi (nederst) for CO. Den stiplede linje i den nederste figur angiver EU's grænseværdi.

5. Svovldioxid (SO₂)

SO₂ blev i 2022 kun målt med gasmonitorer med høj tidsopløsning (½-times-middel) ved gademålestationerne på H.C. Andersens Boulevard i København og på Vesterbro i Aalborg.

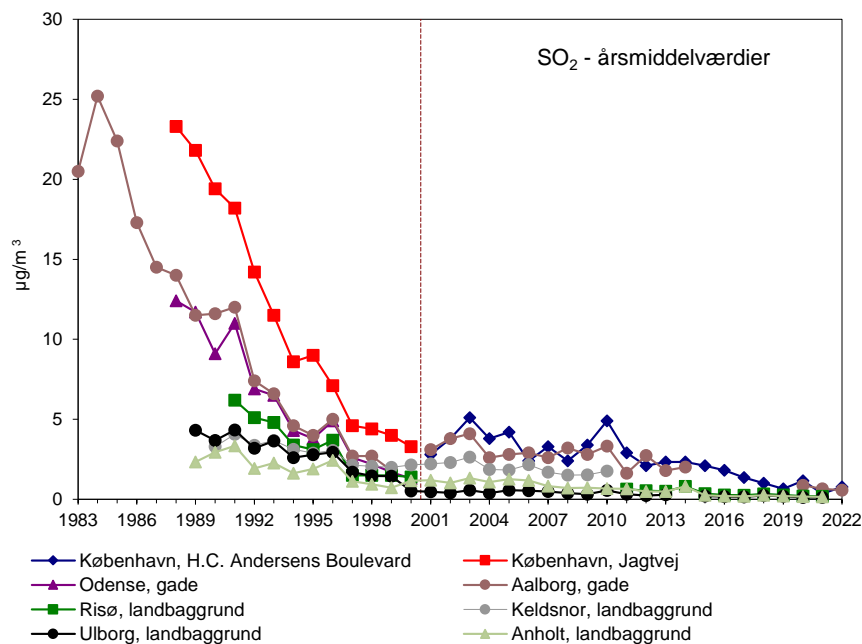
I forbindelse med landbaggrundsmålestationerne foretages også målinger af SO₂ på døgnmiddelbasis men med den såkaldte filterpackmetode. De kemiske analyser og vurderingen af de indsamlede prøver er imidlertid endnu ikke færdige, så disse resultater kan først blive bragt i forbindelse med årsrapportering fra overvågningsprogrammet (ultimo 2023).

Tabel 5.1 angiver de vigtigste resultater for 2022 i relation til udviklingstendens og grænseværdier. Der er i EU's luftkvalitetsdirektiv (EU, 2008) fastlagt to grænseværdier af hensyn til begrænsning af befolkningens korttidseksponering for SO₂. Begge grænseværdier er overholdt, og både den højeste time-middel- og døgnmiddelværdi, der blev mål i 2022, ligger langt under de fastsatte grænser.

Tabel 5.1. Årsmiddelværdi for SO₂ i 2022 og en række andre parametre til vurdering af overholdelse af de i EU fastlagte målsætninger for SO₂ (EU, 2008). For SO₂ er der to grænseværdier. Den ene er baseret på timemiddelværdien, hvor timemiddelværdien højest må overskride 350 µg/m³ 24 gange i et kalenderår. Den anden er baseret på døgnmiddelværdien, hvor døgnmiddelværdien højest må overskride 125 µg/m³ tre gange i et kalenderår.

| | Datadækning % | Årsmiddel- værdi µg/m ³ | Højeste timemiddel- værdi µg/m ³ | Antal timer med timemid- delværdi over 350 µg/m ³ Antal timer | Højeste døgnmid- delværdi µg/m ³ | Antal dage med døgn- middelværdi over 125 µg/m ³ Antal dage |
|--|------------------|--|--|--|--|---|
| Grænseværdi | | | | 24 | | 3 |
| <i>Gade</i> | | | | | | |
| København, H.C. Andersens Boulevard | 93 | 0,8 | 10 | 0 | 1,5 | 0 |
| Aalborg, Vesterbro | 93 | 0,6 | 12 | 0 | 1,3 | 0 |

Figur 5.1 viser udviklingstendensen for årsmiddelværdierne af SO₂. Luftkoncentrationerne er faldet markant siden begyndelsen af 1980'erne. I dag udgør de målte luftkoncentrationer på gademålestationerne under 5% af de målte luftkoncentrationer i 1980'erne. De seneste års variationer fra år til år skyldes for hovedparten usikkerheden på referencemålemetoden, da de målte årsmiddelkoncentrationer ligger tæt på metodens detektionsgrænse. Naturlige variationer i de meteorologiske forhold medvirker også til variationerne fra år til år.



Figur 5.1. Udviklingstendens for årsmiddelkoncentrationen af SO₂. Fra 2000 til 2001 (stiplet strek) skifter målemetoden fra filterpackopsamler kombineret med kemisk analyse af opsamlede prøver til den nuværende metode baseret på gasmonitører. Gasmonitørerne kan give målinger med kort tidsopløsning, men har til gengæld problemer med interferens fra NO_x, så værdierne skal anses som en øvre grænse. Endvidere er niveauerne i dag så lave, at luftkoncentrationerne ligger tæt på gasmonitørernes detektionsgrænse. Målingerne på landbaggrundsmålestationer er dog fortsat baseret på filterpackopsamlinger.

6. Luftbårne partikler

I forbindelse med overvågningsprogrammet måles en række forskellige partikelparametre ved i alt 11 målestationer. De primære parametre er $PM_{2,5}$ og PM_{10} , hvor der er fastsat grænseværdier i EU's luftkvalitetsdirektiv. For at begrænse langtidseksposeringen er der fastlagt grænseværdier for $PM_{2,5}$ og PM_{10} , som angiver, at årsmiddelværdien ikke må overstige henholdsvis 25 og 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (EU, 2008). For PM_{10} er der ydermere også fastsat en korttidsgrænseværdi, som angiver, at døgnmiddelværdien for PM_{10} ikke må overskride 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mere end 35 gange i et kalenderår (EU, 2008).

Måleprogrammet omfatter endvidere målinger af partikelantal, som er en parameter, der angiver den luftbårne forurening med partikler i nanostørrelse. Disse partikler er små og har meget lille masse, så derfor måles de ved at tælle dem.

I statusnotatet for 2019 (Ellermann et al., 2020b) blev der kun præsenteret resultater, som omfatter partikler i størrelsen 41 til 478/550 nm. Resultaterne omfattede derfor ikke partikler mindre end 41 nm, hvilket skyldes tekniske problemer på de nyligt erhvervede instrumenter. Fejlen blev rettet i februar 2020, så derfor præsenterer nærværende rapport både resultater fra 11 til 478/550 nm og 41 til 478/550 nm.

Årsagen til, at der angives to øvre grænser for partikelstørrelsen er, at de gamle og nyerehvervede instrumenter har lidt forskelligt måleområde. I praksis giver det dog kun anledning til en undseelig forskel, da antallet af partikler mellem 478 og 550 nm er ubetydelig i denne sammenhæng. Målingerne af partikelantal ved bybaggrundsmålestationen i København ligger uden for Delprogram for luft under NOVANA og er finansieret særskilt af Miljøstyrelsen.

Af tabel 6.1 fremgår, at årsmiddelværdierne for $PM_{2,5}$ og PM_{10} ligger omkring 50% under grænseværdierne som gennemsnit for gademålestationerne. Antallet af dage, hvor døgnmiddelværdien af PM_{10} overskrider 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ligger også betydeligt under det maksimalt antal tilladte overskridelser (35 dage). Der var derfor ingen overskridelse af grænseværdierne for partikelforureningen i 2022 ved nogen af målestationerne.

For partikler i området fra 11 til 478/550 nm varierer partikelantallet fra omkring 9.200 partikler per cm^3 på gademålestationen og ned til omkring 2.600 partikler per cm^3 på landbaggrundsmålestationen (tabel 6.2). For partikler i området fra 41 til 478/550 nm varierer partikelantallet fra 2.800 til 1.400 partikler per cm^3 . De helt små partikler mellem 11 og 41 nm udgør dermed størstedelen af partiklerne, og ved gademålestationen udgør disse omkring 70% af partiklerne, hvilket skyldes partikeludledningerne fra vejtrafikken. Der er ingen grænseværdier at sammenligne disse værdier med.

Tabel 6.1. Resultater for 2022 og grænseværdier for PM_{2,5}, PM₁₀ og de tilhørende grænseværdier fra EU's luftkvalitetsdirektiv (EU, 2008). For PM₁₀ er der endvidere en grænseværdi for korttidseksponering, som angiver at døgnmiddelværdien for PM₁₀ ikke må overskride 50 µg/m³ mere end 35 gange i et kalenderår (EU, 2008). Til sammenligning med korttidsgrænseværdien angives antallet af dage med overskridelse af 50 µg/m³. Grænseværdier og måleresultater er angivet ved ambient tryk og temperatur.

| Grænseværdi | PM _{2,5} | PM _{2,5} Årsmiddelværdi µg/m ³ | PM ₁₀ Årsmiddelværdi µg/m ³ | PM ₁₀ Antal dage med døgnmid- delværdi over 50 µg/m ³ Antal dage |
|-------------------------------------|-------------------|--|---|---|
| | Datadækning | 25 | 40 | 35 |
| <i>Gade</i> | % | | | |
| København, H.C. Andersens Boulevard | | 9,9 | 23 | 7 |
| København, Jagtvej* | | 10* | 18* | 0* |
| Odense, Grønløkkevej | 91 | | 17 | 3 |
| Aarhus, Banegaardsgade | 11 | 9,1 | 17 | 3 |
| Aalborg, Vesterbro** | | 8,4** | | |
| <i>Bybaggrund</i> | 100 | | | |
| København | 82 | 8,0 | 14 | 0 |
| Aarhus | | 7,7 | | |
| Aalborg | 87 | 7,0 | | |
| <i>Forstad</i> | 82 | | | |
| Hvidovre | 88 | 7,5 | | |
| <i>Landbaggrund</i> | | | | |
| Keldsnor | 86 | | 14 | 2 |
| Risø | | 7,4 | 13 | 0 |

* Datadækningen ved målestationen på Jagtvej er for for PM_{2,5} og PM₁₀ på 11%. Den reducerede datadækning skyldes midlertidig lukning af målestationen i perioden februar til december 2022 p.g.a. omfattende vejarbejde.

** Datadækningen ved målestationen på Aalborg Gade er for for PM_{2,5} på 82%. Den reducerede datadækning skyldes tekniske problemer med LVS-filtre november – december 2022 i forbindelse med ibrugtagning af nyt batch partikelfiltre.

Tabel 6.2. Resultater for 2022 for antallet af partikler med diameter i intervallerne 11 - 478/550 nm og 41 - 478/550 nm. Der er ingen grænseværdi for partikelantal.

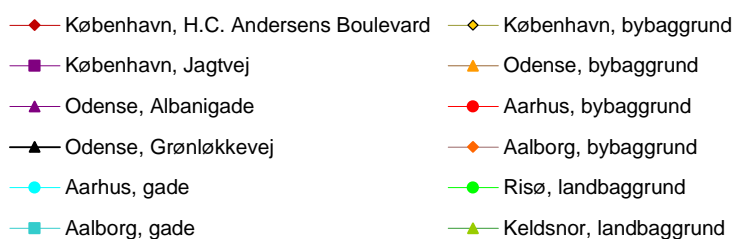
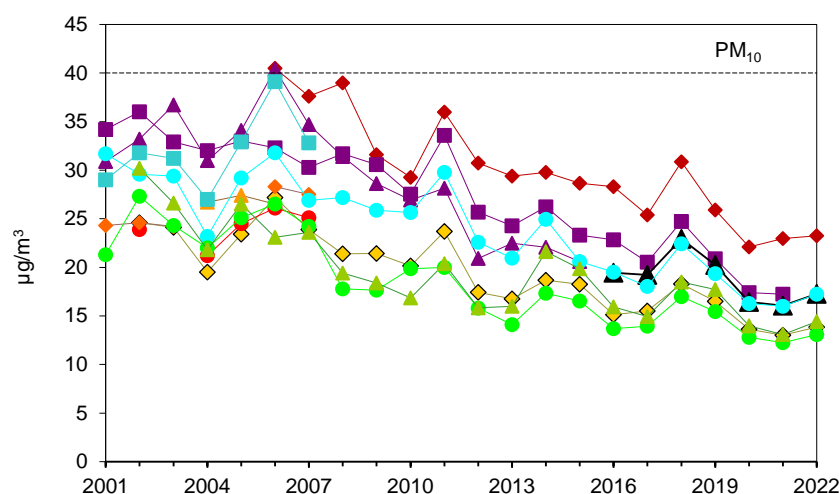
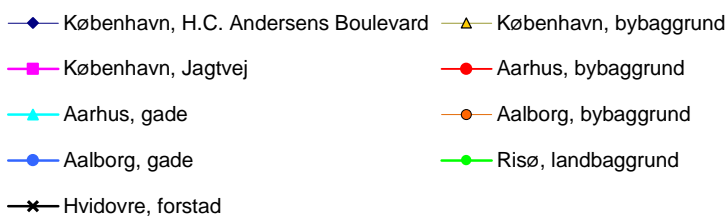
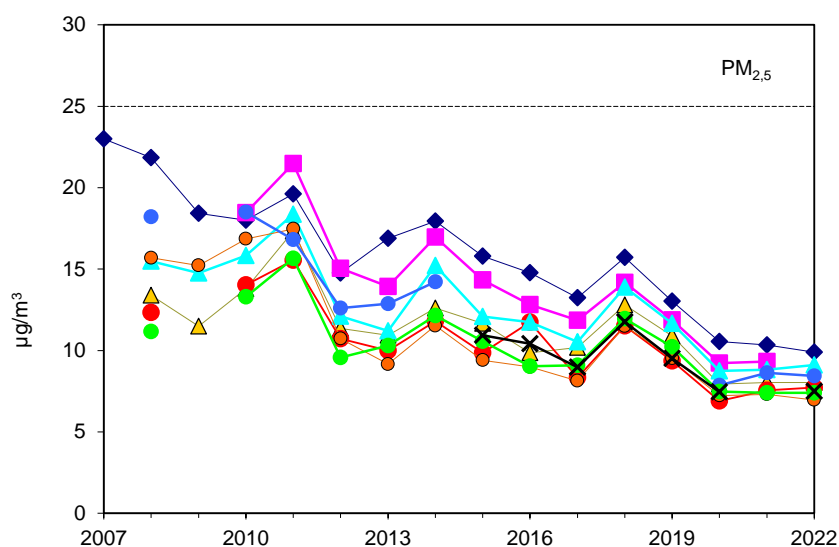
| | Partikelantal | | |
|-------------------------------------|------------------|--|--|
| | Datadækning % | 11 - 478/550 nm Antal/cm ³ | 41 - 478/550 nm Antal/cm ³ |
| <i>Gade</i> | | | |
| København, H.C. Andersens Boulevard | 90 | 9100 | 2600 |
| <i>Bybaggrund</i> | | | |
| København | 98 | 3600 | 2300 |
| <i>Forstad</i> | | | |
| Hvidovre | 80 | 4700 | 2000 |
| <i>Landbaggrund</i> | | | |
| Risø | 94 | 2800 | 1400 |

* Datadækningen ved målestationen på Jagtvej er for for PM_{2,5} og PM₁₀ på 11%. Den reducerede datadækning skyldes midlertidig lukning af målestationen i perioden februar til december 2022 p.g.a. omfattende vejarbejde.

** Datadækningen ved målestationen på Aalborg Gade er for for PM_{2,5} på 82%. Den reducerede datadækning skyldes tekniske problemer med LVS-filtre november – december 2022 i forbindelse med ibrugtagning af nyt batch partikelfiltre.

Målingerne af PM_{10} begyndte i 2001, mens målinger af $PM_{2,5}$ først blev påbegyndt i 2007/2008 i forbindelse med revision af EU's luftkvalitetsdirektiv (EU, 2008). Figur 6.1 viser udviklingstendensen for årsmiddelværdien af $PM_{2,5}$ og PM_{10} . Der ses et ensartet forløb ved alle målestationer. $PM_{2,5}$ er faldet med 30-55% og PM_{10} med 40-50% siden opstart af målingerne i henholdsvis 2007/2008 og 2001.

For både $PM_{2,5}$ og PM_{10} ses generelt en meget lille ændring fra 2021 til 2022. På ingen station har årsmiddelværdierne ændret sig mere end $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, og den største ændring har været, at antal dage for PM_{10} med døgnmiddelværdier over $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ er ændret fra 0 til 3 på Banegaardsgade i Aarhus.

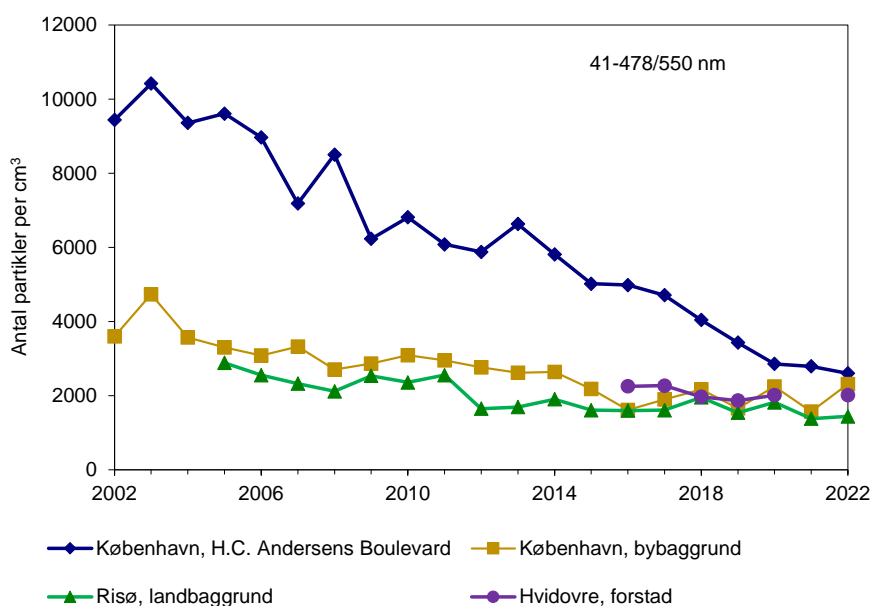


Figur 6.1. Udviklingstendens for årsmiddelværdi af $PM_{2,5}$ (øverst) og PM_{10} (nederst). De stiplede linjer angiver grænseværdierne for årsmiddelværdien af $PM_{2,5}$ og PM_{10} (EU, 2008). Fra og med 2012 er PM -værdierne vist ved ambient temperatur og tryk. Til og med 2011 er PM -værdierne vist ved standard betingelser. Ændringen er ca. 2-4% og er ubetydelig i den grafiske præsentation. For Jagtvej er 2022-værdierne ikke vist pga. lav datadækning forårsaget af midlertidig stationslukning feb-dec. For $PM_{2,5}$ Aalborg bybaggrund har årsmiddelværdien for 2022 lidt højere usikkerhed end normalt, da datadækningen kun er på 81%.

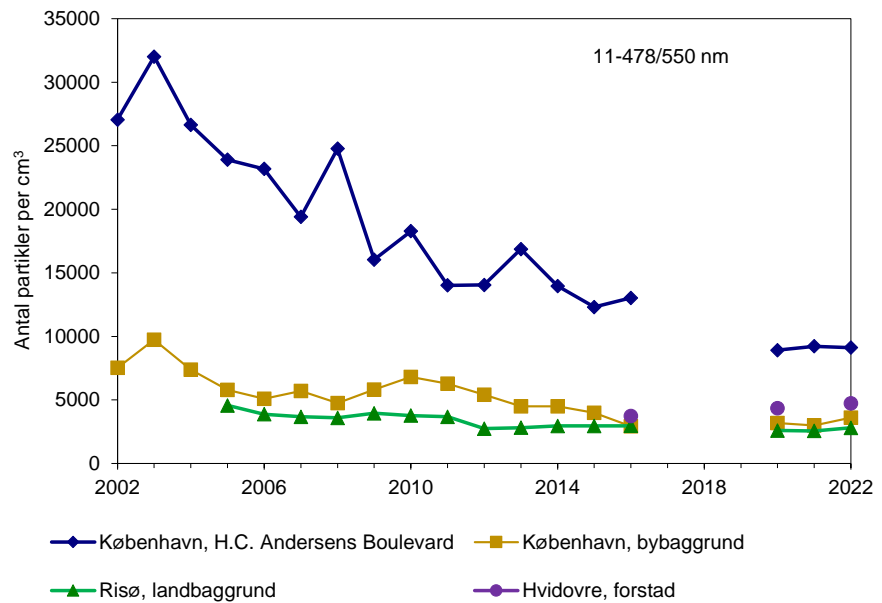
Figur 6.2 viser udviklingstendensen for partikelantallet for partikler med diameter på 41 - 478/550 nm. Figur 6.3 viser udviklingstendensen for partikelantallet for partikler med diameter på 11 - 478/550 nm, hvor der mangler data for 2017 til 2019 grundet ovenfor omtalte problemer med målingerne af partikler med diameter under 41 nm. Der ses i store træk et parallelt fald i partikelantallet for de to fraktioner.

Siden 2002 er partikelantallet for den samlede partikelfraktion (11 - 478/550 nm) faldet med omkring 70% ved gademålestationen på H.C. Andersens Boulevard og 60% ved bybaggrundsmålestationen i København. Målinger i landbaggrund ved Risø er først begyndt i 2005, men siden da er partikelantallet faldet med omkring 34% for den samlede partikelfraktion (11 - 478/550 nm).

Tidsserien for målingerne i forstad (Hvidovre) er relativt kort (begyndt i slutningen af 2015), men siden opstart er partikelantallet faldet med omkring 10% for partikelfractionen 41 - 478/550 nm. Tidsserien er relativt kort, og derfor er udviklingstendensen forbundet med stor usikkerhed. Endvidere blev målestationen flyttet omkring 600 m i 2021, hvilket kan påvirke den målte udviklingstendens, da udledningerne fra brændfyring kan variere betydeligt på lokalskala. Baseret på målingerne i 2022 tyder det dog på, at flytningen ikke har givet et væsentligt afbræk i tidsserien, men der skal flere målinger til for at konsolidere denne konklusion.



Figur 6.2. Antallet af partikler med diameter mellem 41 nm og 478/550 nm. For Hvidovre er 2021-værdien ikke vist pga. lav datadækning forårsaget af stationsflytning.

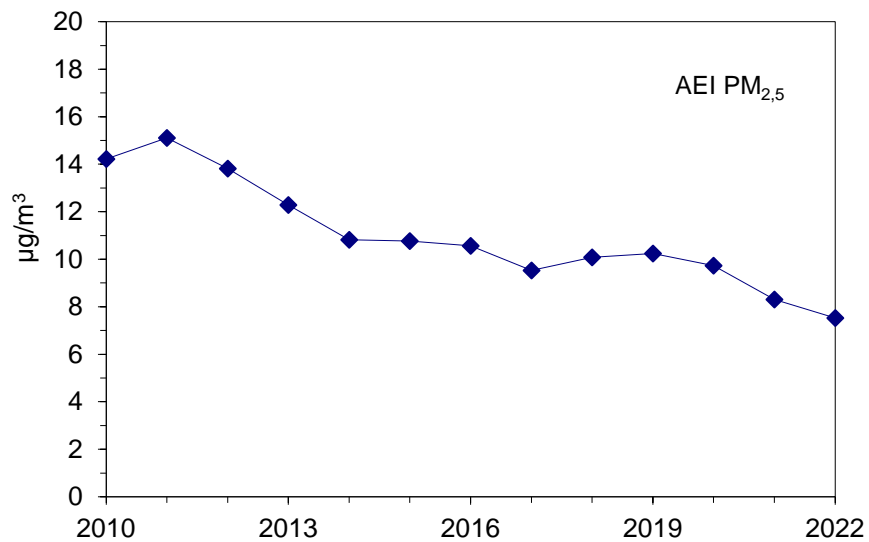


Figur 6.3. Antallet af partikler med diameter mellem 11 nm og 478/550 nm. Manglende data i perioden fra 2017-2019 skyldes instrumenttekniske problemer med at måle partikelantal i området 11-41 nm i disse år. For Hvidovre er 2021-værdien ikke vist pga. lav datadækning forårsaget af stationsflytning.

EU's luftkvalitetsdirektiv har endvidere fastlagt et nationalt reduktionsmål for at begrænse de skadelige virkninger af luftforureningen på menneskers sundhed (EU, 2008). Reduktionsmålet er fastlagt på basis af en "indikator for gennemsnitlig eksponering" (på engelsk Average Exposure Indicator, AEI). I overensstemmelse med direktivet beregnes AEI for Danmark ud fra et gennemsnit af årsmiddelværdierne for $PM_{2.5}$ i bybaggrund i København, Aarhus og Aalborg, som et gennemsnit over en treårig periode.

Det nationale reduktionsmål afhænger af AEI for 2010, som i Danmark lå på $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (figur 6.4). AEI for 2010 er beregnet på basis af årsgennemsnit for 2008-2010. I henhold til EU's luftkvalitetsdirektiv er det nationale reduktionsmål for Danmark at reducere AEI med 15%, som skal være opnået i 2020 (EU, 2008). For 2020 (gennemsnit for 2018-2020) lå AEI på $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, hvilket ligger på niveau med de nærmeste år op til 2020. For 2022 (gennemsnit for 2020-2022) ligger AEI på $7,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, hvilket er et relativt markant fald i forhold til de seneste år. Siden 2010 er der sket et fald i AEI på omkring 47% (figur 6.4), og Danmark opfylder dermed EU's nationale reduktionsmål.

EU's luftkvalitetsdirektiv indeholder også en forpligtelse til, at eksponeringskoncentrationen (AEI) ikke må overskride $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fra 2015. Denne forpligtelse har været overholdt i Danmark lige siden den trådte i kraft.



Figur.6.4. Udviklingstendens for Average Exposure Index (AEI) for Danmark siden 2010. AEI beregnes som middel af tre år, så indeks for 2010 er gennemsnit fra 2008-2010 og så fremdeles.

7. Litteratur

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., Nygaard, J. og Nøjgaard, J.K. 2020b. Luftkvalitet 2019. Status for den nationale luftkvalitetsovervågning. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 128 s. - Videnskabelig rapport nr. 410 <http://dce2.au.dk/pub/SR410.pdf>.

Ellermann, T., Nygaard, J., Nøjgaard, J.K., Nordstrøm, C., Brandt, J., Christensen, J., Ketzel, M., Massling, A., Bossi, R., Frohn, L.M., Geels, C. & Jensen, S.S., 2020a. The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2018. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 83 pp. Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 218. <http://dce2.au.dk/pub/SR360.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., 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., 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., Andersen, M.S. og Sigsgaard, T., 2023. Luftkvalitet 2021. Status for den nationale luftkvalitetsovervågning. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 148 s. - Videnskabelig rapport nr. 533. <http://dce2.au.dk/pub/SR533.pdf>

EU, 2008. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe: Official Journal of the European Union L152, 1-44.

STATUS FOR MÅLING AF LUFTKVALITET I 2022

Denne tekniske rapport giver en oversigt over resultaterne for 2022 for de vigtigste helbredsskadelige luftforureningskomponenter, hvor der foreligger data på nuværende tidspunkt. Det drejer sig om kvælstofdioxid (NO_2), kvælstofoxider (NO_x), ozon (O_3), carbonmonoxid (CO), svovldioxid (SO_2), $\text{PM}_{2,5}$ og PM_{10} (massen af partikler mindre end henholdsvis 2,5 og 10 μm) og partikelantal (antallet af partikler med diameter mellem 11/41 nm og 478/550 nm). Overordnet set ligger koncentrationerne for alle komponenter nogenlunde på samme niveau som i 20210 og der er ingen overskridelse af EU's grænseværdier for disse luftforureningskomponenter. Den langsigtede målsætning for den maksimale 8-timersmiddelværdi af O_3 overskrides ved alle målestationer, men denne målsætning er endnu ikke trådt i kraft, og det er ikke fastlagt, hvornår den vil være gældende. Informationstærsklen for timemiddelværdien af O_3 (180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) blev overskredet én gang i 2022. Der er for alle luftforureningskomponenterne observeret betydelige fald i årsmiddelværdierne siden begyndelsen af målingerne, dog med undtagelse for O_3 . Årsagen til disse fald er de væsentlige reduktioner, der har været i udledningerne gennem de seneste årtier.