



Notat

Årlig afrapportering af luftkvaliteten i Københavns Kommune 2024

Resumé

TMU orienteres om den årlige afrapportering af luftkvaliteten og dens udvikling i København med udgangspunkt i kommunens luftmåleprogram. Mens WHO's retningslinjer for god luftkvalitet fortsat overskrides flere steder, overholdes EU's grænseværdier for årsmiddelværdier for alle luftforureningskomponenter. Hvis den faldende tendens for kvælstofdioxid og fine partikler fortsætter i de kommende år, er det muligt, at WHO's retningslinjer for disse gradvist vil blive overholdt på gadeplan i de dele af København, hvor målestationerne er placeret.

Sagsfremstilling

FORCE Technology, som drifter kommunens tre luftmålestationer, samler og analyserer årligt data fra luftmålestationerne og afrapporterer dem til forvaltningen. Målestationerne står ved Folehaven, på Hillerødgade og på Backersvej. Kvælstofdioxid (NO₂), grove partikler (PM₁₀), fine partikler (PM_{2,5}) og ultrafine partikler (UFP) måles på alle tre luftmålestationer, mens black carbon (BC) måles ved Folehaven og Backersvej.

Der har tidligere været tekniske udfordringer med måling af grove partikler på målestationerne. Problemet er løst, og målestationerne har målt retvisende niveauer af grove partikler siden 8. december 2023. Tidligere målinger er blevet korrigeret, og retvisende niveauer af grove partikler angives i årsrapporten for årene 2021-2024.

Målte niveauer af luftforurening i 2024

De højeste årsmiddelværdier for alle luftforureningskomponenterne er at finde ved målestationen ved Folehaven, hvilket umiddelbart kan tilskrives den høje trafikintensitet på lokationen. Af formentlig samme årsag forekommer de laveste niveauer af forurening ved målestationen ved Backersvej. Dette med undtagelse af niveauet af ultrafine partikler, hvor den laveste årsmiddelværdi er at finde ved målestationen på Hillerødgade. Den relativt høje årsmiddelværdi på Backersvej for ultrafine partikler kan formentlig tilskrives et væsentligt bidrag fra flytrafikken ved lufthavnen. I lighed med tidligere år observeres særligt høje niveauer af ultrafine partikler ved Backersvej, når vinden blæser ind over lufthavnen, før den rammer resten af Amager.

14-05-2025

Sagsnummer i F2
2025 - 7730

Dokumentnummer i F2
192396

Sagsnummer i eDoc
2025-0106815

Sagsbehandler
Camilla Rosendahl Diallo

EU's grænseværdi for årsmiddelværdien for kvælstofdioxid, grove partikler og fine partikler blev i 2024 overholdt på alle tre målestationer. WHO's retningslinjer for årsmiddelværdier af kvælstofdioxid og fine partikler blev overskredet på alle tre målestationer med undtagelse af årsmiddel for NO₂ på Backersvej. Der findes hverken EU-grænseværdier eller retningslinjer fra WHO for ultrafine partikler og black carbon.

Tabel 1 Målte årsmiddelværdier for kvælstofdioxid, grove partikler, fine partikler, ultrafine partikler og black carbon på de tre kommunale luftmålestationer samt EU's grænseværdier for årsmiddelværdier og WHO's retningslinjer for årsmiddelværdier for de givne luftforureningskomponenter

Luftforureningskomponent	Årsmiddelværdi 2024				
	Hillerød-gade	Folehaven	Backersvej	EU's grænseværdi	WHO's retningslinje
Kvælstofdioxid (µg/m ³)	13	15	10	40	10
Grove partikler (µg/m ³)	11	12	10	40	15
Fine partikler (µg/m ³)	8	8	7	25	5
Ultrafine partikler (#/cm ³)	5600	7100	6700	-	-
Black carbon (µg/m ³)	-	0,71	0,42	-	-

Udviklingen i luftkvaliteten

Der er siden 2021 observeret betydelige reduktioner i niveauet af kvælstofdioxid, grove partikler, fine partikler og black carbon ved alle luftmålestationerne. Der er observeret aftagende niveauer af ultrafine partikler på Hillerødgade, mens der ikke ses en tydelig tendens for ultrafine partikler på de andre målelokationer.

Hvis den faldende tendens for kvælstofdioxid og fine partikler fortsætter i de kommende år, er det sandsynligt, at WHO's retningslinjer for disse gradvist kan blive overholdt på gadeplan i de dele af København, hvor målestationerne står.

Yderligere analyse af black carbon ved Folehaven

En detaljeret analyse af black carbon-målinger i dette års rapport giver indsigt i den lokale vejgående trafiks bidrag til koncentrationen af black carbon ved Folehaven. Analysen viser, at en ganske lille andel (<1%) af de motorkøretøjer, der passerer målestationen på Folehaven, udleder markant forhøjede emissioner af black carbon, og de relativt få køretøjer bidrager betydeligt til det samlede black-carbon-niveau. Mønsteret er

det samme før og efter skærpelsen af miljøzonen i oktober 2023, og årsmiddelværdien for 2023 og 2024 er næsten ens.

Peter Højer
Vicedirektør

FORCE Technology
23. april 2025

Overvågning af luftkvalitet i Københavns Kommune

Årlig afrapportering for 2024



[tom side]

Indholdsfortegnelse:

Resumé.....	4
Summary in English.....	6
1 Indledning	8
2 Forkortelser	9
3 Måleprogram og metoder.....	9
3.1 Datapræsentation på hjemmeside	9
3.2 Beskrivelse af målestationer.....	9
3.3 Forureningsparametre	11
3.4 Grænseværdier	12
3.5 Målemetoder.....	14
4 Måleresultater	15
4.1 NO ₂	15
4.2 Partikulær masse, PM ₁₀ og PM _{2,5}	18
4.3 Partikelantal, PN.....	24
4.4 Black Carbon, BC.....	26
5 Variationer i luftkvalitet.....	29
5.1 Luftkvaliteten på hverdage.....	29
5.2 Sammenstilling af døgnvariationer	31
5.3 Lokale kilder til sodpartikler i miljøzone.....	33
Bilag A Målemetoder.....	36
NO _x (NO og NO ₂)	36
Partikulær masse (svævestøv), PM _{2,5} og PM ₁₀	36
Partikelantal, PN	37
Black Carbon, BC	37
Bilag B Datakvalitet og datafangst.....	38
Bilag C Timemiddelværdier for NO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2,5} , PN og BC	39
Bilag D Efterkorrektion af PM ₁₀ for perioden 2020-2023	44
Bilag E Kontaktinformation.....	47
Om FORCE Technology	47
Medarbejdere	47

Resumé

Denne rapport præsenterer luftkvalitetsmålinger udført i 2024 på tre målestationer i Københavns Kommune. Teknik- og Miljøforvaltningen og Sundheds- og Omsorgsforvaltningen i Københavns Kommune ønsker med luftkvalitetsmålingerne at indhente ny viden med henblik på at vurdere de sundhedsskadelige virkninger af luftforurening i kommunen.

Målestationer blev installeret i august/september 2020 på Krügersgade, Søtorvet, Folehaven, Hillerødgade og Backersvej. Målingerne på de tre sidstnævnte lokationer fortsattes i 2024, mens de to førstnævnte målestationer blev nedlagt med virkning fra 1/1-2024. Placeringen af målestationerne er valgt med henblik på at opnå mest mulig viden om

- luftforurening fra vejtrafik.
- luftforurening fra brændeovne.
- luftforurening, hvor flest færdes i København, og hvor det må formodes, at man bliver udsat for luftforurening.
- luftforurening, hvor der er tæt beboelse og flere institutioner.

Målinger af NO₂, partikulær masse (PM₁₀ og PM_{2,5}) og partikelantalskoncentrationer (PN) blev udført på alle målestationerne, mens målinger af Black Carbon (BC) blev udført på Folehaven og Backersvej.

I Danmark er grænseværdier for luftkvaliteten i udeluft bestemt ved EU's luftkvalitetsdirektiver. Københavns Kommune har desuden fastlagt en ambition om i 2030 at overholde WHO's retningslinjer for PM_{2,5}, PM₁₀ og NO₂, hvilket er markant strammere end EU's nuværende grænseværdier. Grænseværdier og retningslinjer kan enten have til formål at regulere årsmiddeldkoncentrationer eller regulere omfanget af perioder med stærkt forhøjede koncentrationer. Hverken EU eller WHO har fastsat grænseværdier eller retningslinjer for PN og BC.

Alle EU's grænseværdier for NO₂, PM₁₀ og PM_{2,5} var i 2024 overholdt på alle tre målestationer. WHO's retningslinjer for årsmiddelværdier af NO₂ og PM_{2,5} blev overskredet på alle tre målestationer, med undtagelse af årsmiddel for NO₂ på Backersvej. WHO's retningslinjer for omfanget af forhøjede døgnmiddelværdier af NO₂ og PM_{2,5} blev overskredet på alle målestationerne. WHO's retningslinjer for årsmiddel samt omfanget af døgn med forhøjede niveauer af PM₁₀ blev overholdt på alle tre målestationer i 2024. Resultaterne er opsummeret som oversigt i Tabel 1.

For måleperioden 2021-2024, hvor data fra hele kalenderår er tilgængelige, blev der gennemgående observeret betydelige reduktioner i NO₂, hvilket har været mest udtalt på lokationerne med relativ høj lokal trafikintensitet. For måleperioden 2021 til 2024 blev der også observeret reduktioner i årsmiddel PM_{2,5} samt i antal døgn med forhøjede niveauer af PM_{2,5} på alle målestationerne.

Der har været nogle udfordringer med målingerne af PM₁₀ frem til d. 8. december 2023, hvor alle måleinstrumenterne blev omstillet. Målebegrænsningerne for PM₁₀ var relateret til perioder med relativ luftfugtighed overstigende 75%, og de var forbundet med en systematik, der har muliggjort efterkorrektioner til at opnå konservative estimater for PM₁₀ i de relevante perioder. Disse korrektioner præsenteres i nærværende rapport. De efterkorrigerede og estimerede årsmiddelværdier af PM₁₀ præsenteres for perioden 2021-2023 sammen med de målte årsmiddelværdier for 2024. Der ses også for de efterkorrigerede datasæt en nedadgående trend for PM₁₀ på de forskellige målelokationer for perioden 2021-2024.

Antalskoncentrationerne af partikler (PN) kan betragtes som et mål for ultrafine partikler (UFP). Den højeste årsmiddelværdi for PN blev observeret på Folehaven efterfulgt af Backersvej og Hillerødgade. Det er sandsynligvis emissioner fra lokal vejgående trafik, der medfører de højeste niveauer af PN på Folehaven. På Backersvej er mønsteret anderledes, med en stærk kobling mellem forhøjede niveauer af PN og sydlige-sydøstlige vindretninger, hvilket til en vis grad tilskrives emissioner fra Københavns Lufthavn, der ligger i relativ kort afstand (ca. 3,5 km) syd-sydøst for målestationen på Backersvej. På Søtorvet og Hillerødgade er der blevet observeret entydigt aftagende niveauer af PN for perioden 2021-2023/2024, mens der ikke ses en tydelig tendens på de andre målelokationer i løbet af måleperioden.

Årsgennemsnittet af Black Carbon (BC) var på Folehaven i 2024 i lighed med tidligere år højere end på Backersvej, hvilket til dels kan tilskrives den langt større trafikintensitet på Folehaven ift. Backersvej. For perioden 2021 til 2023 observeredes en betydelig reduktion i BC på Folehaven og en relativt mindre reduktion i BC på Backersvej, mens årsmiddel for BC i 2024 på begge målelokationer forekom uændret i forhold til 2023. En mere detaljeret analyse af BC-målinger på Folehaven giver indsigt i bidrag fra den lokale vejgående trafik. En ganske lille andel (<1%) af de motorkøretøjer, der passerer målestationen på Folehaven, udleder markant forhøjede emissioner af BC, og de relativt få køretøjer bidrager betydeligt til BC niveauet.

Variationer i forureningsparametrene fordelt på ugedage understøtter, at niveauerne af NO₂, PM₁₀, PN, og BC i vid udstrækning er koblet til den lokale trafikintensitet. Det er velkendt, at niveauet af PM_{2,5} er stærkt koblet til langtransport, og niveauerne af PM_{2,5} er i mindre grad påvirket af trafikintensiteten på målelokationerne. Dette understøttes af en markant korrelation mellem PM_{2,5} målt på de forskellige målestationer.

Det kan opsummeres, at der har været en aftagende tendens for luftkvalitetsparametrene NO₂, PM₁₀, PM_{2,5} og BC i perioden 2021-2024 på målelokationerne. Hvis den faldende tendens for NO₂ og PM_{2,5} fortsætter i de kommende år forekommer det sandsynligt, at WHO's retningslinjer for de luftkvalitetsparametre gradvist kan blive overholdt på gadeplan i de dele af København, som målestationerne repræsenterer.

Tabel 1 Oversigt over hvilke grænseværdier (EU) og retningslinjer (WHO) der blev hhv. overholdt (markeret med grønt) og ikke overholdt (markeret med rødt) for de tre målestationer i 2024. Kriterierne for grænseværdier og retningslinjer er beskrevet nærmere i afsnit 3.4.

	Parameter	Hillerødgade	Folehaven	Backersvej
EU	NO ₂ (Tidsmiddelværdier)			
	NO ₂ (Årsmiddelværdi)			
	PM ₁₀ (Døgnmiddelværdier)			
	PM ₁₀ (Årsmiddelværdi)			
	PM _{2,5} (Årsmiddelværdi)			
WHO	NO ₂ (Døgnmiddelværdier)			
	NO ₂ (Årsmiddelværdi)			
	PM ₁₀ (Døgnmiddelværdier)			
	PM ₁₀ (Årsmiddelværdi)			
	PM _{2,5} (Døgnmiddelværdier)			
	PM _{2,5} (Årsmiddelværdi)			

Summary in English

This report presents the results of air quality measurements performed in 2024 at three monitoring stations in Copenhagen. With this monitoring programme, Copenhagen Municipality wishes to gain additional knowledge about the ambient air quality and potential health effects from air pollution in Copenhagen.

The monitoring programme started in the autumn of 2020, where five monitoring stations were installed at Krügersgade, Søtorvet, Folehaven, Hillerødgade and Backersvej. Since January 1st, 2024, only measurements at Folehaven, Hillerødgade and Backersvej have been continued. The monitoring stations have been placed with the objective to focus on the assessment of:

- Air pollution from road traffic.
- Air pollution from wood stoves.
- Air pollution in public areas where air pollution is expected to be elevated.
- Air pollution in areas with high-density housing.

Measurements of nitrogen dioxide (NO₂), particulate matter (PM₁₀ and PM_{2,5}) and aerosol particle number concentrations (PN) were carried out at all monitoring stations, while Black Carbon (BC) was measured at Folehaven and Backersvej.

In Denmark, the limit values regarding ambient air quality are given by the European Union (EU) legislation. The World Health Organization (WHO) has introduced some lower guideline values regarding PM_{2,5}, PM₁₀ and NO₂, and the Municipality of Copenhagen aims to meet those limit values in 2030. Limit values are either aimed towards regulation of annual averages, or alternatively aimed towards regulation of periods with elevated pollution levels. Neither EU nor WHO have introduced limit values for PN and BC.

The EU limit values were not exceeded for NO₂, PM₁₀ and PM_{2,5} during 2024 at any of the measurement locations. WHO's guidelines for the annual average concentrations of NO₂ and PM_{2,5} were exceeded at all monitoring stations, with the exception of NO₂ at Backersvej. WHO's guidelines for the number of days with elevated pollution levels of NO₂ and PM_{2,5} were exceeded at all monitoring stations. WHO's guidelines for PM₁₀ were met at all monitoring stations in 2024. An overview of the results' compliance with EU's limit values and WHO's guidelines is presented in Tabel 1 in the Danish Summary above (Resumé).

For the measurements performed in 2021-2024, data from the entire measurement period are available. During that period, significant reductions in annual averages of NO₂ as well as reductions in the number of days with elevated levels of NO₂ have been observed. Reductions of NO₂ concentrations were more pronounced at locations with high local traffic intensity. Significant reductions in annually averaged PM_{2,5} levels as well as reductions in the number of days with elevated levels of PM_{2,5} have been observed over the period 2021-2024 at all monitoring stations.

The measurements of PM₁₀ were biased low for certain conditions up until December 8th, 2023 when the settings on all the instruments were changed. The bias was limited to periods with relative humidity higher than 75%, and the pattern in the bias was well defined. This allowed for corrections to the biased measurements of PM₁₀ so that reasonable estimates of PM₁₀ could be obtained for the whole measurement period. In the report, the corrected, estimated annual averages of PM₁₀ are presented for the period 2021-2023 together with the measured annual averages for 2024. There was a decreasing trend in PM₁₀ at all the monitoring locations for the time period 2021-2024.

The particle number concentration (PN) can be considered a measure of the concentration of airborne, ultrafine particles (UFP). The highest annual averages of PN were measured at Folehaven followed by

Backersvej and then Hillerødgade. The relatively high PN levels at Folehaven are most likely linked to the relatively high traffic intensity close to that measurement station. There is a different picture at Backersvej, where elevated levels of PN are strongly coupled to southerly and southeasterly wind directions. The Copenhagen Airport is located about 3,5 km from Backersvej in that wind sector, so it is likely that the elevated levels of PN occasionally observed at Backersvej at least in part can be attributed to emissions from the airport. At Søtorvet and Hillerødgade, a decreasing trend in PN can be observed for the periods 2021-2023 and 2021-2024, respectively. However, a clear trend was not observed at the other monitoring locations over the same time periods.

As in the previous years, the annual average of Black Carbon (BC) was higher at Folehaven relative to Backersvej in 2024. This was most likely due to the significantly higher traffic intensity at Folehaven. For the period 2021-2023, a significant reduction in BC could be observed at Folehaven, while a more modest reduction could be observed at Backersvej. However, the annual averages of BC for 2024 were very similar to the levels in 2023 at both locations. A more detailed analysis of BC measurements at Folehaven provides information about local BC emissions from vehicles passing by close to that monitoring station. A small fraction of the passing vehicles (<1%) emits pronounced levels of BC contributing to the BC concentration measured at Folehaven.

Variations in the concentrations of the measured air quality parameters on weekdays support that the levels of NO₂, PM₁₀, PN and BC to a large extent can be coupled to the local traffic intensity. It is well-known that PM_{2,5} in Copenhagen is strongly linked to long-range transport, and the levels of PM_{2,5} are only to a small extent coupled to the local traffic intensity at the measurement locations. This explains the pronounced correlation between PM_{2,5} measured at the different stations.

It can be summarised, that for the air quality parameters NO₂, PM₁₀, PM_{2,5} and BC, decreasing trends were observed over the period 2021-2024 at all the monitoring locations. Given that the tendencies for NO₂ and PM_{2,5} continue in the following years, it appears likely that the WHO air quality guidelines gradually will be met at street level in the parts of Copenhagen represented by the monitoring stations.

1 Indledning

Denne rapport præsenterer luftkvalitetsmålinger udført af FORCE Technology for Teknik- og Miljøforvaltningen og Sundheds- og Omsorgsforvaltningen i Københavns Kommune. Københavns Kommune ønsker med luftkvalitetsmålingerne at opnå øget viden om luftforurening og de deraf følgende sundhedsskadelige effekter. For perioden fra efteråret 2020 til og med 2023 blev der målt på fem målestationer i København. Som beskrevet i afsnit 3.2 blev antallet af målestationer fra januar 2024 reduceret til tre.

Længerevarende såvel som kortvarig eksponering for forringet luftkvalitet kan medføre helbredseffekter. Derfor findes der to typer af grænseværdier for luftforureningsparametre, grænseværdier for langtids- og korttidseksponering. Grænseværdier eller retningslinjer relateret til luftkvalitet har derfor enten til formål at regulere årsmiddelværdier, eller til formål at regulere omfanget af timer eller døgn med markante forringelser i luftkvalitet¹.

I tillæg til helbredseffekter, så kan visse typer af luftforurening påvirke miljø og klima negativt. Emissioner af fx NO_x (NO + NO₂) kan føre til forsurening af miljøet. Emissioner af fx Black Carbon (BC) partikler har en opvarmende effekt på klimaet. Så der er flere gode grunde til at reducere niveauet af luftforurening.

På alle målestationer i Københavns Kommune måles på nitrogendioxid (NO₂), partikelmasse (PM₁₀ og PM_{2,5}) og partikelantal (PN) mens Black Carbon også måles på Folehaven og Backersvej. Placeringen af målestationerne er valgt med henblik på mest mulig viden om:

- luftforurening fra vejtrafik.
- luftforurening fra brændeovne.
- luftforurening, hvor flest mennesker færdes i København, og hvor det må formodes, at man bliver udsat for luftforurening.
- luftforurening, hvor der er tæt beboelse og flere institutioner.

EU og WHO har henholdsvis grænseværdier og retningslinjer for NO, PM_{2,5} og PM₁₀, mens der for nuværende ikke opereres med grænseværdier for PN og BC. Generelt kommer luftforureningen i København dels fra lokale kilder, og dels i form af langtransporterede gasser og partikler. Lokalt kan vejtrafikken udgøre en betydelig kilde til NO_x (NO + NO₂), PM₁₀, partikelantal og Black Carbon, mens det lokale bidrag til partikler bestemt som PM_{2,5} på årsbasis er mere beskedent i forhold til bidraget fra langtransport².

Denne afrapportering omfatter kalenderåret 2024 med sammenligninger til målinger foretaget i sidste kvartal af 2020 samt kalenderårene 2021-2023. I dele af måleperioden fra 2020 til 2022 har samfundet i varierende omfang været påvirket af COVID-19 pandemien, som i nogen grad påvirkede adfærd og trafikmønstre med konsekvens for luftkvaliteten i København.

Der blev i løbet af 2023 identificeret nogle måletekniske problemer med målingerne af PM₁₀, hvilke har bevirket at PM₁₀ i perioder har været målt for lavt. Disse problemer blev løst på alle målestationerne med virkning fra 8. december 2023. I nærværende rapport vil målinger af PM₁₀ for 2024 blive præsenteret fra de tre målestationer i drift, mens PM₁₀ vil blive præsenteret for alle 5 målestationer for perioden 2020-2023 baseret på efterkorrigerede måledata. Efterkorrektionen har alene omhandlet en delmængde af PM₁₀ måledata.

Følgende er ikke omfattet af FORCE Technologys akkreditering:

- Måleresultater for parametre uden for akkreditering 51: PN, BC, temperatur og øvrige meteorologiske data.
- Vurderinger, tolkninger og diskussioner af måleresultater.

¹ WHO: WHO global air quality guidelines, 2021.

² DCE: Luftkvalitet 2019, Status for den nationale luftkvalitetsovervågning i Danmark, 2021.

2 Forkortelser

- BC Black Carbon
- BC_{WB} Black Carbon Wood Burning
- BC_{FF} Black Carbon Fossil Fuel
- NO Nitrogenoxid
- NO₂ Nitrogendioxid
- NO_x NO + NO₂
- PM_{2,5} Masse af partikler med en diameter <2,5 µm.
- PM₁₀ Masse af partikler med en diameter <10 µm.
- PN Partikelantalskoncentration.

For en nærmere beskrivelse af de enkelte måleparametre henvises til afsnit 3.3.

3 Måleprogram og metoder

3.1 Datapræsentation på hjemmeside

Foruden indhentning af ny viden ønsker Københavns Kommune at kunne anvende de målte data til løbende at vurdere de mulige sundhedsskadelige effekter af luftforureningen. Data præsenteres via en hjemmeside for borgerne i København samt andre interesserede. Data er tilgængelige på websiden [Monitorering af luftkvaliteten | Københavns Kommunes hjemmeside \(kk.dk\)](#).

3.2 Beskrivelse af målestationer

Der har frem til udgangen af 2023 været opstillet fem målestationer til kontinuert monitoring af luftkvaliteten i Københavns Kommune. Målestationerne har været placeret på de følgende lokationer:

1. Krügersgade 5, Nørrebro
2. Søtorvet 5, Indre By
3. Folehaven 72, Valby
4. Hillerødgade 79, Bispebjerg
5. Trafiklegepladsen ved Backersvej/Formosavej, Amager Øst

Figur 1 viser et oversigtskort over Københavns Kommune med placeringerne af målestationerne indtegnet. Placeringen af målestationer er valgt under hensyntagen til retningslinjerne i EU-direktiv 2008/50/EF samt seneste ændringer i EU-direktiv 2015/1480/EF.

Tabel 2 angiver hvilke luftforureningsparametre, der blev målt på de enkelte målestationer. En beskrivelse af de enkelte parametre fremgår af afsnit 3.3. Foruden de i Tabel 2 listede parametre bestemmes udetemperatur og den relative luftfugtighed ved hver målestation. Der udføres målinger af BC på henholdsvis Folehaven og Backersvej. Dette gøres med henblik på at kunne vurdere effekten af emissioner fra vejgående trafik og brændeovne.

Målestationerne er idriftsat i august/september 2020 og første del af måleprogrammet strakte sig frem til udgangen af 2023. Fra 2024-2027 videreføres målestationerne på Backersvej, Hillerødgade og Folehaven. Målestationerne på Krügersgade og Søtorvet blev nedlagt efter udgangen af 2023.

Tabel 2. Målte luftkvalitetsparametre på de enkelte målestationer. En beskrivelse af måleparametrene præsenteres i afsnit 3.3. Fra 2024 er målestationerne på Krügersgade og Søtorvet blevet nedlagt.

Måleparametre	Krügersgade	Søtorvet	Folehaven	Hillerødgade	Backersvej
Stationsnr.	1	2	3	4	5
PM ₁₀ , PM _{2,5}	X	X	X	X	X
PN	X	X	X	X	X
BC, BC _{WB} , BC _{FF}			X		X
NO, NO _x , NO ₂	X	X	X	X	X



Figur 1. Oversigtskort for placering af målestationer.

3.3 Forureningsparametre

3.3.1 NO, NO₂ og NO_x

NO og NO₂ er gasser, der dannes når atmosfærisk luft opnår meget høje temperaturer, hvilket fx kan forekomme i forbrændingsmotorer. Disse gasser betegnes også kvælstofoxider, og de udledes fra forbrændingsmotorer primært som NO (kvælstofmonoxid) og i mindre omfang som NO₂ (kvælstofdioxid). Den udledte NO oxideres til NO₂ i atmosfæren over sekunder til timer afhængig af tilstedeværelsen af ozon. NO_x udgør summen af NO + NO₂.

NO₂ er i modsætning til NO en sundhedsskadelig gas. Der er ikke fastsat grænseværdier for NO i udeluft, og reguleringen af kvælstofoxider i byområder sker iht. EU's grænseværdier for NO₂. EU har gennem de seneste årtier introduceret skærpede krav til minimering af NO_x emissioner fra køretøjer. Det er derfor særligt ældre køretøjer med dieselmotorer, der udleder NO_x, eller alternativt dieseldrevne køretøjer med defekt katalysator. I takt med at antallet af ældre dieseldrevne køretøjer mindskes, forventes koncentrationen af NO_x målt på gadeplan i København også at mindskes.

3.3.2 Partikelmasse, PM

PM er en forkortelse for det engelske "Particulate Matter". PM₁₀ og PM_{2,5} bruges som betegnelser for de dele af partikelmassen, der udgøres af partikler med en aerodynamisk diameter mindre end henholdsvis 10 og 2,5 µm. Sundhedspåvirkningen fra partikler afhænger af partiklernes størrelse, deres kemiske sammensætning og hvor de eventuelt deponeres i luftvejene. PM₁₀ repræsenterer i grove træk massen af partikler, der kan passere næse og svælg. PM_{2,5} udgør den delmængde af PM₁₀, som kan transporteres dybere ned i luftvejene, hvilket ofte er forbundet med en større sundhedsrisiko relativt til de større partikler, der typisk deponeres i de øvre dele af luftvejene.

Sammensætningen af PM₁₀ og PM_{2,5} kan variere meget markant hvad angår partikelstørrelser og kemisk sammensætning, hvilket er koblet til kilderne. I København er forhøjede niveauer af PM_{2,5} ofte et resultat af langtransport fra det europæiske kontinent. De højeste niveauer ses oftest i vinterhalvåret og i brændeovnsæsonen. Gennemgående vil helbredseffekterne af PM_{2,5} afhænge af partikelstørrelser og kemisk sammensætning. Derfor er det meget nyttigt at opnå mere detaljeret viden om de fysiske-kemiske egenskaber af PM_{2,5}. Partiklerne med diametre mellem 2,5 og 10 µm er repræsenteret som partikelmasse via differencen PM₁₀-PM_{2,5}. Der kan være adskillige lokale kilder til partikler i den størrelsesfraktion på gadeplan i København fx fra trafik via slid af vejbelægning, dæk og bremses, ophvirvling af grus, saltpartikler o.lign. Således kan der være betydelige lokale bidrag til den grove fraktion af PM₁₀, mens den fine fraktion af PM₁₀ repræsenteret ved PM_{2,5} er domineret af langtransport.

3.3.3 Partikelantal, PN

Der har de seneste par årtier været øget fokus på helbredseffekter af ultrafine partikler (UFP), som sædvanligvis er defineret som partikler med en diameter mindre end 0,1 µm. En fraktion af de ultrafine partikler kan trænge langt ned i luftvejene og transporteres videre i kroppen og fx ind i blodbanen. Ultrafine partikler udgør i princippet en delmængde af PM_{2,5}, men da massen af ultrafine partikler er ekstremt lille (i forhold til større partikler) kan koncentrationen af ultrafine partikler sagtens være ekstremt lav eller ekstremt høj, uden at det afspejles i målingen af PM_{2,5}. Både WHO og EU anbefaler, at den totale partikelantalskoncentration (PN) måles som en indikator for koncentrationen af ultrafine partikler. De ultrafine partikler udgør en delmængde af PN, men meget ofte rapporteres PN som UFP. I nærværende rapport fastholdes terminologien med partikelantalskoncentration eller PN, for at tydeliggøre hvilken målemetode, der er blevet anvendt.

Ultrafine partikler kan dannes direkte ved en lang række forbrændingsprocesser, og de kan fx detekteres i udstødning fra bilmotorer eller emissioner fra brændeovne. Alternativt kan ultrafine partikler dannes ved at forskellige gasser reagerer sammen, hvorved små ultrafine partikler skabes. Naturlige emissioner fra planter, træer, biosfæren, vulkaner mm. kan udgøre kilder til sådanne gasser, der kan bidrage til dannelse af ultrafine partikler. De fleste forbrændingsprocesser medfører også emissioner af gasser, der efterfølgende kan bidrage til dannelse af ultrafine partikler. Altså kan forhøjede koncentrationer af PN og UFP skyldes mange forskellige faktorer. Hverken PN eller UFP er i øjeblikket reguleret i EU's luftkvalitetsdirektiv.

3.3.4 Black Carbon, BC

Sodpartikler dannes ved ufuldstændig forbrænding af kulstofholdige brændsler såsom fx benzin, diesel, olie, biomasse, træ og kul. Sodpartikler udgør en delmængde af PM_{2,5}, der anses for at være særligt bekymrende i forhold til helbred samt den globale opvarmning. Sodpartikler udgøres typisk af nogle kulstofdominerede forbindelser, der optisk er mørke/sorte. Koncentrationen af sodpartikler bestemmes i nærværende rapport som 'Black Carbon' (BC). Black Carbon vil typisk bestå af en partikel med en kerne af Elemental Carbon (dvs. kulstof i grundstofftilstanden), med en ydre "belægning" af kondenserede, uforbrændte organiske stoffer (fx tjærestoffer). Elemental Carbon forkortes EC og bestemmes typisk via en laboratorie-analyse med afbrænding af opsamlet partikelmateriale. I Danmark og EU er der indført grænseværdier for EC i arbejdsmiljø med henblik på regulering af eksponeringen for dieselpartikler. EC og BC udledt fra fx dieselmotorer udviser ved måling meget stor korrelation, og derfor vil måling af BC kunne anvendes som en effektiv metode til at estimere/bestemme koncentrationen af EC. Hverken EC eller BC er i øjeblikket reguleret i luftkvalitetsdirektivet.

Det må forventes, at hovedkilderne til BC i København typisk er (i) vejgående trafik eller (ii) brændeovne og alternativt (iii) andre forbrændingsprocesser. Det må forventes, at lokale emissioner såvel som langtransport kan have betydning for niveauet af BC i København. EU-regulering har medført, at nyere køretøjer udleder minimale niveauer af BC. Der blev i efteråret 2023 indført udvidede miljøzoner i København og på Frederiksberg, hvilket forventeligt bør medføre mindskede emissioner af BC fra lokal vejgående trafik. Ydermere forventes den naturlige fornyelse af køretøjer i Danmark og Europa over tid at mindske udledninger af BC fra vejgående trafik. Trafikemissioner af BC på gadeplan i København skyldtes i 2024 derfor formentlig hovedsageligt ældre dieselskøretøjer uden partikelfilter monteret, dieselskøretøjer med defekt partikelfilter eller køretøjer fritaget for reguleringen i de udvidede miljøzoner.

BC udledt fra afbrænding af fossile brændsler fx i forbrændingsmotorer forekommer optisk sorte, mens BC fra brændeovne forekommer relativt mere brunligt. Baseret på de optiske forskelle og empirisk bestemte støtteparametre fra litteraturen³ kan man estimere, hvor stor en andel af BC, der kan tilskrives hhv. afbrænding af fossile brændsler (BC_{FF}) og afbrænding af træ/biomasse (BC_{WB}).

3.4 Grænseværdier

Grænseværdier for luftkvalitet fastsætter hvor meget, der må være af forskellige stoffer i luften. I Danmark er grænseværdier for gasser og partikler i udeluften bestemt ved EU's luftkvalitetsdirektiver. EU's luftkvalitetskrav er i Danmark indført ved lov via Bekendtgørelse nr. 1472⁴. WHO har fastsat retningslinjer for god luftkvalitet på baggrund af den viden, der er om de sundhedsmæssige konsekvenser af luftforurening. Københavns Kommune har optaget WHO's retningslinjer som målsætning for luftkvaliteten i København i 2030. Derfor er det, ud over EU's grænseværdier, relevant at sammenligne resultater af luftkvalitetsmålinger med WHO's retningslinjer for luftkvalitet.

³ Helin et al. Atmospheric Environment 190 (2018) 87–98.

⁴ BEK nr. 1472 af 12/12/2017. Bekendtgørelse om vurdering og styring af luftkvaliteten.

WHO angiver med deres retningslinjer, anbefalinger vedrørende niveauet af forurening mht. komponenter såsom PM₁₀, PM_{2,5} og NO₂ ud fra en sundhedsmæssig vurdering⁵. Tabel 3 viser de gældende EU grænseværdier for de stoffer, der er omfattet af måleprogrammet og beskrevet i denne rapport.

Tabel 4 viser WHO's retningslinjer (vejledende grænseværdier) for de stoffer, der er omfattet af måleprogrammet og beskrevet i denne rapport. Percentil-grænseværdier⁶ anvendes til at sætte et loft for hvor mange timer eller døgn særligt forhøjede niveauer tillades. Midlingstiderne i Tabel 3 og

Tabel 4 viser hvilken type grænseværdi, der er tale om. Der er endnu ikke fastsat grænseværdier eller retningslinjer for ultrafine partikler (målt som partikelantal, PN) og for Black Carbon, hverken i EU eller af WHO.

Tabel 3. EU's grænseværdier for luftkvalitet i udeluft, implementeret i Danmark ved BEK nr. 1472 af 12/12/2017.

Stof	Grænseværdi (koncentration)	Midlingstid ⁷	Højest antal tilladelige overskridelser pr. år
PM _{2,5}	25 µg/m ³	1 år	-
PM ₁₀	50 µg/m ³	24 timer	35 ⁽⁸⁾
	40 µg/m ³	1 år	-
Nitrogendioxid (NO ₂)	200 µg/m ³	1 time	18 ⁽⁹⁾
	40 µg/m ³	1 år	-

Tabel 4. WHO's retningslinjer (2021) for luftkvalitet i udeluft.

Stof	Grænseværdi (koncentration)	Midlingstid	Højest antal tilladelige overskridelser pr. år
PM _{2,5}	15 µg/m ³	24 timer	3-4 ⁽¹⁰⁾
	5 µg/m ³	1 år	
PM ₁₀	45 µg/m ³	24 timer	3-4 ⁽¹⁰⁾
	15 µg/m ³	1 år	
Nitrogendioxid (NO ₂)	25 µg/m ³	24 timer	3-4 ⁽¹⁰⁾
	10 µg/m ³	1 år	

⁵ WHO's vejledende grænseværdier er typisk baseret på NOAEL (No Observed Adverse Effect Level).

⁶ Ofte rapporteres information fra større datasæt ved anvendelse af percentiler, hvilket giver indblik i hvordan data er fordelt. En måde at anskueliggøre percentilen på kan være at rangordne målte data fra højest til lavest. Den 90. percentil udgør en værdi som 90% af målepunkterne ligger under, mens 10% af målepunkterne har højere værdier.

⁷ Midlingstiden er varigheden af den måleperiode, som den enkelte måling skal repræsentere. En midlingstid på en time for fx NO₂ betyder derfor, at NO₂ beregnes som et gennemsnit for hver time.

⁸ Den højest tilladelige 90,4-percentil for PM₁₀ defineres iht. EU's grænseværdier som den døgnmiddelværdi, der er den 36. højeste af alle de målte døgnmiddelværdier over året.

⁹ Den højest tilladelige 99,8-percentil for NO₂ defineres iht. EU's grænseværdier som den timemiddelværdi, der er den 19. højeste af alle de målte timemiddelværdier over året.

¹⁰ Det anbefalede højeste niveau for 99-percentilen for PM_{2,5}, PM₁₀ og NO₂ iht. WHO's tillader at 3 eller 4 døgnmiddelværdier overskrider den angivne retningslinjeværdi i løbet af et kalenderår.

3.5 Målemetoder

En oversigt over de anvendte måleprincipper er vist i Tabel 5. Målingerne af PM₁₀, PM_{2,5} samt NO/NO₂/NO_x er omfattet af FORCE Technology's akkreditering nr. 51 fra DANAK. Målingerne af PN og BC samt andre målte parametre som fx temperatur er ikke omfattet af akkreditering. En mere detaljeret beskrivelse af målemetoderne findes i Bilag A.

Tabel 5. Oversigt over anvendte målemetoder.

Parameter	Målemetode	Under akkreditering
PM ₁₀ , PM _{2,5}	Optisk måling/lysspredning	Ja
NO, NO ₂ , NO _x	Kemiluminescens	Ja
Partikelantalskoncentration (PN)	CPC (Condensation Particle Counter)	Nej
Black Carbon (BC)	Aethalometer (Optisk måling/lysdæmpning)	Nej

Det gentages fremadrettet i rapporten ikke i alle sammenhænge eksplicit, om de målte resultater er udført ved akkrediteret eller ikke-akkrediteret måling.

4 Måleresultater

4.1 NO₂

De målte årsmiddelmiddelværdier af NO₂ på de tre målestationer er præsenteret i Tabel 6. Der observeres forskellige niveauer af NO₂ mellem Backersvej (10 µg/m³), Hillerødgade (13 µg/m³) og Folehaven (15 µg/m³) hvilket kan tilskrives forskellene i lokal trafikintensitet. Backersvej er den målestation, der eksponeres for den mindste trafikintensitet, mens der både på Hillerødgade og Folehaven er en relativt høj trafikintensitet. Lokale meteorologiske forhold og luftskifte nær de respektive målestationer kan dog også i et vist omfang have påvirket de målte niveauer.

EU's grænseværdi for årsmiddel NO₂ er på 40 µg/m³, og der målt i 2024 markant lavere niveauer (<15 µg/m³) på samtlige målestationer. WHO's retningslinje for årsmiddel NO₂ er på 10 µg/m³, hvilket netop blev overholdt ved målestationen på Backersvej i 2024 med en værdi på 9,8 µg/m³, mens retningslinjen blev overskredet på de to andre målestationer.

I Tabel 6 præsenteres også 99,8 percentilen for timemiddelværdier af NO₂ i 2024 i relation til EU's grænseværdi. Der er tale om en timemiddelværdi, som kun overskrides 18 gange årligt. Disse timemiddelværdier repræsenterer altså sjældent forekommende og stærkt forhøjede niveauer af NO₂. Niveauerne for 99,8 percentilen for timemiddelværdier af NO₂ spænder fra 58 µg/m³ på Hillerødgade over 60 µg/m³ på Backersvej til 67 µg/m³ på Folehaven. De niveauer ligger markant under grænseværdien på 200 µg/m³.

Tabel 6. Beregnede middelværdier og percentiler for NO₂ i 2024 på målestationerne i henhold til EU's grænseværdier samt WHO's retningslinjer.

Parameter	Grænseværdi			Målte middelværdier og percentiler 2024		
	Grænseværdi fra	µg/m ³	Grænseværdi baseret på	Hillerødgade	Folehaven	Backersvej
				µg/m ³		
NO ₂	EU	40	Årsmiddelværdi	13	15	10
NO ₂	WHO (vejledende)	10	Årsmiddelværdi			
NO ₂	EU	200	99,8-percentil af timemiddelværdier over året ¹¹	58	67	60
NO ₂	WHO (vejledende)	25	99-percentil af døgnmiddelværdier over året ¹²	29	36	30

I Tabel 6 præsenteres desuden 99-percentilen for døgnmiddel NO₂. Her repræsenterer 99-percentilen niveauer, der kun blev overskredet for 4 døgn i løbet af 2024 på hver af målestationerne. Percentilværdien var sammenlignelig på Hillerødgade og Backersvej med 29-30 µg/m³, mens den højeste percentilværdi igen blev observeret på Folehaven med 36 µg/m³. WHO anbefaler, at 99-percentilen for døgnmiddel NO₂ ikke overstiger 25 µg/m³. Den anbefaling blev ikke overholdt på nogen af målestationerne i 2024.

¹¹ 99,8-percentilen defineret iht. EU's grænseværdi for timemiddelværdier for NO₂. Den tillades overskredet for 18 timer på et år.

¹² 99-percentilen for døgnmiddel NO₂ ligger mellem den 5. og den 4. højeste døgnmiddelværdi for 2024.

Årsmiddelværdierne for NO₂ målt fra 2020-2024 på målestationerne er præsenteret i Tabel 7. Det skal bemærkes, at der i 2020 kun blev målt i de sidste 3-4 måneder af året, så målingerne fra 2020 er ikke direkte sammenlignelige med de efterfølgende årsmiddelværdier. Det er muligt, at nedlukninger og øget hjemmearbejde under corona-epidemien kan have mindsket omfanget af den vejgående trafik nær målestationerne for dele af måleperioden 2020-2022, mens der i 2023 og 2024 ikke har været tilsvarende nedlukninger. Der ses for måleperioden en klar tendens mod mindskede niveauer af årsmiddel NO₂, hvilket har været mest udtalt på lokationer med højest trafikintensitet. På Backersvej har der i 2024 og i flere forudgående år været omfattende vejarbejde, der har begrænset omfanget af den lokale vejgående trafik. Det er uklart, i hvilket omfang vejarbejdet i sig selv kan have medført lokale emissioner af NO_x. Gennemgående forekommer det meget sandsynligt, at koncentrationen af NO₂ i trafikerede områder over de kommende år fortsat vil aftage i København i takt med, at antallet af ældre køretøjer med betydelige emissioner af NO_x mindskes.

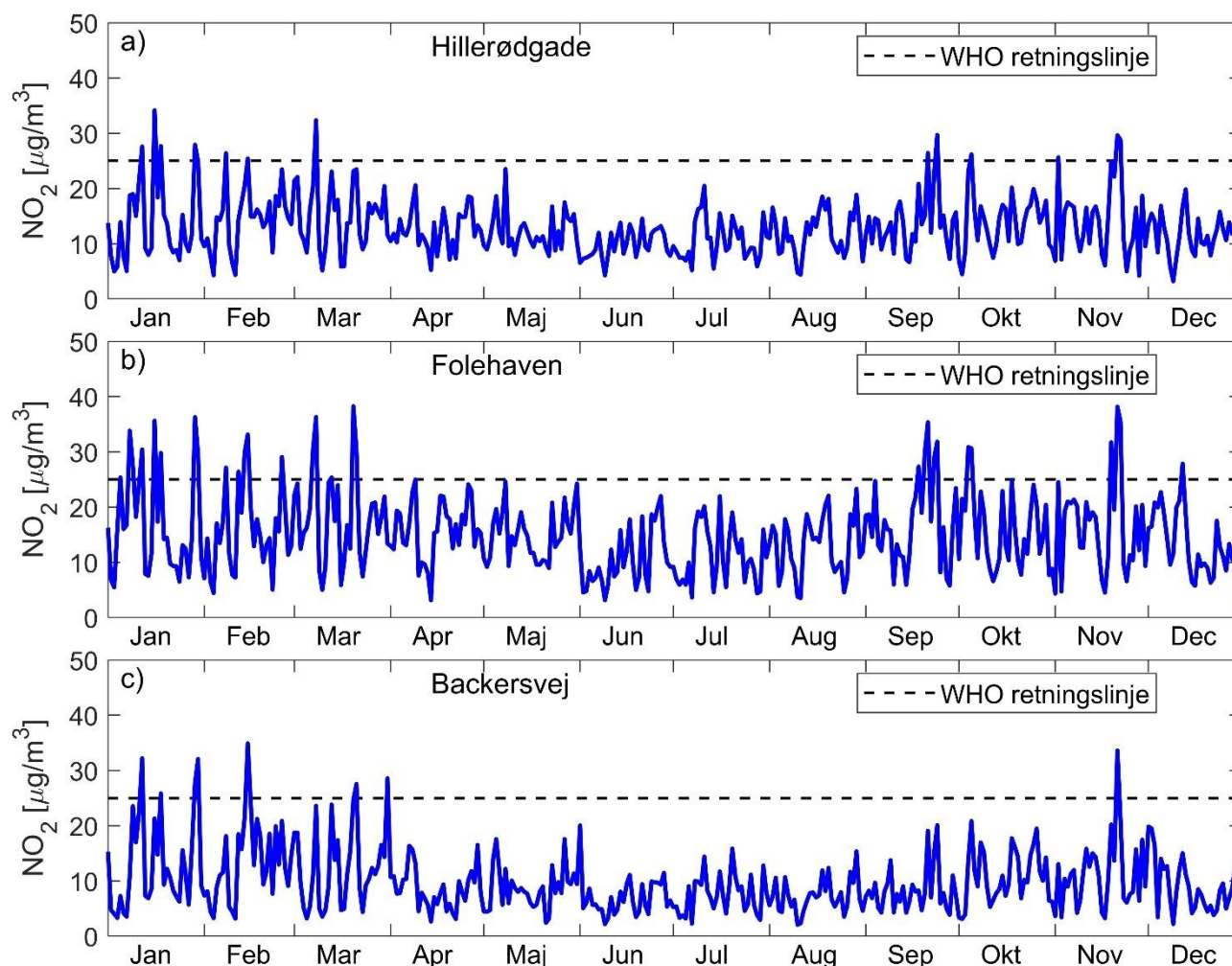
Tabel 7. Årsgennemsnit for NO₂ fra 2020 til 2024 på målestationerne. Bemærk, at måleperioden i 2020 kun dækker de sidste 3 - 4 måneder, hvilket gør en direkte sammenligning med 2020 vanskelig.

NO ₂	Krügersgade	Søtorvet	Hillerødgade	Folehaven	Backersvej
	µg/m ³				
2020	15	21	20	23	10
2021	17	18	22	27	11
2022	15	14	19	19	9
2023	12	14	16	16	10
2024			13	15	10

Hvis WHO's retningslinje for årsmiddel NO₂ skal overholdes på alle målestationerne, vil en yderligere mindskning i koncentrationen være nødvendig på Hillerødgade og Folehaven. De nødvendige procentuelle reduktioner er vist i Tabel 8. Tidsserierne for døgnmiddel NO₂ er afbildet i Figur 2 for de tre aktive målestationer. WHO's 99-percentil retningslinje på 25 µg/m³ for døgnmiddel NO₂ er også inkluderet i Figur 2, og ifølge anbefalingen bør den højst overskrides 3-4 gange i løbet af et kalenderår. Det kan af Figur 2 ses, at der forekom en korrelation mellem døgnmiddel NO₂ observeret på de tre forskellige målestationer. Langt hovedparten af døgnene med forhøjede koncentrationer af NO₂ var at finde i vinterhalvåret på alle tre målestationer. Det er velkendt, at trafikintensiteten er markant forskellig mellem fx Backersvej og Folehaven, så de ensartede mønstre set blandt målestationerne kan være et udtryk for at de meteorologiske forhold kan have betydelig indflydelse på koncentrationerne af NO₂.

Tabel 8. Påkrævet, procentuel reduktion af NO₂ i forhold til de målte 2024-koncentrationer, såfremt årsmiddelværdierne på de enkelte stationer skal leve op til WHO's retningslinje.

Parameter	Grænseværdi baseret på	Hillerødgade	Folehaven	Backersvej
		%		
NO ₂	Årsmiddelværdi	22%	33%	0%



Figur 2. Tidsserier for døgnmiddelværdier for NO₂ i 2024. Den vandrette stiplede linje indikerer WHO's retningslinje for NO₂ døgnmiddel, hvilken anbefales overskredet højst 3-4 gange årligt. I Tabel 9 præsenteres antallene af overskridelser af retningslinjen.

I Tabel 9 præsenteres antallet af overskridelser af retningslinjen på 25 µg/m³ for de forskellige målestationer. Der var i 2024 tale om henholdsvis 8, 13 og 29 døgn med forhøjede niveauer af NO₂ på hhv. Backersvej, Hillerødsgade og Folehaven. Det kan af Figur 2 ses, at et betydeligt antal af døgnene med forhøjede NO₂ koncentrationer (>25 µg/m³) lå på niveauer under eller nær 30 µg/m³. Dermed kan det forventes, at en fortsat fremadrettet mindsning i NO_x emissioner betydeligt vil kunne nedbringe antallet af døgn med NO₂ koncentrationer overstigende 25 µg/m³.

Tidsserierne for timemiddel NO₂ er vist i Figur 12 i Bilag C. EU har en percentil-grænseværdi for timemiddel NO₂ på 200 µg/m³, der højst bør overskrides 18 gange på et kalenderår. Den højeste timemiddelværdi var nær 91 µg/m³, og blev observeret på Hillerødsgade i januar. EU's grænseværdi for timemiddel NO₂ blev dermed ikke overskredet på nogen af målestationerne i 2024, hvilket også er tydeliggjort i Tabel 9.

Tabel 9. NO₂: Antal tilladte samt overskredne døgnmiddelværdier på de enkelte målestationer i 2024. EU's grænseværdi for timemiddel blev ikke overskredet på nogen af målestationerne. WHO's retningslinje blev overskredet på alle tre målestationer. Overskridelserne udgjorde 1% – 7% af årets døgn udover de maksimalt anbefalede 3-4 døgn på et år.

NO ₂		EU's grænseværdi (200 µg/m ³ , timemiddel)	WHO's retningslinje (25 µg/m ³ , døgnmiddel)	Andel af døgn med overskridelser af WHO's vejledende grænseværdi
Antal tilladte værdier over grænseværdi		18	3-4	
Antal overskredne værdier	Hillerødgade	0	13	2%
	Folehaven	0	29	7%
	Backersvej	0	8	1%

4.2 Partikulær masse, PM₁₀ og PM_{2,5}

Målingerne af PM₁₀ og PM_{2,5} er som beskrevet i afsnit 3.5 blevet foretaget med en optisk metode. I årsrapporterne for 2020 og 2021 er både PM_{2,5} og PM₁₀ blevet afrapporteret, mens PM₁₀ ikke blev afrapporteret i årsrapporterne for 2022 og 2023. Der blev i 2022/2023 identificeret nogle begrænsninger for de daværende optiske målinger af PM₁₀, og instrumentfejlen i data-prosesseringen for PM₁₀ blev udbedret i slutningen af 2023. En nærmere beskrivelse af dette præsenteres i Bilag D.

De optiske målinger af PM_{2,5} og PM₁₀ korrigeres sådan, at der opnås bedst mulig overensstemmelse med referencemetodemålinger af PM_{2,5} og PM₁₀. De længerevarende sammenligninger med referencemetoden har været udført på en af DCEs københavnske målestationer, der er tilknyttet det nationale måleprogram for luftkvalitet, så der kunne opnås bedst mulig overensstemmelse for målinger af PM i København under de to forskellige måleprogrammer. Referencemetodemålingerne af PM_{2,5} udføres ved opsamling af partiklerne på et filter af et godkendt filter-fabrikat. Resultatet af disse filtermålinger har vist sig at kunne afhænge signifikant af det aktuelle filter-fabrikat. DCE skiftede i løbet af 2023 filtertype til PM-målinger med referencemetoden under det nationale måleprogram, hvilket formentlig har medført et niveauskifte mod lavere niveauer af PM_{2,5} efterfølgende¹³. Nedenfor præsenteres alle PM_{2,5} resultater i tabeller og figurer som udgangspunkt med samme korrektionsfaktor, som der har været anvendt i de seneste årsrapporter for 2022 og 2023, og som blev fundet ud fra validering ved parallelmålinger. Der inkluderes i Tabel 11 og Tabel 16 nogle PM_{2,5} koncentrationer for 2024 (i parenteser), der via en ny korrektion - foretaget ud fra de resultater, DCE opnår efter skift til ny filtertype i 2023 - må formodes bedre at kunne sammenlignes direkte med målingerne i det nationale måleprogram for 2024 og fremadrettet. Se Bilag A for yderligere information om de anvendte korrektionsfaktorer.

De målte årsmiddelværdier for PM₁₀ samt relevante percentil-værdier præsenteres i Tabel 10. Årsmiddelværdierne på 10-12 µg/m³ lå markant under EU's grænseværdi på 40 µg/m³ og de overholdt også WHO's retningslinje på 15 µg/m³ i 2024. De beregnede 90,4-percentil-værdier for døgnmiddel PM₁₀ på 18-22 µg/m³ lå alle markant under EU's grænseværdi på 50 µg/m³. WHO's retningslinje vedrørende 99-percentilen for døgnmiddelværdier på 45 µg/m³ blev også overholdt på alle tre målestationer i 2024 med værdier på 30-31 µg/m³.

¹³ DCE: Status for måling af luftkvalitet i 2023. Teknisk rapport nr. 320, 2024.

Tabel 10. Beregnede middelværdier og percentil-værdier i 2024 for PM₁₀ i henhold til EU's grænseværdier samt WHO's retningslinjer.

Parameter	Grænseværdi			Målte middelværdier og percentiler 2024		
	Grænseværdi for	µg/m ³	Grænseværdi baseret på	Hillerødgade	Folehaven	Backersvej
				µg/m ³		
PM ₁₀	EU	40	Årsmiddelværdi	11	12	10
PM ₁₀	EU	50	Højest tilladelige døgnmiddel 90,4-percentil ¹⁴	20	22	18
PM ₁₀	WHO (vejledende)	15	Årsmiddelværdi	11	12	10
PM ₁₀	WHO (vejledende)	45	Højest tilladelige døgnmiddel (99-percentil af døgnmiddelværdier over året) ¹⁵	30	31	30

Tabel 11. Årsmiddel samt 99-percentilen for døgnmiddelværdier for PM_{2,5} i 2024. De i parentes angivne tal er baseret på en mindre korrektionsfaktor, som må formodes at medføre et bedre sammenligningsgrundlag med koncentrationerne af PM_{2,5} målt under det nationale måleprogram i 2024 og fremadrettet (jf. note 16).

Parameter	Grænseværdi			Målte middelværdier og percentiler 2024		
	Grænseværdi fra	µg/m ³	Grænseværdi baseret på	Hillerødgade	Folehaven	Backersvej
				µg/m ³		
PM _{2,5}	EU	25	Årsmiddelværdi	8 (6)	8 (7)	7 (6)
PM _{2,5}	WHO (vejledende)	5	Årsmiddelværdi			
PM _{2,5}	WHO (vejledende)	15	Højest vejledende døgnmiddel (99-percentil af døgnmiddelværdier over året) ¹⁵	23 (19)	22 (18)	20 (16)

De målte årsmiddelkoncentrationer af PM_{2,5} samt relevante percentil-værdier præsenteres i Tabel 11. Et niveau på 7-8 µg/m³ for årsmiddel PM_{2,5} blev observeret på alle tre målelokationer. Det fremgår af Tabel 11, at EU's grænseværdi for årsmiddel PM_{2,5} på 25 µg/m³ var overholdt på samtlige målestationer. WHO's retningslinje på 5 µg/m³ som årsmiddel kunne ikke overholdes på nogen af målestationerne. WHO's retningslinje for 99-percentilen af døgnmiddel PM_{2,5} på 15 µg/m³ blev heller ikke overholdt på nogen af målelokationerne. Det skal bemærkes, at det fremadrettet kan give mening at anvende en lavere korrektionsfaktor for PM_{2,5} for at opnå et bedre sammenligningsgrundlag med målingerne under det nationale måleprogram. De relaterede niveauer efterkorregeret med en lavere korrektionsfaktor¹⁶ af PM_{2,5} præsenteres i Tabel 11 i parenteser. I sidstnævnte tilfælde bliver overskridelserne af WHO's retningslinjer mere beskedne for 2024. De

¹⁴ Den højest tilladelige 90,4 percentil defineres iht. EU's grænseværdier for PM₁₀ som den døgnmiddelværdi, der er 36. højeste af de målte døgnmiddelværdier over året. Den døgnmiddelværdi må ikke overskride den angivne grænseværdi.

¹⁵ 99-percentilen for hhv. PM₁₀ og PM_{2,5} repræsenterer et niveau mellem den 5. og 4. højeste døgnmiddelværdi i 2024.

¹⁶ Forslaget om at anvende en lavere korrektionsfaktor er begrundet og beskrevet i bilag A under afsnittet "Særlige bemærkninger vedr. korrektionsfaktorer for den optiske målemetode".

reduktioner i årsmiddel $PM_{2,5}$, der vil være nødvendige for at WHO's retningslinje kan overholdes, kan ses i Tabel 12. Ved anvendelse af en lavere korrektionsfaktor for $PM_{2,5}$, så bliver behovet for yderligere mindskelser i årsmiddel $PM_{2,5}$ mere beskedne før end retningslinjen overholdes.

Tabel 12. Påkrævet, procentuel reduktion af årsmiddel af $PM_{2,5}$ og PM_{10} for at WHO's retningslinje havde været overholdt i 2024. Tallene i parentes relaterer sig til anvendelse af en mindre korrektionsfaktor end tidligere anvendt for $PM_{2,5}$. For PM_{10} er der ikke behov for yderligere reduktion ift. WHO's retningslinje.

Parameter	Retningslinje baseret på	Hillerødgade	Folehaven	Backersvej
		%		
$PM_{2,5}$	Årsmiddelværdi	35% (20%)	38% (23%)	27% (10%)
PM_{10}	Årsmiddelværdi	0%	0%	0%

Tabel 13. Årsmiddelværdier for PM_{10} . Værdierne for årene fra 2020 til 2023 har gennemgået en efterkorrektur for dele af de respektive kalenderår. Yderligere detaljer om efterkorrektionerne gives i Bilag D. For året 2020 indgår alene målinger fra fjerde kvartal.

PM_{10}	Krügersgade	Søtorvet	Hillerødgade	Folehaven	Backersvej
	$\mu g/m^3$				
2020	16	18	19	20	17
2021	14	16	16	16	14
2022	13	14	16	14	12
2023	11	13	13	13	10
2024			11	12	10

I Tabel 13 vises årsmiddelværdier for PM_{10} for perioden 2020-2024. Værdierne for perioden 2020-2023 er associeret med en forhøjet usikkerhed, da efterkorrektioner forbundet med en vis usikkerhed har været nødvendige for dele af disse måleperioder. Yderligere detaljer om efterkorrektionerne gives i Bilag D. Af Tabel 13 fremgår, at de højeste årsmiddelværdier for PM_{10} måles på de mere trafikerede lokationer såsom Hillerødgade og Folehaven samt på Søtorvet. På Søtorvet ses et lidt andet mønster for perioder med forhøjede niveauer af PM_{10} i forhold til de andre målelokationer. Dette tillægges, at støvet på den grusbelagte gangsti mellem målelokationen og Peblinge Sø under meget tørre perioder i særlig grad vil blive ophvirvlet. Dette kan på Søtorvet medføre stærkt forhøjede lokale koncentrationer af PM_{10} . Der kan for perioden 2021-2024 ses en generel nedadgående tendens for årsmiddel af PM_{10} på samtlige målelokationer.

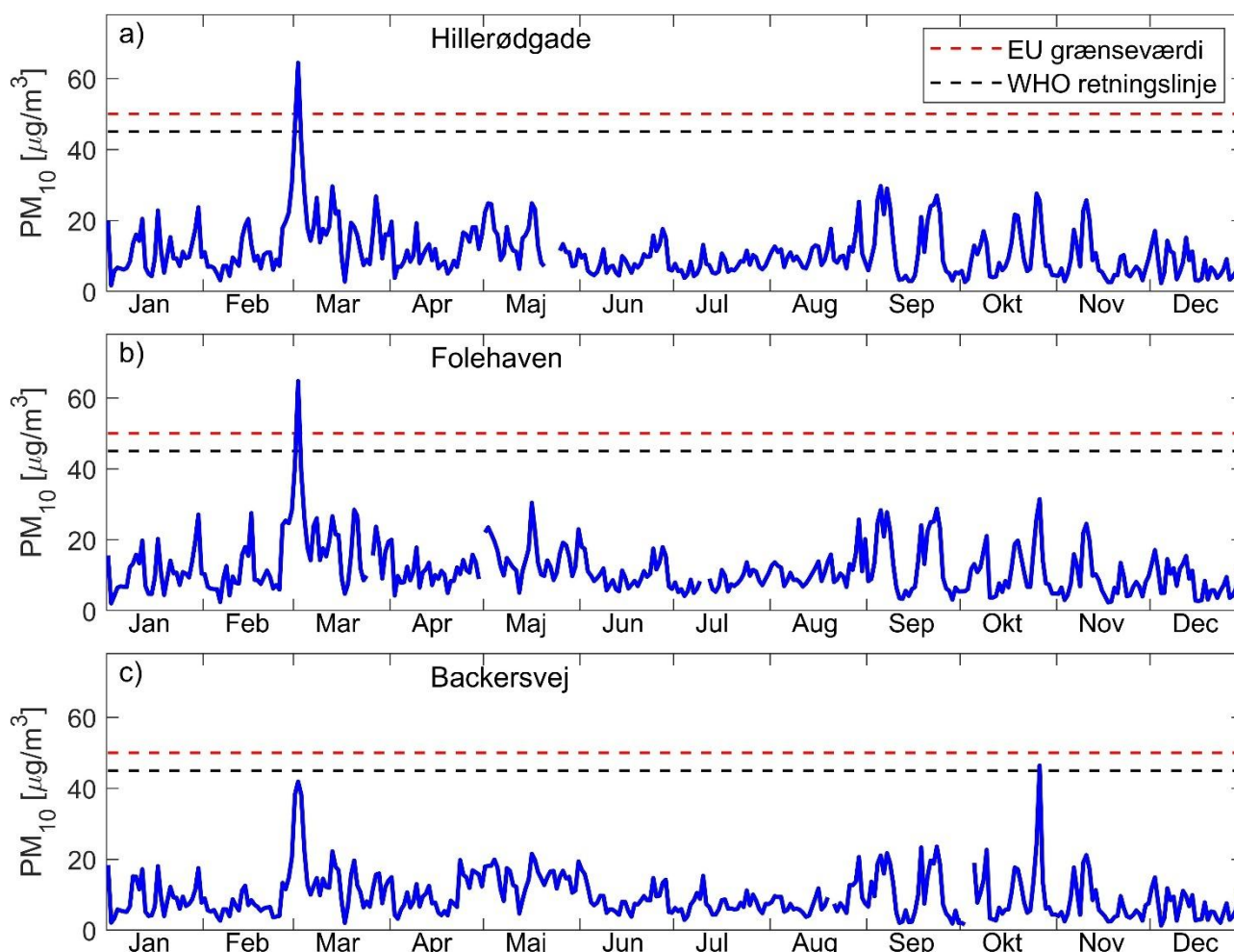
Tabel 14. Årsgennemsnit for $PM_{2,5}$ målt på de fem målestationer for 2020 til 2024. Bemærk, at måleperioden i 2020 kun dækker årets fjerde kvartal. Den samme korrektionsfaktor har været anvendt for alle årene præsenteret her.

$PM_{2,5}$	Krügersgade	Søtorvet	Hillerødgade	Folehaven	Backersvej
	$\mu g/m^3$				
2020	13	13	13	13	11
2021	9	10	10	10	9
2022	9	8	9	9	8
2023	7	7	8	7	6
2024			8	8	7

I Tabel 14 præsenteres årsmiddel $PM_{2,5}$ for årene 2020-2024, hvor det skal bemærkes, at tallene for 2020 alene repræsenterer det sidste kvartal af året. Fra 2021 til 2024 observeres der en faldende tendens i årsmiddel $PM_{2,5}$, med mindre variationer fra år til år.

I Figur 3 vises tidsserierne for døgnmiddel PM_{10} på de tre målestationer. Der kan observeres betydelige korrelationer mellem de tre tidsserier. Det kan afspejle, at de meteorologiske forhold kan have væsentlig betydning for langtransport, lokalt luftskifte, vindhastighed i forbindelse med mulig ophvirvling af grove partikler, udvaskning af partikler via nedbør samt betydningen af, at grove partikler 'bindes' til vejbaner og andre overflader i perioder med høj fugtighed.

Det kan af Figur 3 ses, at de højeste døgnmiddelværdier for PM_{10} typisk forekom i vinterhalvåret. Der var kun ganske få eksempler på døgnmiddelværdier nær EU's percentil-grænseværdi på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ samt WHO's percentil-retningslinje på $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for døgnmiddel PM_{10} . Antallet af overskridelserne vises i Tabel 15, og det fremgår, at såvel EUs grænseværdi som WHO's retningslinje for antallet af døgn med forhøjede niveauer af PM_{10} blev overholdt på alle tre målelokationer i 2024.

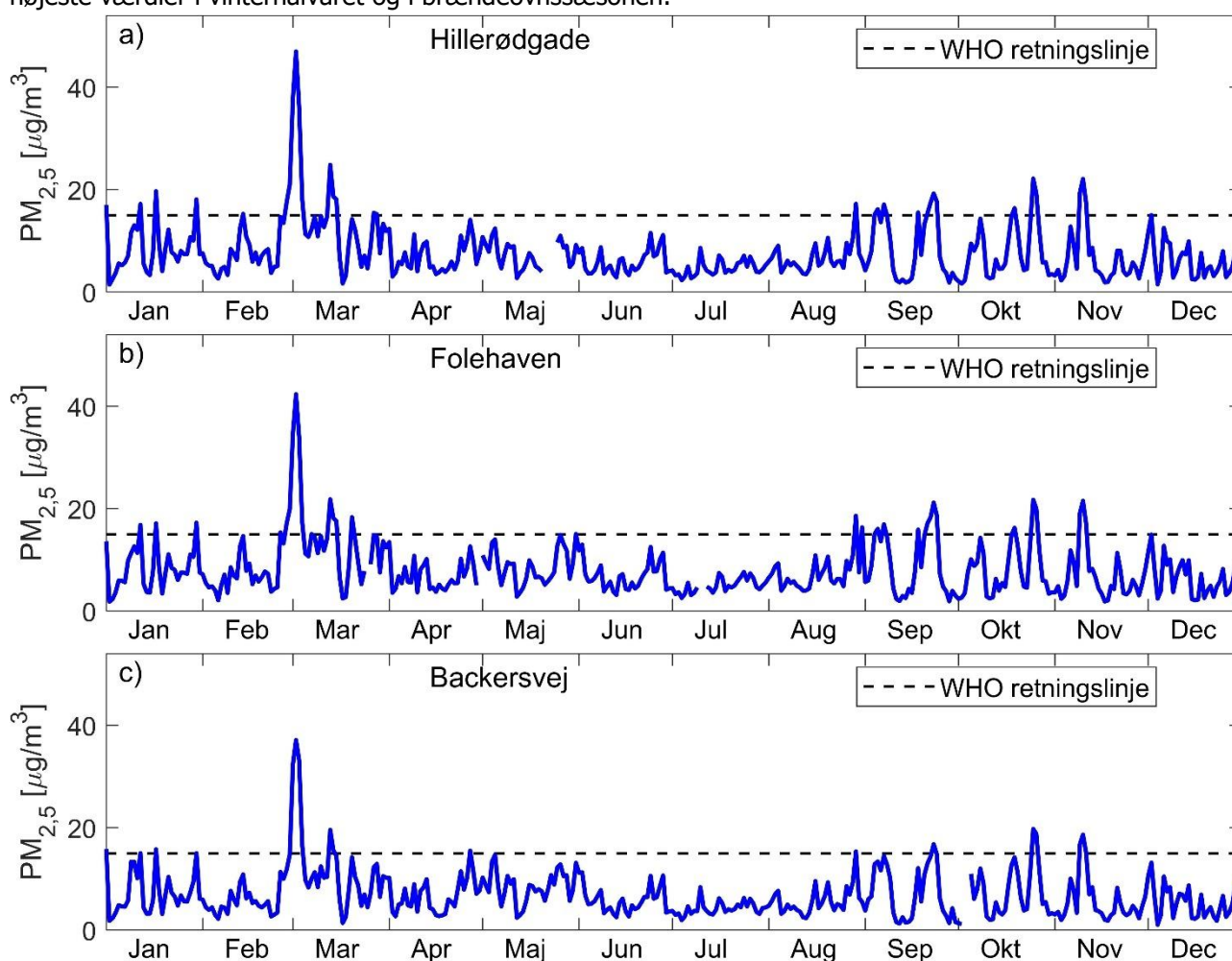


Figur 3. Tidsserier for døgnmiddel PM_{10} i 2024. EU's grænseværdi på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (rød stiplede linje) bør maksimalt overskrides for ca. 35 døgn i løbet af et år. WHO's retningslinje på $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (sort stiplede linje) anbefales højst overskredet 3-4 døgn på et kalenderår.

Tabel 15. PM₁₀: Antal tilladte samt overskredne døgnmiddel percentilværdier i 2024. EU's grænseværdi samt WHO's retningslinje for tilhørende percentil blev ikke overskredet på nogen af målestationerne.

PM ₁₀		EU's grænseværdi (50 µg/m ³ , døgnmiddelværdi)	WHO's retningslinje (45 µg/m ³ , døgnmiddelværdi)	Andel af dage med overskridelser af WHO's vejledende grænseværdi udover det tilladte
Antal tilladte værdier over grænseværdi		35	3-4	
Antal overskredne værdier	Hillerødgade	1	2	0%
	Folehaven	1	1	0%
	Backersvej	0	1	0%

I Figur 4 præsenteres tidsserierne for døgnmiddel PM_{2,5} i 2024. Der kan observeres en høj korrelation mellem de 3 tidsserier, hvilket afspejler at langtransport af PM_{2,5} ofte er dominerende i forhold til lokale kilder. I Figur 4 er WHO's retningslinje for døgnmiddel PM_{2,5} på 15 µg/m³ inkluderet til sammenligning. Det niveau anbefales højst overskredet 3-4 gange årligt. Det kan ses af Figur 4, at niveauet på 15 µg/m³ blev overskredet et betydeligt antal gange på alle målestationerne i 2024. Overskridelserne forekom hyppigst og med de højeste værdier i vinterhalvåret og i brændeovnsæsonen.



Figur 4. Døgnmiddelværdier for PM_{2,5}. Den vandrette stiplede linje indikerer WHO's retningslinje for PM_{2,5} døgnmiddel, hvilken anbefales overskredet højst 3-4 døgn årligt. Antallet af overskridelser af retningslinjen er vist i Tabel 16. Gab i tidsserierne skyldes vedligeholdelse eller reparation af måleinstrumenter.

WHO's retningslinje for døgnmiddel $PM_{2,5}$ på $15 \mu g/m^3$ er en 99-percentil. Det niveau anbefales dermed højst overskredet 3-4 gange per år. De faktisk udregnede 99-percentiler for døgnmiddel $PM_{2,5}$ er præsenteret i den nederste del af Tabel 11. Værdierne for 99-percentilen varierer fra 20 til $23 \mu g/m^3$, hvilket er noget over WHO's anbefaling. Det kan af Tabel 16 ses, at døgnmiddel for $PM_{2,5}$ i løbet af 2024 overskred niveauet på $15 \mu g/m^3$ i 18 til 32 døgn på de forskellige målestationer. Det skal dog bemærkes, at hvis den nævnte lavere korrektionsfaktor anvendes til $PM_{2,5}$ end den, der er anvendt i Figur 4, så sker antallet af overskridelser af WHO's retningslinje for døgnmiddelværdier kun i 7 til 12 døgn i 2024, hvoraf 3-4 døgn med forhøjede værdier altså kan accepteres i løbet af et kalenderår.

Det kan opsummeres, at EU's grænseværdi for årsmiddel $PM_{2,5}$ blev overholdt i 2024. Hvad angår WHO's retningslinjer, så er det både nødvendigt at reducere årsmiddel $PM_{2,5}$ samt omfanget af døgn, hvor forhøjede niveauer af $PM_{2,5}$ forekommer (større end $15 \mu g/m^3$). Der kan dog siden 2021 konstateres en nedadgående trend for såvel årsmiddel $PM_{2,5}$ som omfanget af perioder med stærkt forhøjede niveauer af $PM_{2,5}$ på målestationerne. I tillæg, så står det klart, at hvis en lavere korrektionsfaktor end hidtil anvendt giver bedst mening fremadrettet, så er mere beskedne reduktioner påkrævet for at WHO's retningslinjer overholdes.

Tabel 16. $PM_{2,5}$: Antal af døgn med forhøjede døgnmiddelværdier over $15 \mu g/m^3$ på de enkelte målestationer i 2024. WHO's retningslinje for 99-percentilen på højst $15 \mu g/m^3$ overskrides i 18 til 32 døgn. Det svarer til overskridelser for 4 – 8% af årets døgn udover de maksimalt anbefalede 3-4 døgn på et år. Hvis en lavere korrektionsfaktor anvendes for $PM_{2,5}$ overskrides retningslinjen 7-12 døgn i løbet af året, som vist med tal i parentes. EU har ikke en grænseværdi relateret til døgnmiddel for $PM_{2,5}$.

$PM_{2,5}$		EU's grænseværdi	WHO's retningslinje ($15 \mu g/m^3$, døgnmiddel)	Andel af døgn med overskridelser af WHO's vejledende grænseværdi
Antal tilladte værdier over grænseværdi		Ikke fastsat	3-4	
Antal overskredne værdier	Hillerødgade	-	32 (12)	8%
	Folehaven	-	32 (12)	8%
	Backersvej	-	18 (7)	4%

4.3 Partikelantal, PN¹⁷

Årsmiddel af partikelantalskoncentrationer er præsenteret i Tabel 17 for årene 2020 til 2024. Igen skal det pointeres, at en direkte sammenligning mellem 2020 og andre år ikke er mulig, da målingerne kun dækker de sidste 3-4 måneder af 2020. I 2024 observeredes årsmiddelværdier på ca. 5600 #/cm³, 7100 #/cm³, og 6700 #/cm³ for hhv. Hillerødgade, Folehaven og Backersvej. De højeste årsmiddelkoncentrationer observeredes på Folehaven for årene 2020, 2021, 2023 og 2024, hvilket indikerer at emissioner fra lokal vejgående trafik har spillet en rolle i den sammenhæng.

Tabel 17. Årsgennemsnit for PN for 2020 til 2024. Måleperioden i 2020 dækker kun det sidste kvartal. Det målte partikelantal gælder for partikler i størrelsesområdet 7-1000 nm.

PN	Krügersgade	Søtorvet	Hillerødgade	Folehaven	Backersvej
	antal/cm ³				
2020	5400	5600	6300	7400	5300
2021	6200	6400	7000	7600	5600
2022	7100	6300	6800	6000	7000
2023	5600	5900	6300	7100	6200
2024			5600	7100	6700

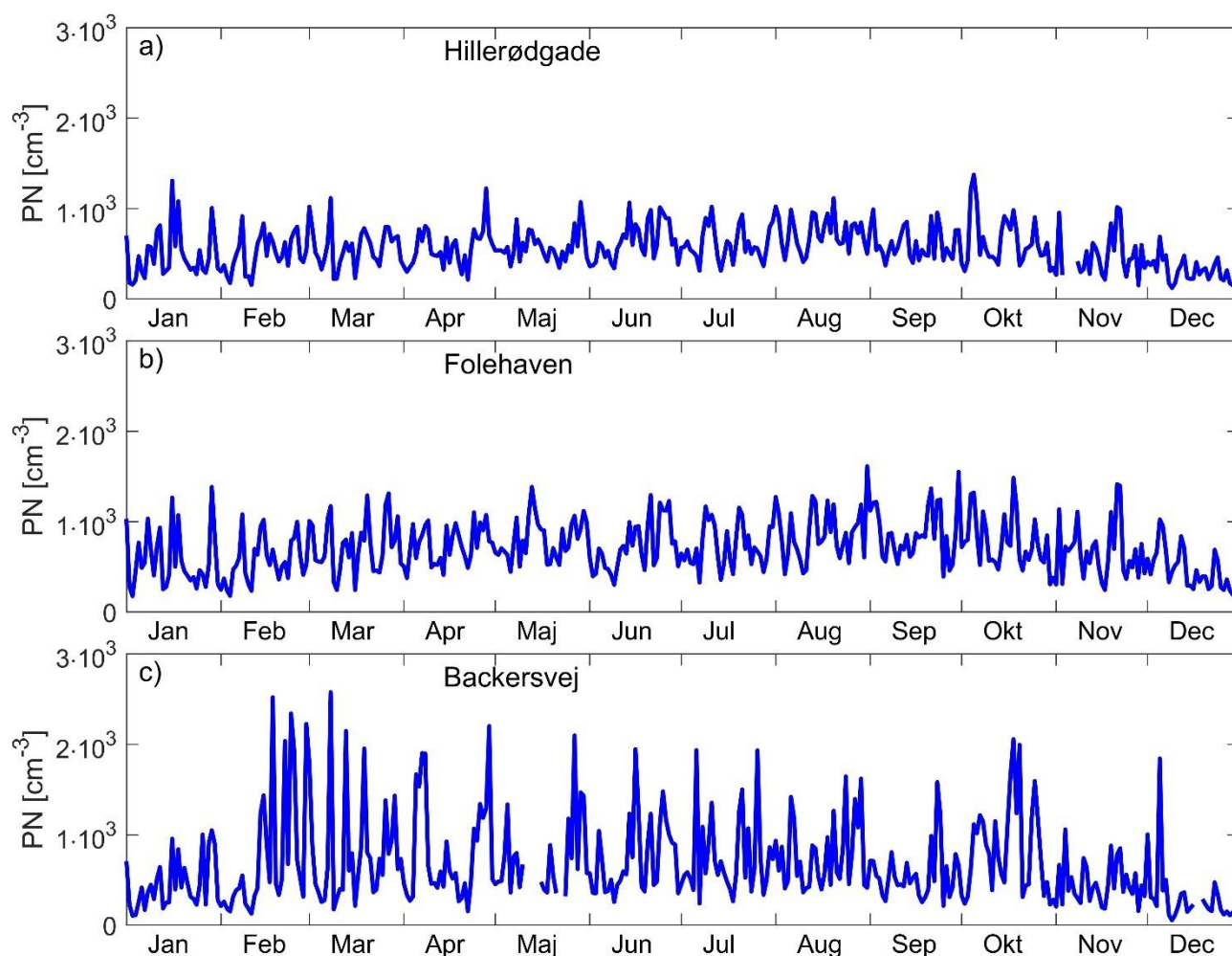
Tidsserierne for de målte døgnmiddel partikelantalskoncentrationer i 2024 kan ses i Figur 5. Der forekommer en betydelig korrelation mellem tidsserierne målt på Hillerødgade og Folehaven, mens billedet er et andet på Backersvej. På Backersvej observeredes de højeste døgnmiddelværdier af PN i 2024 blandt de tre målestationer. Disse forhøjede PN-koncentrationer er hovedsageligt koblet til perioder med vindretninger nær sydsyd-øst når luftmasserne har passeret Københavns lufthavn, som er beliggende i relativ kort afstand (ca. 3,5 km) syd-sydøst for målestationen på Backersvej. Dette viser sig i form af forhøjede timemiddelværdier (tidsserien for timemiddel PN kan ses i Figur 15 i bilag C). En mere detaljeret analyse af sammenhænge mellem vindretning og forhøjede niveauer af PN blev præsenteret i afrapporteringen for 2023¹⁸. For Backersvej tegner der sig kvalitativt et billede for 2024 som svarer til det, der blev præsenteret for 2023 mht. koblingen mellem forhøjede niveauer af PN og vindretninger fra sydsydøst.

Der findes ikke grænseværdier eller klare retningslinjer for acceptable niveauer af PN. WHO beskriver dog, at døgnmiddelværdier overstigende 10.000 cm⁻³ kan betragtes som høje¹⁹. I Tabel 18 er antallet af døgnmiddelværdier for PN overstigende 10.000 cm⁻³ opgjort til at være fra 16 til 70 i løbet af 2024 for de tre målestationer. Det højeste antal af forhøjede døgnmiddelværdier af PN blev i 2024 fundet på Backersvej (70), mens 63 og 16 blev observeret på hhv. Folehaven og Hillerødgade.

¹⁷ Ikke omfattet af akkreditering 51.

¹⁸ FORCE Technology: Overvågning af Luftkvalitet i Københavns Kommune, årlig afrapportering for 2023.

¹⁹ WHO: WHO global air quality guidelines, 2021.



Figur 5. Døgnmiddelværdier for partikelantalskoncentrationer (PN). PN kan betragtes som indikator for koncentrationen af ultrafine partikler (UFP). Gab i tidsserierne skyldes vedligeholdelse eller reparation af måleinstrumenter.

Tabel 18. Døgn med forhøjede middelværdier af partikelantalskoncentration (PN) for 2024 samt antallet for måledøgn på de enkelte målelokationer.

Parameter	Enhed	Hillerødsgade	Folehaven	Backersvej
PN	Antal døgnmiddelværdier overstigende 10000 cm ⁻³	16	63	70
PN	Antal måledøgn	362	366	357
Andel	Døgn m. forhøjet PN	4%	17%	20%

4.4 Black Carbon, BC²⁰

Koncentrationen af Black Carbon kan betragtes som et mål for sodpartikler. Black Carbon måles på Folehaven og Backersvej, men er ikke omfattet af målingerne på Hillerødgade. Den andel af Black Carbon, som kan tilskrives emissioner fra forbrænding af fossile brændsler (herunder fra trafikken), benævnes BC_{FF}. Den andel af Black Carbon, der kan tilskrives afbrænding af biomasse benævnes BC_{WB}. I Tabel 19 præsenteres årsmiddelværdier for BC, BC_{FF} og BC_{WB}. Årsmiddel for BC er større på Folehaven (0,71 µg/m³) end på Backersvej (0,42 µg/m³). Denne forskel kan hovedsageligt tilskrives bidraget af BC fra trafikken, da årsmiddel for BC_{FF} antog værdien 0,47 µg/m³ på Folehaven og 0,24 µg/m³ på Backersvej. Niveauet for årsmiddel BC_{WB} var mere sammenlignelige mellem Folehaven (0,24 µg/m³) og Backersvej (0,18 µg/m³). Det forekommer altså sandsynligt, at forskellen i BC mellem de to målestationer i høj grad kan tilskrives forskelle i lokale BC-emissioner fra vejgående trafik, der forventeligt spiller en relativt større rolle på Folehaven, som er væsentligt mere trafikeret end Backersvej. Disse årsmiddelkoncentrationer for de forskellige BC-parametre er næsten identiske med værdierne observeret i 2023²¹.

Tabel 19. Årsmiddelværdier i 2024 for BC samt den andel af BC, der estimeres relateret til afbrænding af hhv. biomasse (BC_{WB}) og fossile brændsler (BC_{FF}). BC er kun omfattet af målingerne på Folehaven og Backersvej.

Parameter	Periode	Folehaven	Backersvej
		µg/m ³	
BC	Målt årsmiddelværdi	0,71	0,42
BC _{WB}	Målt årsmiddelværdi	0,24	0,18
BC _{FF}	Målt årsmiddelværdi	0,47	0,24

I Tabel 20 præsenteres årsmiddel for BC for perioden 2020 til 2024. Der forekommer fra 2021 til 2023 en reduktion i årsmiddel BC både på Folehaven og på Backersvej, mens denne tendens ikke fortsætter fra 2023 til 2024, hvor der observeres næsten identiske koncentrationer for de to kalenderår.

Tabel 20. Årsgennemsnit for BC målt på Folehaven og Backersvej fra 2020 til 2024. Bemærk, at måleperioden i 2020 kun dækker de sidste 3 - 4 måneder, hvilket gør en direkte sammenligning vanskelig. Årsgennemsnittet for Folehaven i 2022 er baseret på modelresultater for 4. kvartal og målinger resten af 2022.

BC	Krügersgade	Søtorvet	Hillerødgade	Folehaven	Backersvej
	µg/m ³				
2020	-	-	-	1,4	0,7
2021	-	-	-	1,1	0,5
2022	-	-	-	0,9	0,5
2023	-	-	-	0,7	0,4
2024	-	-	-	0,7	0,4

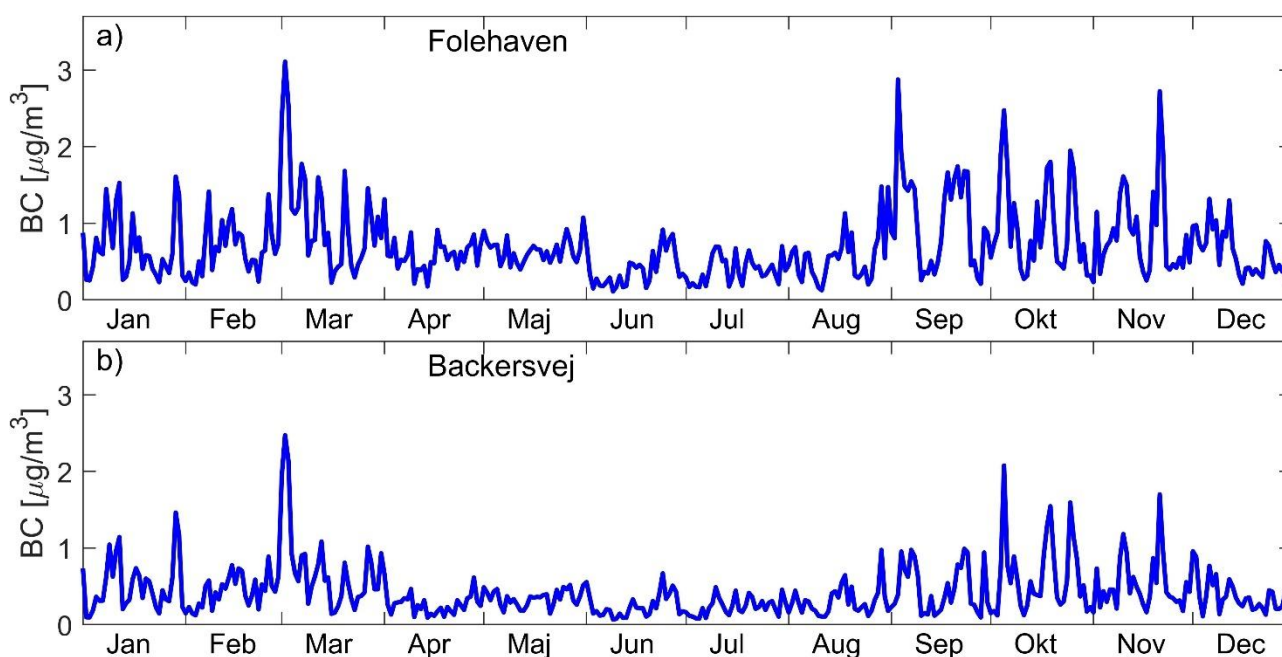
Der blev i efteråret 2023 gennemført udvidede miljøzoner bl.a. til at omfatte hele Københavns og Frederiksberg kommuner. Med dette tiltag forventes det, at ældre dieslbiler i 2024 har monteret partikelfiltre ved kørsel i miljøzonen. Så det er bemærkelsesværdigt, at der hverken blev observeret en nedgang i BC eller

²⁰ Ikke omfattet af akkreditering 51.

²¹ FORCE Technology: Overvågning af Luftkvalitet i Københavns Kommune, årlig afrapportering for 2023.

BC_{FF} på Folehaven for 2024 relativt til 2023. En mere detaljeret analyse af udvalgte BC-målingerne fra Folehaven præsenteres i afsnit 5.3.

I Figur 6 præsenteres tidsserierne for døgnmiddel BC i 2024. Kvartalsmiddel for BC, BC_{FF} og BC_{WB} præsenteres i Tabel 21. Det kan af Figur 6 ses, at der er en betydelig korrelation mellem BC målt på Folehaven og Backersvej. Det er der formentlig flere årsager til. Når langtransport af BC til København er markant, vil BC samtidig være forhøjet på begge målestationer. Gennemgående må de meteorologiske forhold forventes at påvirke koncentrationen af BC. Ydermere må de lokale/regionale emissioner fra brændeovne forventes at være højest i kolde perioder, hvilket bør påvirke niveauet af BC på begge målestationer. Det kan også ses af Figur 6, at de forhøjede døgnmiddelværdier for BC forekommer i vinterhalvåret og brændeovnsæsonen på begge målestationer.

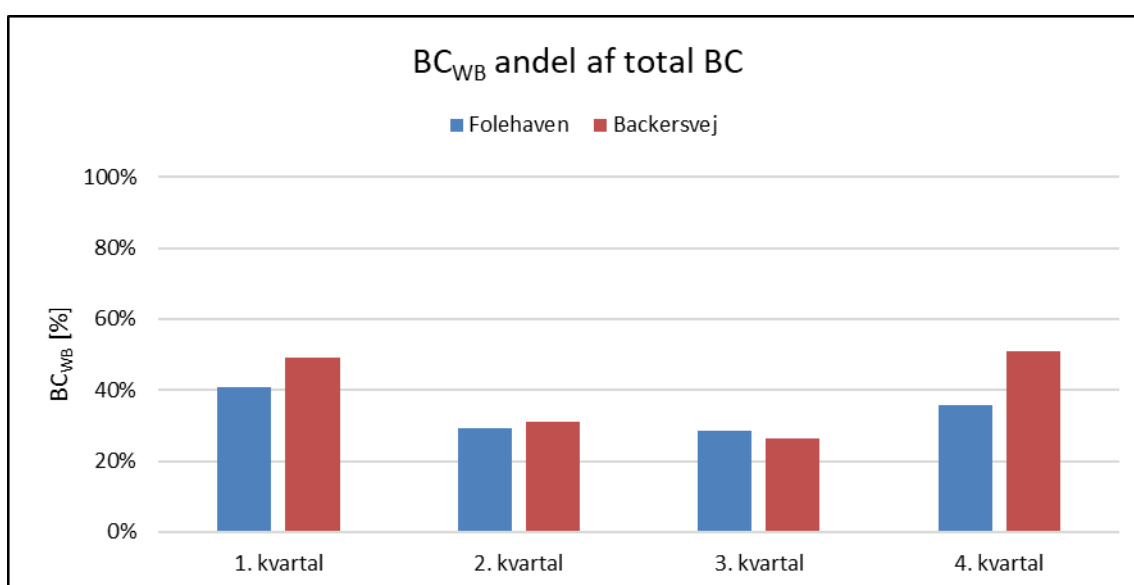


Figur 6. Døgnmiddelværdier for Black Carbon (BC) på Folehaven og Backersvej i 2024.

BC fra brændeovne forventes i særlig grad at bidrage til BC_{WB}. Det må derfor forventes, at de lokale emissioner fra brændeovne typisk vil være højst når temperaturerne er lave i løbet af vinterhalvåret. Dette understøttes af kvartalsgennemsnittene i Tabel 21, hvor der ses en markant årstidsvariation i BC_{WB} med de højeste koncentrationer i vinterhalvåret på begge målestationer. Årstidsvariationen for BC_{WB} ses også tydeligt i den kvartalsvise andel af BC_{WB} i forhold til BC, hvilket er præsenteret i Figur 7. På Backersvej udgør BC_{WB} i fyringssæsonen i 1. og 4. kvartal omkring 50% af BC, mens betydeligt lavere forhold mellem BC_{WB} og BC blev observeret i sommerhalvåret.

Tabel 21. Gennemsnitlige koncentrationer af BC, BC_{WB} og BC_{FF} for kvartaler fra henholdsvis Folehaven og Backersvej i 2024.

	Folehaven			Backersvej		
	µg/m ³			µg/m ³		
2024	BC	BC _{WB}	BC _{FF}	BC	BC _{WB}	BC _{FF}
1. kvartal	0,81	0,33	0,48	0,57	0,28	0,28
2. kvartal	0,55	0,16	0,39	0,29	0,09	0,20
3. kvartal	0,67	0,19	0,48	0,34	0,09	0,24
4. kvartal	0,81	0,29	0,52	0,51	0,26	0,25



Figur 7. Kvartalsvis fordeling af forholdet mellem Black Carbon forbundet med afbrænding af biomasse (BC_{WB}) og total Black Carbon (BC), målt på Folehaven og Backersvej i 2024.

5 Variationer i luftkvalitet²²

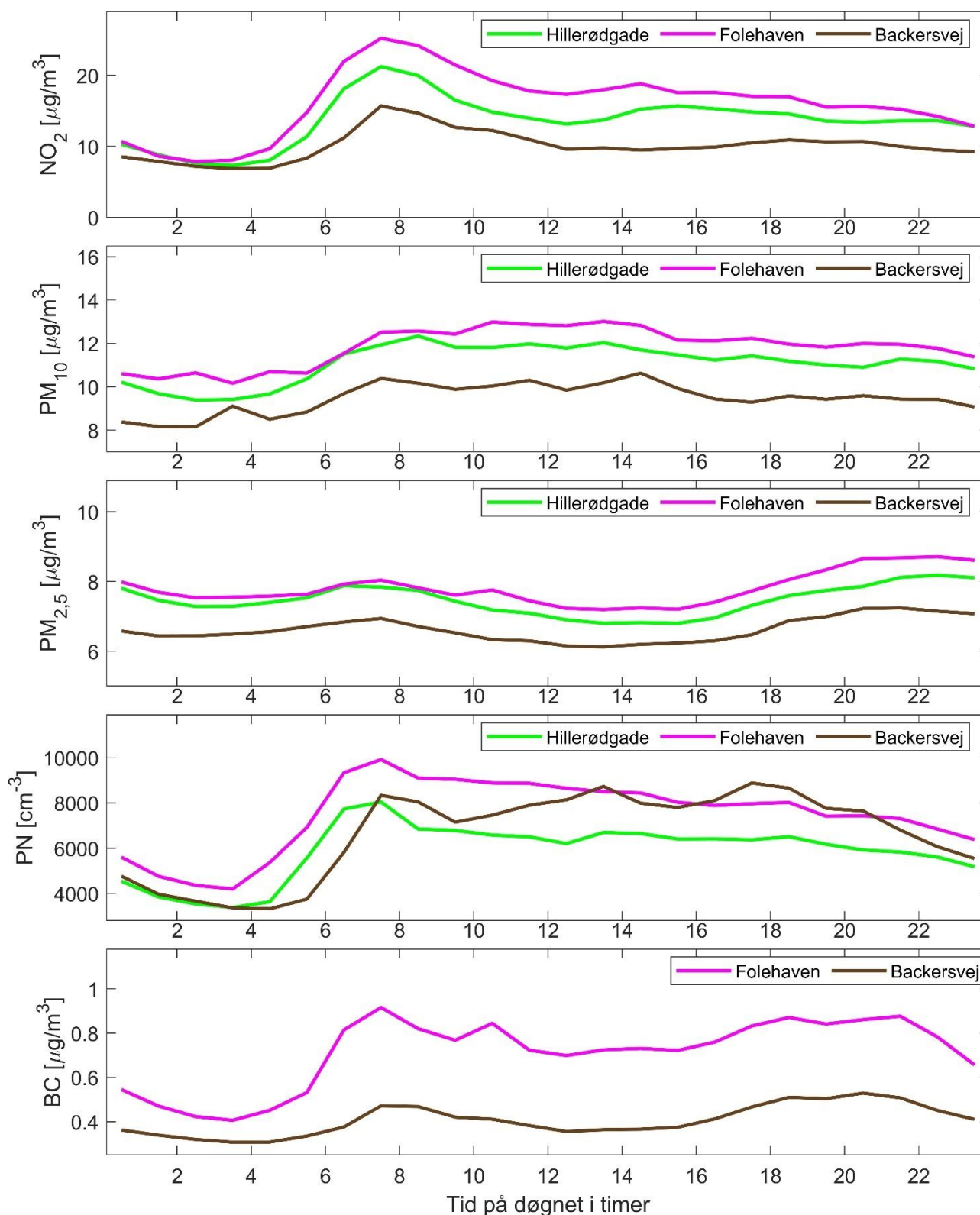
5.1 Luftkvaliteten på hverdage

I Figur 8 præsenteres timemiddelværdier for NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, PN og BC som gennemsnit for ugedagene mandag til og med fredag. Trafikintensiteten nær målestationerne forventes at være højest i morgenmyldretiden omkring kl. 7-9 og igen i eftermiddagsmyldretiden omkring kl. 15-18 på hverdage. Der kan observeres en forøgelse i koncentrationen for NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, PN og BC på alle tre målestationer omkring kl. 7 om morgenen på hverdage, hvilket indikerer at morgentrafikken bidrager til alle de præsenterede luftkvalitetsparametre.

For parametrene NO₂, PM₁₀, PM_{2,5} og BC observeres de højeste niveauer over gennemsnitlige hverdagsdøgn på Folehaven efterfulgt af Hillerødgade mens de laveste niveauer målt på Backersvej, hvilket igen indikerer at intensiteten af den lokale vejgående trafik påvirker de nævnte parametre. Billedet for PN er lidt anderledes med de højeste gennemsnitlige niveauer observeret på Backersvej omkring sen eftermiddag, hvilket sandsynligvis er koblet til bidrag ved sydsydøstlige vindretninger grundet emissioner fra lufthavnen.

Der ses ikke lige så tydelige forhøjede værdier omkring eftermiddagsmyldretrafikken, som der ses for morgenmyldretidstrafikken. Dette kan formentlig tilskrives to faktorer: (i) at eftermiddagsmyldretidstrafikken ofte er fordelt over et længere tidsrum end morgenmyldretidstrafikken, og (ii) dynamik omkring det atmosfæriske grænselag. Det atmosfæriske grænselag udgør typisk de nederste 50 til 3000 meter af atmosfæren. Grænselaget er karakteriseret ved turbulens og opblanding af luftmasserne – og intensiteten af turbulensen og højden af grænselaget øges med øget vindhastighed og typisk også med øget solindstråling. Derfor er grænselaget typisk højere om dagen i forhold til om natten, ligesom grænselaget typisk er højere om sommeren i forhold til om vinteren. Når det atmosfæriske grænselag er højt, så vil luftforurening udsendt nær jordoverfladen effektivt blive transporteret opad i grænselaget. Omvendt kan et lavt atmosfærisk grænselag medføre, at luftforurening udsendt nær jordoverfladen forbliver og opkoncentreres nær jordoverfladen. Med andre ord kan det forventes, at relativt højere koncentrationer af luftforurening i gennemsnit observeres om morgenen, når det atmosfæriske grænselag er relativt lavt. Omvendt bør et relativt højere grænselag midt på dagen og om eftermiddagen medføre relativt lavere luftforureningskoncentrationer, hvis det antages at emissionerne er sammenlignelige for morgener og eftermiddage. Koncentrationerne præsenteret i Figur 8 illustrerer dermed bl.a. de kombinerede effekter af (i) omfanget af lokale emissioner, og (ii) meteorologi og grænselagsdynamik/højden af det atmosfæriske grænselag.

²² Målinger af PN og BC samt vurderinger i dette afsnit er ikke omfattet af akkreditering 51.



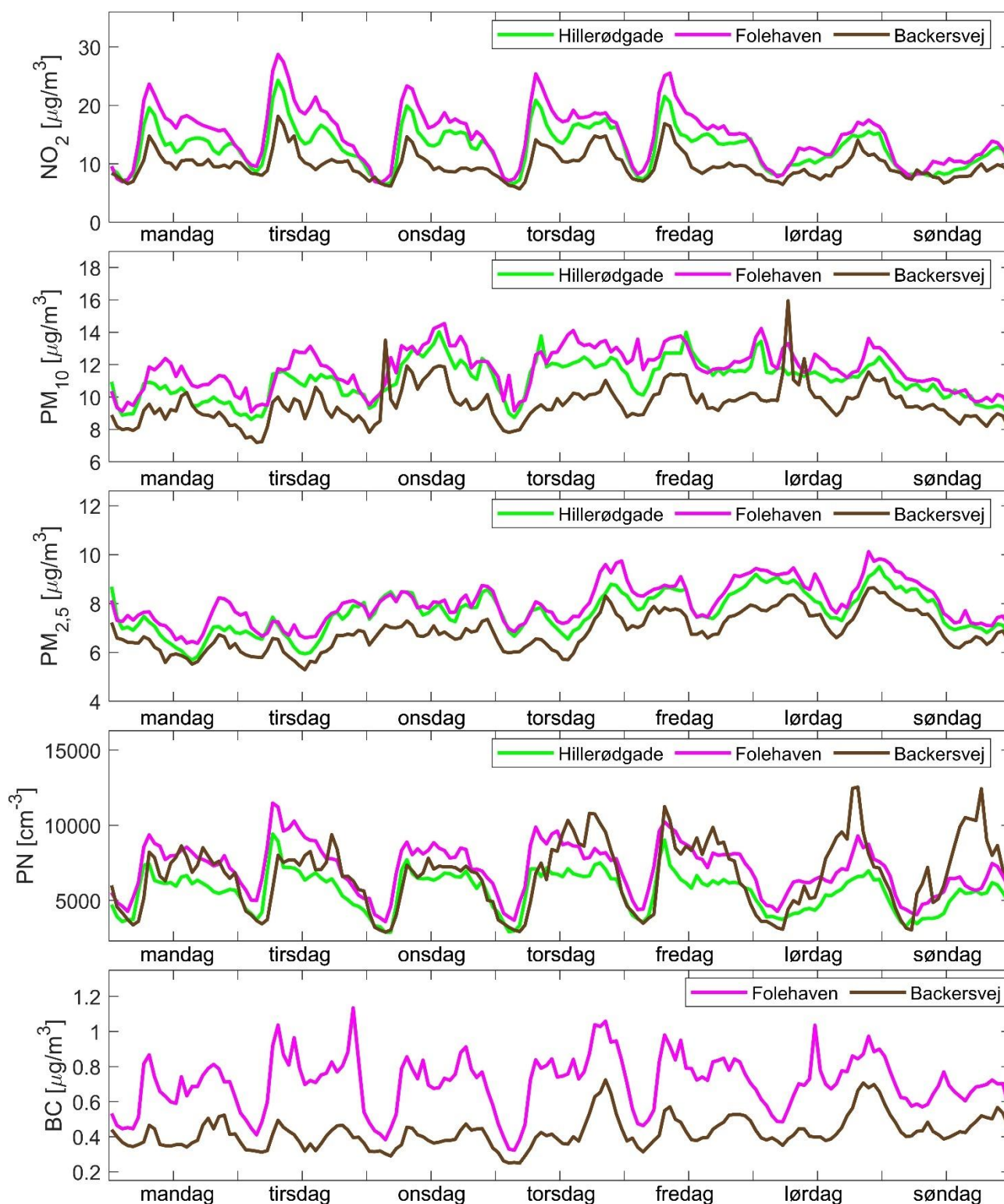
Figur 8. Gennemsnitlige timemiddelværdier for hhv. NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, PN og BC på dagene mandag til og med fredag i 2024. Værdier for fx timemiddel fra 07:00 til 08:00 i lokaltid er afbildet kl. 07:30.

5.2 Sammenstilling af døgnvariationer

I Figur 9 præsenteres gennemsnitskoncentrationer for hver af døgnets timer for NO_2 , PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$, PN og BC fordelt på ugedage i 2024. For NO_2 , BC og til dels PN ses ensartede mønstre med tydelige døgnvariationer samt væsentlige forskelle mellem hverdage og weekend. Desuden ses en rangordning indbyrdes mellem de tre målestationer, der indikerer en betydelig kobling til den lokale vejgående trafikintensitet. Gennemgående ses de højeste niveauer på Folehaven og de mindste niveauer på Backersvej for de ovennævnte parametre med undtagelse af PN. Afvigelsen for PN, der på Backersvej antog de højeste niveauer på eftermiddage lørdage og søndage skyldes formentlig betydelige bidrag af ultrafine partikler fra lufthavnen, der kan forøge koncentrationen af PN på Backersvej, når vinden kommer fra sydsydøstlige retninger.

For partikelmasse parametrene PM_{10} og $\text{PM}_{2,5}$ ses ikke umiddelbart et helt så klart gennemsnitligt ugentligt mønster i forhold til den forventede lokale trafikintensitet. Rangordningen med de højeste koncentrationer på Folehaven og de mindste på Backersvej indikerer dog et vist bidrag fra den lokale vejgående trafik. Det er velkendt, at de lokale kilder til $\text{PM}_{2,5}$ på gadeplan i København typisk er domineret af langtransport. Det forventes, at der kan være markante lokale bidrag til partikelmassen repræsenterende partikler med diameter større end $2,5 \mu\text{m}$ og mindre end $10 \mu\text{m}$. Det må dog også forventes at meteorologien markant kan påvirke de lokale kilder til de grove partikler ift. om vejbelægning og andre overflader er fugtige eller tørre. Ligeledes må nedbør, vindhastighed med videre forventes at være af betydning. Hvis man sammenholder kurverne for PM_{10} og $\text{PM}_{2,5}$ i Figur 8 og Figur 9, så fremstår der en tendens til at forskellen $\text{PM}_{10}-\text{PM}_{2,5}$ udviser et maksimum omkring tidlig eftermiddag, og det er formentlig på den tid af døgnnet, hvor forskellige faktorer kan medvirke til forhøjede niveauer af de grove partikler – set i gennemsnit hen over et kalenderår.

Kombinationen af forskellige kildeprocesser og den associerede betydning af meteorologi kan altså tænkes at påvirke den gennemsnitlige døgnlige variabilitet for fx PM_{10} .



Figur 9. Gennemsnitlige timemiddelværdier for hhv. NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, PN og BC fordelt på ugedage. Værdier for fx timemiddel fra 07:00 til 08:00 i lokaltid er afbildet kl. 07:30.

5.3 Lokale kilder til sodpartikler i miljøzone

Den 1. oktober 2023 trådte skærpede miljøzonekrav i kraft i alle landets Miljøzoner, herunder Københavns Kommunes Miljøzone. Med skærpelsen blev kravet om partikelfilter udvidet til ikke kun at gælde dieseldrevet tung transport, men også alle dieseldrevne personbiler. Det vil sige at dieseldrevne personbiler, varevogne, lastbiler og busser, der ikke efterlever EU's krav til Euronorm 5, bør have monteret partikelfilter for at mindske forureningen fra trafikken. Visse typer køretøjer er undtaget fra reglerne i miljøzoner, hvilket fx gælder veteranbiler, entreprenørmaskiner, traktorer, knallerter og scootere. Det burde dermed forventes, at de lokale emissioner af sodpartikler og dermed black carbon (BC) efterfølgende burde mindskes i København, særligt nær områder med stor intensitet af vejgående trafik. I afsnit 4.4 ovenfor er flere aspekter af black carbon målingerne udført på Folehaven og Backersvej præsenteret. Det kan opsummeres, at BC-koncentrationen aftog betydeligt fra år til år i perioden 2021-2023 særligt på Folehaven, mens niveauerne for 2023 og 2024 var næsten identiske. Modsat forventningen blev en fortsat aftagende BC-koncentration dermed ikke observeret fra 2023 til 2024. I dette afsnit fokuseres på udvalgte målinger i høj tidsopløsning af black carbon på Folehaven, hvilke kan give indsigt i betydningen af helt lokale BC-kilder nær målestationen efter introduktionen af de skærpede krav ift. mindskede emissioner fra køretøjer.

I Figur 10 vises BC i højeste tidsopløsning (1 sekund) målt på Folehaven for døgnet onsdag d. 22/5-2024. Det er de samme måledata som de fire figurpaneler i Figur 10 er baseret på. Det skal bemærkes at BC-målingerne i højeste tidsopløsning er forbundet med betydelig støj, særligt når koncentrationen af BC er lav, så almindeligvis bør måledata midles over længere tidsperioder på fx 1 time for at mindske betydningen af støj. Der er dog en hel del relevant information i de viste BC-måledata i høj tidsopløsning.

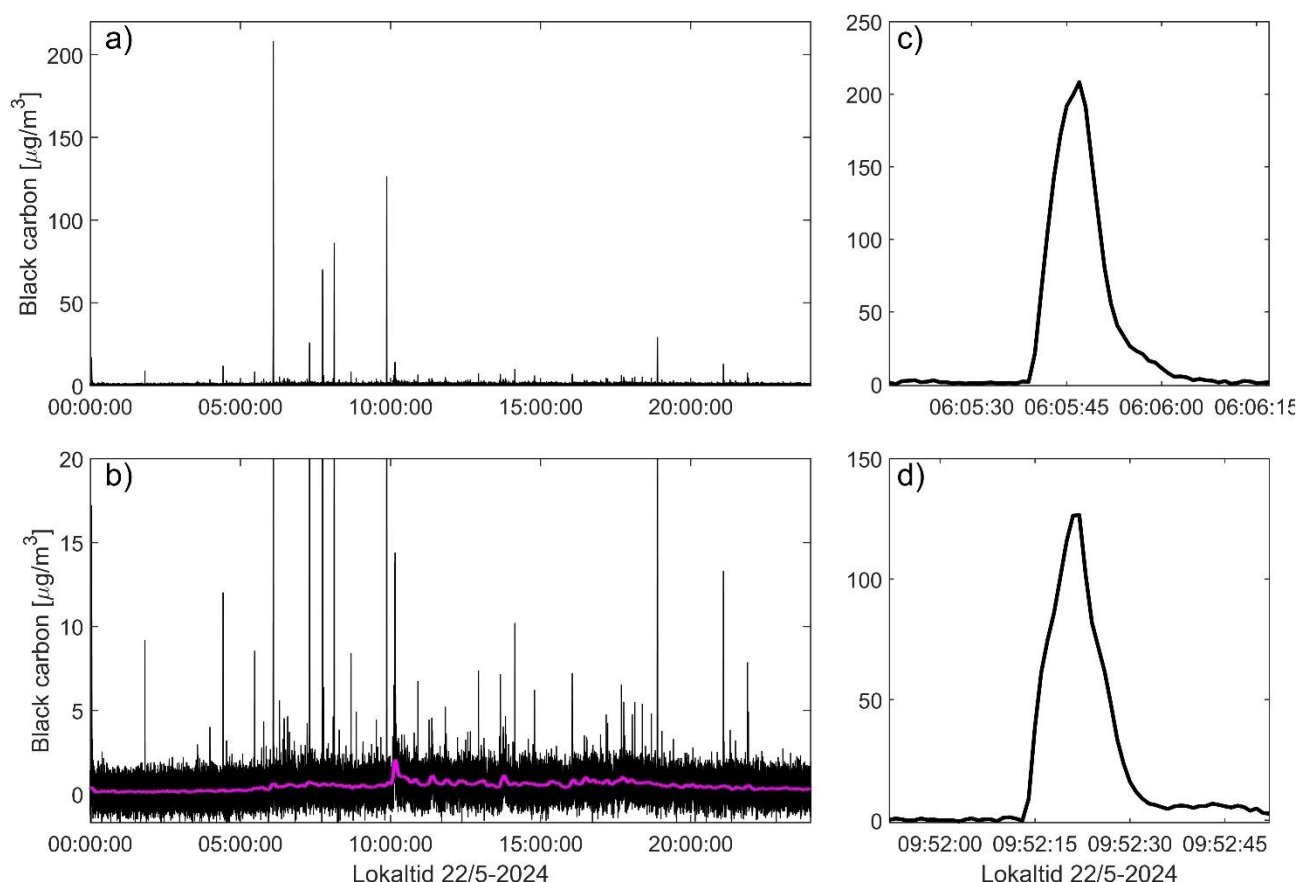
I Figur 10 a) kan det ses at koncentrationen af BC kortvarigt kan antage høje koncentrationer overstigende $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Af Figur 10 b) kan det ses, at den typiske koncentration af BC oftest var af størrelsesordenen $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ det pågældende døgn. I henholdsvis Figur 10 c) og d) zoomes ind på de to tidsperioder hvor BC-koncentrationen kortvarigt var højest med niveauer overstigende henholdsvis 200 og $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Det kan af Figur 10 c) og d) ses at de stærkt forhøjede koncentrationer af BC kunne observeres med en varighed på ca. 20-30 sekunder. Vi har tidligere via feltobservationer ved målestationen på Backersvej i 2022 kunnet identificere lignende kortvarige markante forhøjelser af BC, som kunne kobles direkte til enkelte passerende køretøjer. Vi anser det derfor som meget sandsynligt, at de tydelige kortvarige spidser i BC-koncentrationen i Figur 10 skyldes emissioner fra passerende køretøjer.

Der blev udført trafiktællinger ved målestationen på Folehaven onsdag d. 10. maj 2023, og tælledata er tilgængelige på Københavns Kommunes hjemmeside²³. I de vestgående vejbaner nærmest målestationen passerende mellem 900 og 1900 motorkøretøjer i timen i tidsrummet kl. 07-19. I de østgående vejbaner, beliggende med lidt større afstand til målestationen, blev der i samme tidsrum talt mellem 900 og 1500 passerende motorkøretøjer i timen. Antallet af cykler og knallerter blev opgjort i samme kategori til op mod ca. 200 passager per time i hver køreretning, så det fremgår ikke særskilt af tallene hvor mange knallerter, der blev talt. Hvis man sammenholder de potentielt tilsvarende høje antal motorkøretøjer passerende målestationen onsdag d. 22/5-2024, så kan det konstateres, at det var en ganske lille brøkdel af de passerende køretøjer, der gav anledning til BC-niveauer betydeligt over baggrundsniveauet (se fx antallet af BC-toppe overstigende $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i Figur 10 b)). De kortvarige toppe af BC kan antages at repræsentere bidraget fra de helt lokale vejgående motorkøretøjer. Dette bidrag kan estimeres ved at betragte forskellen mellem BC-rådata og den løbende median afbildet i Figur 10 b)). Den anvendte metode er beskrevet og testet i en specieleafhandling²⁴. For d. 22/5-2024 målt en døgnmiddelværdi for BC på $0,58 \mu\text{g}/\text{m}^3$, hvoraf det via ovennævnte

²³ Data fra trafiktællinger kan findes via hjemmesiden: <https://kbhkort.kk.dk>

²⁴ N.F. Christiansen: Kvantificering af indflydelse fra gadeplansemissioner på luftkvalitetsmålinger i København, DTU, 2024.

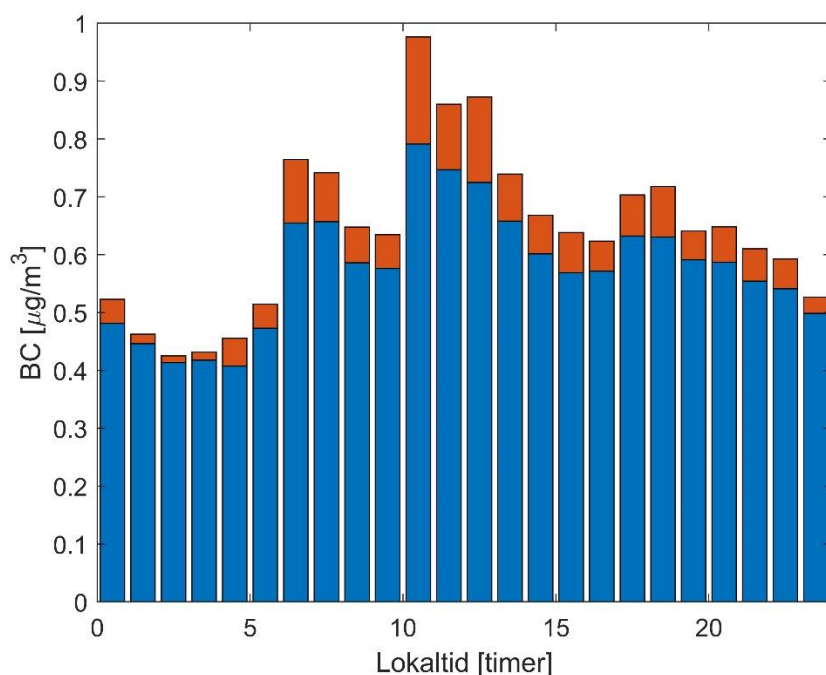
metode estimeres, at ca. $0,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kunne tilskrives BC-emissioner fra enkelte køretøjer med en særligt høj udledning, som passerer målestationen lokalt på Folehaven.



Figur 10. Tidsserie af black carbon (BC) i 1-sekunds tidsopløsning målt på Folehaven for udvalgt døgn (22/5-2024) afbildet som sort kurve. Det er de samme BC-måledata, der vises i de fire figurpaneler a)-d). I a) og b) vises tidsserien for hele døgnet med forskellige niveauer på y-aksen hvorved forskellige detaljer tydeliggøres. I b) vises med lilla farve en løbende median-kurve over ± 5 minutter for BC. I c) og d) zoomes ind på kortere tidsperioder hvor henholdsvis den højeste og næsthøjeste koncentration af BC målt i løbet af det pågældende døgn.

Billedet med kortvarige toppe i BC-rådata fra Folehaven er konsistent for perioder inden såvel som efter indførsel af udvidede miljøzoner i København. Det er dog ikke alle døgn, hvor maksimumsværdien for BC kortvarigt overstiger et niveau på $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I Figur 11 vises de gennemsnitlige timemiddelværdier for BC for maj måned 2024 på Folehaven, hvor de gennemsnitlige estimerede bidrag fra helt lokale BC-emissioner også er inkluderet. Det kan af Figur 11 ses, at estimatet for BC relateret til helt lokale emissioner potentielt kan udgøre 10-15% af BC baseret på et månedsgennemsnit for dagtimerne i sommerhalvåret. Billedet præsenteret ovenfor i Figur 10 ses meget konsistent – at en væsentlig del af de lokale emissioner af BC kan tilskrives en ganske lille andel af de forbigående motorkøretøjer. Hvis man kunne målrette en indsats mod at reducere BC-emissioner fra de få promiller af motorkøretøjerne, der udleder betydelige mængder af BC, så vil det umiddelbart medføre mindskede koncentrationer af BC særligt i dagtimerne på gadeplan.

Det er ud fra de tilgængelige data ikke muligt at afgøre, i hvilket omfang de helt lokale BC-emissioner kan tilskrives (i) motorkøretøjer, der ikke er omfattet af reglerne for miljøzoner, (ii) motorkøretøjer der ikke lever op til kravene for miljøzoner, eller (iii) motorkøretøjer med monterede partikelfiltre, som ikke fungerer optimalt. Det må forventes, at borgere potentielt kan opleve den største eksponering for BC udledt fra motorkøretøjer, hvis man gennem længere tid færdes i trafikken bag et af de få køretøjer med høje emissioner af BC.



Figur 11. Gennemsnitlige timemiddelværdier for black carbon (BC) på Folehaven for perioden 1.-31. maj, 2024. Højden af en søjle repræsenterer den gennemsnitlige timemiddelværdi for BC, mens den røde andel indikerer det gennemsnitlige estimerede bidrag fra helt lokale BC-emissioner.

Bilag A Målemetoder

NO_x (NO og NO₂)

NO₂-koncentrationen bestemmes med en kemiluminiscens monitor (CLD) med indbygget konverter (NO₂ til NO). Måleværdien for NO₂ er differencen mellem de målte værdier for NO_x og NO. Denne målemetode er referencemetoden til luftkvalitetsmålinger af NO_x og NO, der anvendes til bestemmelse af NO₂.

Målområde: 0 – 1000 ppb (parts per billion) .

Reference: EN 14211

Partikulær masse (svævestøv), PM_{2,5} og PM₁₀

PM_{2,5} og PM₁₀ angiver massen af partikler, der har en aerodynamisk diameter, som er mindre end henholdsvis 2,5 µm og 10 µm. I dette måleprogram anvendes en optisk målemetode, hvor partikler eksponeres for laserlys i instrumentets målekammer. Når lyset rammer partiklerne i gasstrømmen, spredes lyset, og et sæt af detektorer måler intensiteten af lysspredningen. Intensiteten af det reflekterede lys er proportional med størrelsen på partiklerne, og antallet af lyspulser er en funktion af koncentrationen af partikler og flowet af gassen. På den måde kan lysspredningen omregnes til koncentration af partikler som funktion af både antal og størrelse. I udregningen til partikelmasse indgår nogle antagelser omkring de optiske egenskaber og massefylden for de målte partikler. Disse gennemsnitlige partikelegenskaber kan forventes at være forskellige i miljøer, hvor forskellige partikeltyper dominerer. Derfor er det almindeligt at sammenligne de optisk målte partikelmasser med en referencemetode. Derved kan der bestemmes en korrektionsfaktor til de optiske målinger således, at der opnås god overensstemmelse i forhold til referencemetoden. Den optiske måler er ved forskellige lejligheder blevet sammenlignet med referencemetoden efter EN12341.

Der har for perioden frem til 8. december, 2023 i et vist omfang været nogle utilsigtede målebegrænsninger for forhøjede niveauer af PM₁₀ under visse forhold. Dette har for dele af måleperioden frem til ovennævnte dato medført, at de målte koncentrationer af PM₁₀ kan have været for lave. En mere detaljeret analyse af disse forhold samt efterkorrektioner præsenteres nedenfor i Bilag D.

Særlige bemærkninger vedr. korrektionsfaktorer for den optiske målemetode

Indledningsvist har der på de fem målestationer i Københavns Kommune været anvendt en korrektionsfaktor (K) på 0,91 til PM_{2,5} og PM₁₀ data. Fra juni til august 2022 blev der på HC Andersens Boulevard (HCAB) gennemført sammenlignende målinger i et samarbejde mellem FORCE Technology og Nationalt Center for Miljø og Energi (DCE), Aarhus Universitet. Der blev opnået 62 datapunkter for PM_{2,5}, mens sammenligningen for PM₁₀ ikke vurderes retvisende grundet daværende målebegrænsninger for instrumentet EDM180 mht. PM₁₀. For perioden januar til april 2024 blev tilsvarende parallelmålinger udført på Jagtvej i samarbejde med DCE. I sidstnævnte sammenhæng blev opnået ca. 85 døgnmiddelværdier til sammenligning med referencemetoden for både PM_{2,5} og PM₁₀. Korrektionsfaktoren bestemt fra målingerne af PM₁₀ på Jagtvej anvendes for alle præsenterede PM₁₀ målinger.

Ud fra de udførte sammenlignende målinger er de udledte korrektionsfaktorer (K) som følger:

- **For PM_{2,5}:** K_{PM2,5} er bestemt til 0,99 med en usikkerhed på ± 4.0% på 95% konfidensniveau baseret på 62 målepunkter fra HCAB. *Korrektionsfaktoren på 0,99 for PM_{2,5} er anvendt i alle tabeller og*

figurer omhandlende $PM_{2,5}$ i denne rapport. Denne korrektionsfaktor bør medføre det bedst mulige sammenligningsgrundlag til målinger i det nationale måleprogram frem til 2023.

- **For $PM_{2,5}$, alternativ:** $K_{PM_{2,5}}$ blev på Jagtvej i 2024 bestemt til 0,81 baseret på 86 målepunkter. Det vurderes at den lavere korrektionsfaktor bestemt i 2024 relativt til 2022 i et vist omfang kan tilskrives, at DCE i 2023 skiftede filtertype til referencemetodemålingerne i det nationale måleprogram, hvilket kan forventes at medføre lavere koncentrationer af $PM_{2,5}$ efter filterskiftet²⁵. *Korrektionsfaktoren på 0,81 for $PM_{2,5}$ er i udvalgte tabeller anvendt i denne rapport.*
- **For PM_{10} :** $K_{PM_{10}}$ er bestemt til 1,11 baseret på 85 målepunkter fra Jagtvej. *Korrektionsfaktoren på 1,11 for PM_{10} er anvendt i alle tabeller og figurer omhandlende PM_{10} i denne rapport.*

Partikelantal, PN

Der anvendes en Condensation Particle Counter (CPC) til at måle partikelantalskoncentrationer i den omgivende luft. Prøvegassen ledes gennem et kammer med mættede butanoldampe. Efterfølgende afkøles gassen i en kondensator, så den partikelholdige prøvegas overmættes med butanol. Dette får butanolen til at kondensere på partiklerne, så de vokser sig store nok til, at de kan detekteres optisk. En CPC kan måle partikler større end en bestemt cut-off størrelse, som bl.a. er en funktion af den overmætning, der opnås i kondensatorafsnittet for en given CPC. Målingerne af PN er ikke omfattet af akkreditering 51.

Måleområde (partikelstørrelse): 7 - 1000 nm

Måleområde (partikelantal): op til 10^7 antal/cm³

Black Carbon, BC

En kendt gasstrøm passerer gennem et aethalometer, hvori partiklerne deponeres på et filter. En lyskilde med tilførende sensorer måler, hvor meget lyset ved en række specifikke bølgelængder dæmpes over filteret. Lysdæmpningen er proportional med koncentrationen af lysabsorberende stof i den opsamlede luftstrøm. Ud fra den målte lysdæmpning foretages en beregning af den gennemsnitlige koncentration af absorberende partikler i gasstrømmen. Målingerne af BC er ikke omfattet af akkreditering 51.

Resultaterne fra den multispektrale analyse kan anvendes til estimering af partikulært Black Carbon fra henholdsvis fossile kilder (BC_{FF}) og afbrænding af biomasse (BC_{WB}).

Måleområde: 0 – 100 µg/m³

²⁵ DCE: Status for måling af luftkvalitet i 2023. Teknisk rapport nr. 320, 2024.

Bilag B Datakvalitet og datafangst

Nedenstående tabeller viser datafangst, dvs. hvor stor en andel af valide data, der er opnået ved måling i perioden jf. kravene i Luftkvalitetsdirektivet EN 2008/50/EF samt opgavens udbudsmateriale.

Tabel 22. Hillerødgade. Datafangst for perioden.

Parameter	Datafangst		Minumumskrav til datafangst
	Timeværdier	Døgnværdier	
PM ₁₀	99%	99%	90%
PM _{2,5}	99%	99%	90%
BC	-	-	75%
PN	99%	99%	75%
NO ₂	99%	100%	90%

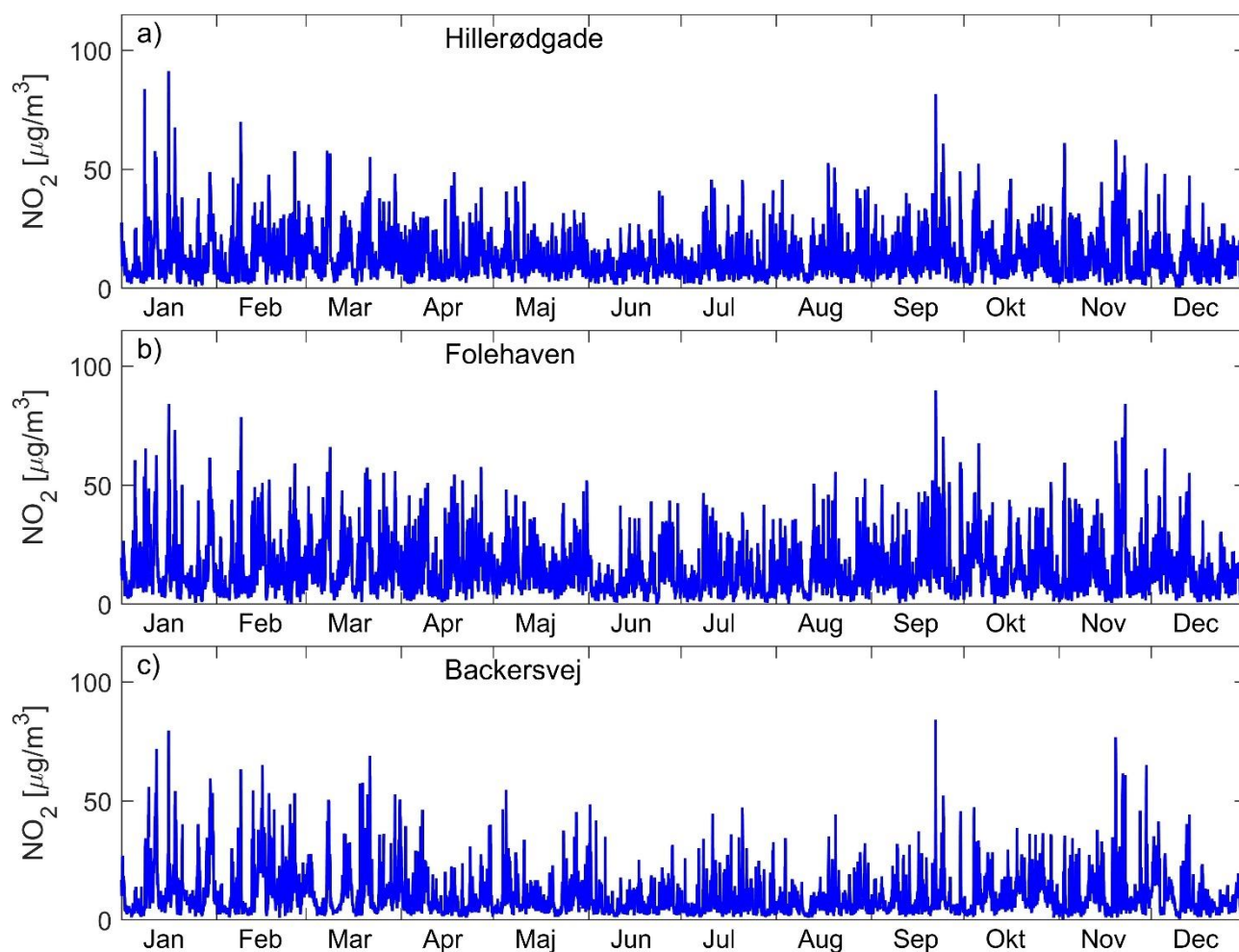
Tabel 23. Folehaven. Datafangst for perioden.

Parameter	Datafangst		Minumumskrav til datafangst
	Timeværdier	Døgnværdier	
PM ₁₀	99%	99%	90%
PM _{2,5}	99%	99%	90%
BC	100%	100%	75%
PN	100%	100%	75%
NO ₂	99%	100%	90%

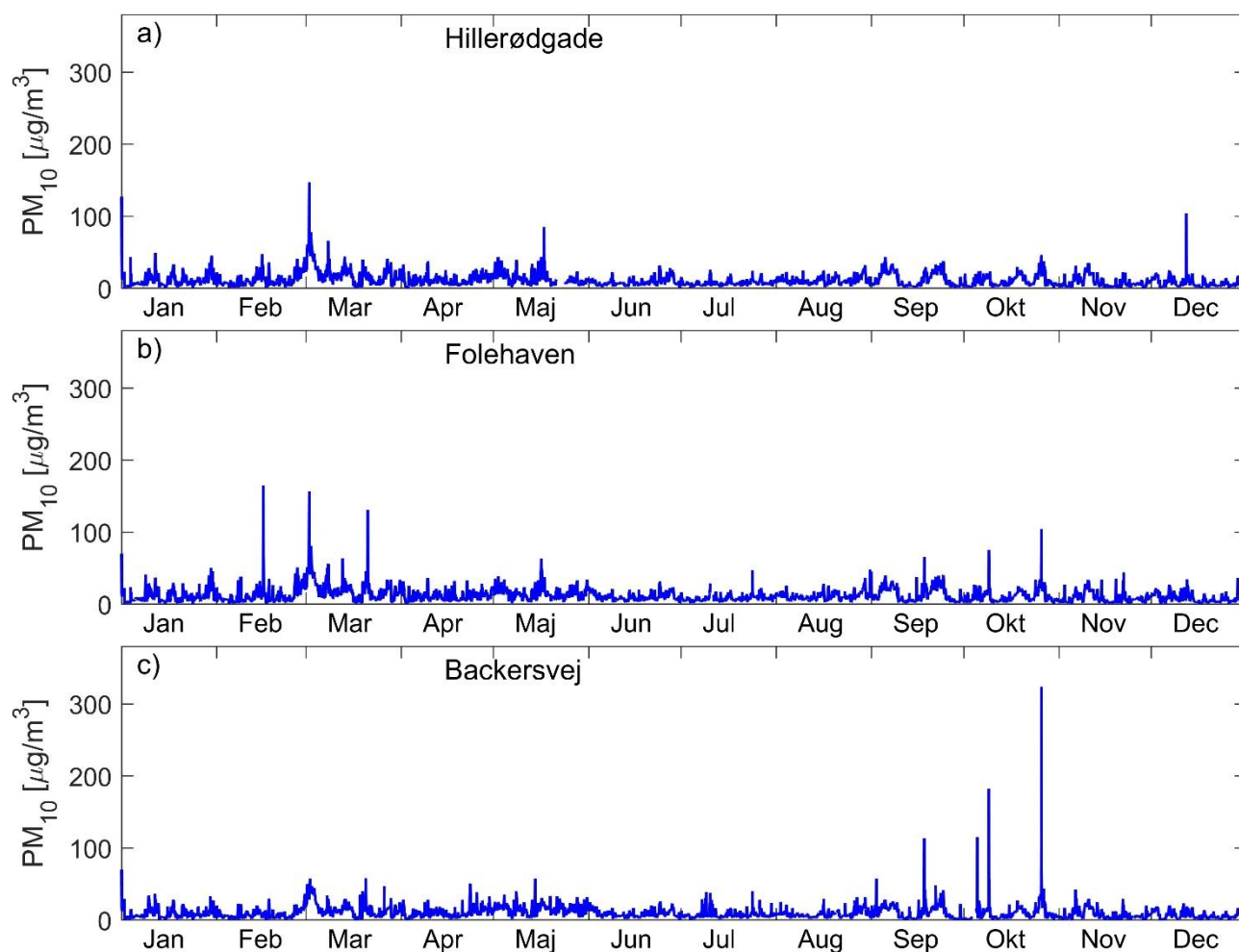
Tabel 24. Backersvej. Datafangst for perioden.

Parameter	Datafangst		Minumumskrav til datafangst
	Timeværdier	Døgnværdier	
PM ₁₀	99%	99%	90%
PM _{2,5}	99%	99%	90%
BC	100%	100%	75%
PN	98%	98%	75%
NO ₂	99%	100%	90%

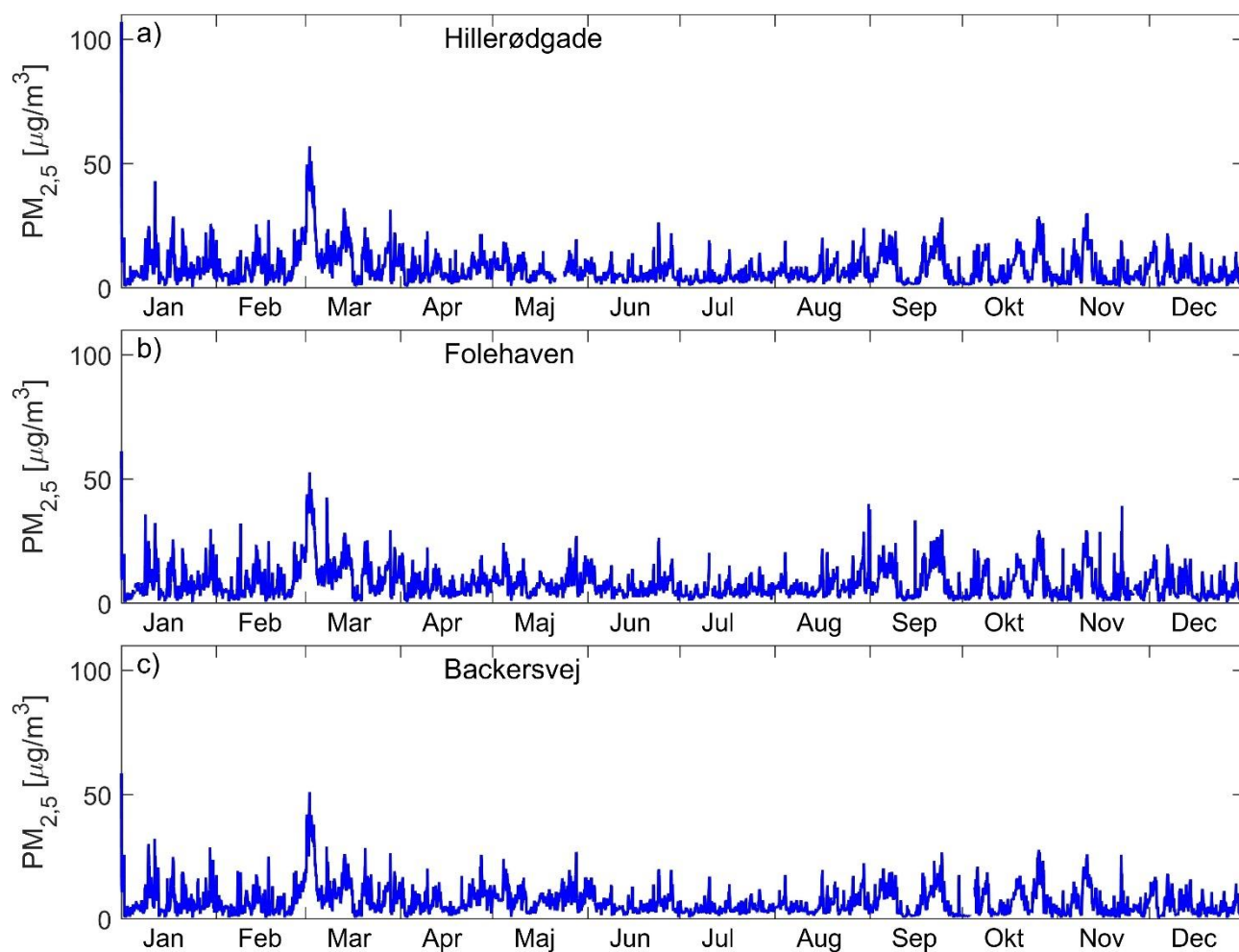
Bilag C Timemiddelværdier for NO₂, PM₁₀, PM_{2,5}, PN og BC



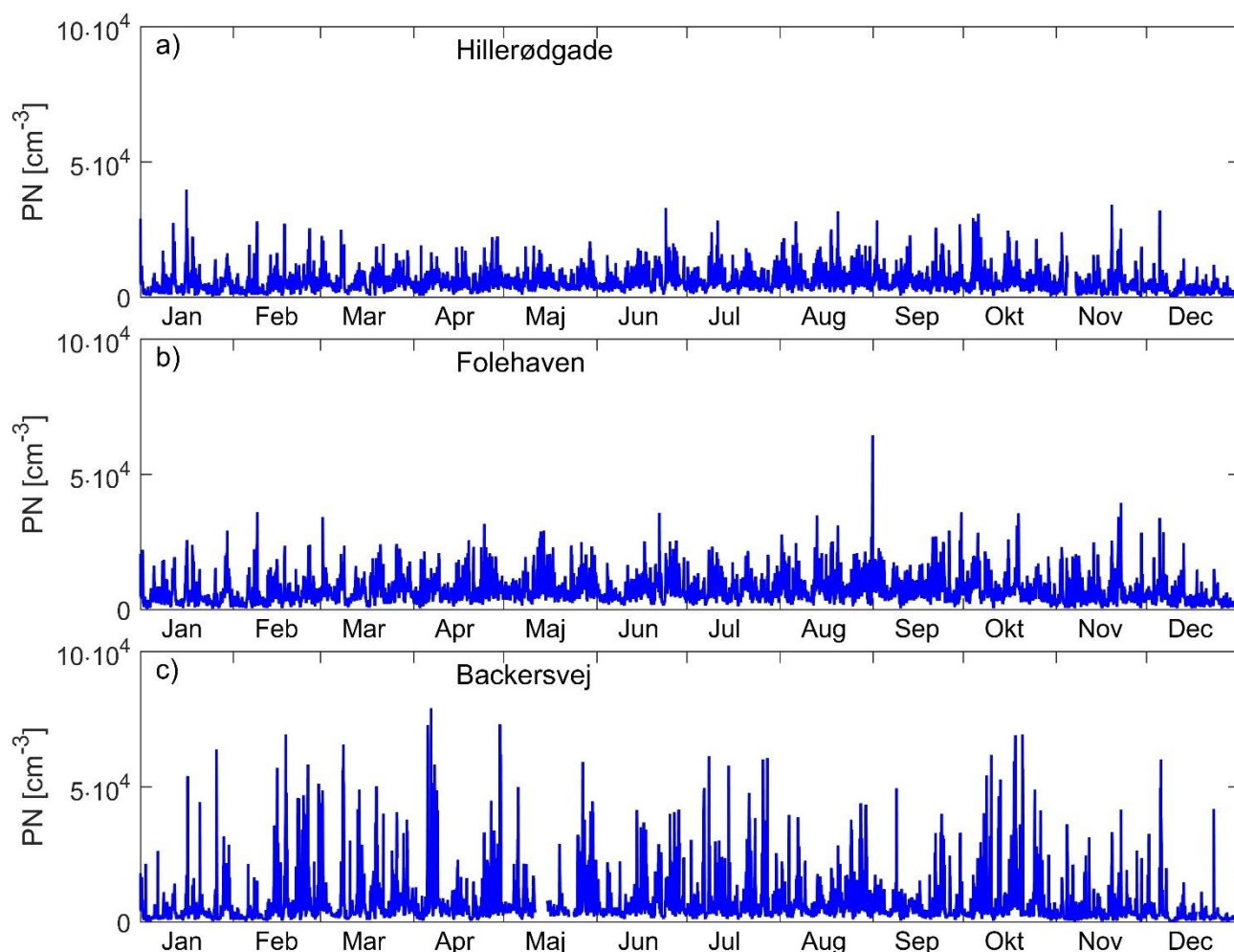
Figur 12. Timemiddelværdier for NO₂. EU's grænseværdi for timemiddel NO₂ er på 200 µg/m³, hvilket ikke kan ses i figuren, da højest målte timemiddel var på 91 µg/m³ i løbet af 2024. Gab i tidsserierne skyldes kalibrering, vedligeholdelse eller reparation af måleinstrumenter.



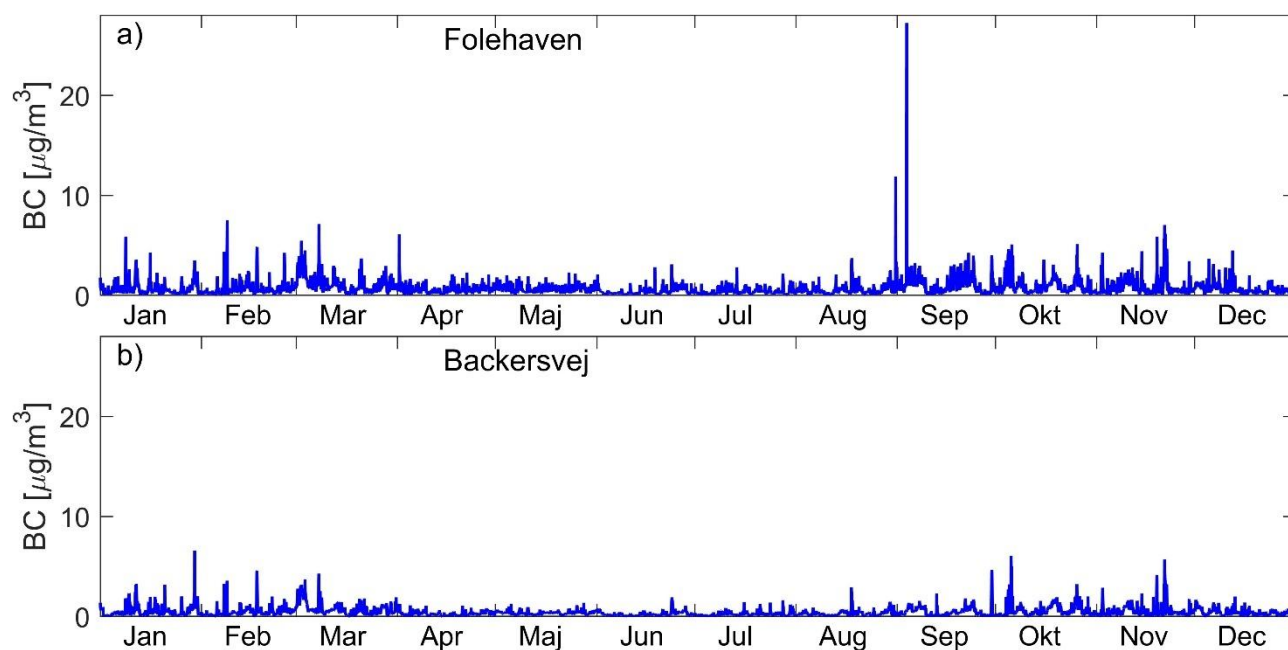
Figur 13. Timemiddelværdier for PM₁₀. Gab i tidsserierne skyldes kalibrering, vedligeholdelse eller reparation af måleinstrumenter.



Figur 14. Timemiddelværdier for PM_{2,5}. Gab i tidsserierne skyldes kalibrering, vedligeholdelse eller reparation af måleinstrumenter.



Figur 15. Timemiddelværdier for partikelantalskoncentrationer (PN). PN kan betragtes som indikator for koncentrationen af ultrafine partikler (UFP). Gab i tidsserierne skyldes vedligeholdelse eller reparation af måleinstrumenter. Målingerne af PN er ikke omfattet af akkreditering.

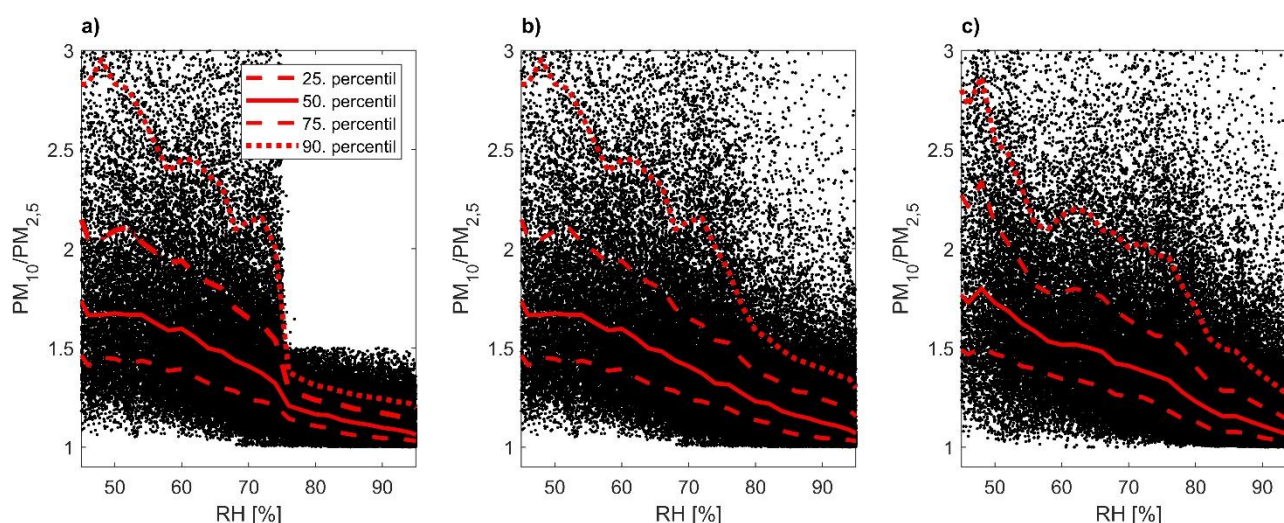


Figur 16. Timemiddelværdier for Black Carbon (BC). Målingerne af BC er ikke omfattet af akkreditering.

Bilag D Efterkorrektion af PM₁₀ for perioden 2020-2023

I denne sektion beskrives det tidligere forekommende problem mht. målinger af PM₁₀ samt hvorledes data er blevet efterkorrigeret for perioden frem til d. 8/12-2023. I foråret 2023 blev problemet med målinger af PM₁₀ identificeret. Problemet viste sig ved høje relative fugtigheder i udeluften (RH). Måleinstrumentet GRIMM EDM180) anvendte ved målingen af PM₁₀ en data-algoritme, der ikke tillod forholdet PM₁₀/PM_{2,5} at overstige 1,5, når den relative luftfugtighed (RH) oversteg 75%. Så hvis en enkeltstående samtidig måling af PM₁₀/PM_{2,5} ved RH>75% medførte en værdi overstigende 1,5, så blev PM₁₀ nedjusteret til et niveau således at PM₁₀/PM_{2,5}=1,5 i måledata. Denne korrektion blev af instrumentet automatisk udført for hver måleperiode á seks sekunders varighed. Måledata af PM₁₀ og PM_{2,5} blev på målestationerne logget som 5-minutters gennemsnitsværdier. Vi vil gerne takke Thomas Ellermann fra DCE for at have bidraget til, at problemet med måleinstrumentet blev identificeret.

I dette afsnit vises udvalgte data fra Folehaven, hvor de højeste spidsværdier for PM₁₀ blev målt. Problemet er af samme grund mest udtalt på Folehaven, idet loftet for PM₁₀/PM_{2,5} her blev oftest ramt. Værdier af PM₁₀/PM_{2,5} mod RH på 5-minutters-basis er afbildet i Figur 17. Rådata fra det meste af 2023 vises i a), mens korrektion for PM₁₀/PM_{2,5}-loft er udført på samme datasæt afbildet i b). I Figur 17 c) vises rådata fra Folehaven i 2024 til sammenligning²⁶. Det kan af Figur 17 a) tydeligt ses, at der forekom et loft for PM₁₀/PM_{2,5} på 1,5 når RH oversteg 75%. De løbende percentilværdier udviser i alle tre delfigurer en aftagende tendens med stigende RH, da PM₁₀ og PM₁₀/PM_{2,5} typisk er højest i dagtimerne og i tørre perioder. Der ses dog i Figur 17 a) et tydeligt og 'kunstigt' fald i 75- og 90-percentilværdierne, når RH overskrider 75%. Dette kunstige fænomen optræder ikke, når data er blevet efterkorrigeret (Figur 17 b) og efter instrumentet er blevet omstillet (Figur 17 c). Nedenfor redegøres for, hvorledes efterkorrektionen af PM₁₀/PM_{2,5} og følgelig PM₁₀ er blevet udført.

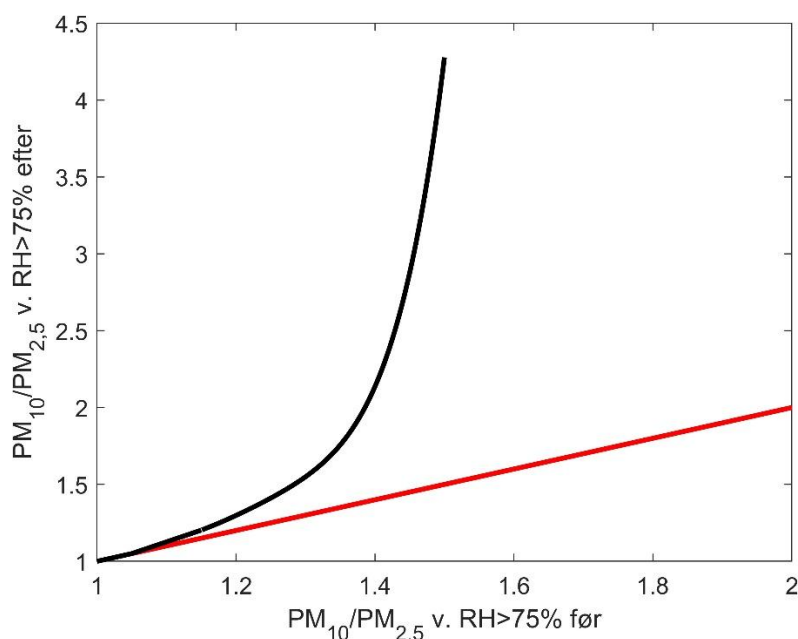


Figur 17. Målinger fra Folehaven med 5-minutters værdier for PM₁₀/PM_{2,5} mod RH vist som sorte punkter. I a) vises rådata for perioden fra 1/1 til 8/12, 2023. I b) vises data fra samme periode som i a) – men med efterkorrigeret af PM₁₀ udført for RH>75%. I c) vises rådata fra kalenderåret 2024 på Folehaven. De røde linjer repræsenterer percentilværdier for PM₁₀/PM_{2,5} beregnet for RH-intervaller på 2%.

²⁶ Ved omstilling af måleinstrumentets software blev den automatiske korrektion af målte værdier af PM₁₀ ved RH>75% (når PM₁₀/PM_{2,5}-værdier samtidig var over 1,5) fjernet d. 8. december 2023, og der er derfor ikke behov for tilsvarende efterkorrektion efter denne dato.

Efterkorrektionen af de relativt høje værdier af $PM_{10}/PM_{2,5}$, når RH oversteg 75% for perioden frem til 8/12-2023, er blevet foretaget ud fra rent statistiske betragtninger med udgangspunkt i løbende percentiler af $PM_{10}/PM_{2,5}$ mod RH, som afbildet i Figur 17. Det er blevet antaget, at den statistiske fordeling af $PM_{10}/PM_{2,5}$ -værdier og dermed percentilværdier burde være (næsten) identiske for RH umiddelbart under henholdsvis umiddelbart over 75%. Som det også fremgår af Figur 17 c holder denne antagelse tilnærmelsesvist for måleperioderne efter instrumenterne blev omstillet, med en tendens mod ganske lidt aftagende percentilværdier ved en lille forøgelse i RH. Vi forventer derfor, at korrektionen i Figur 17 b medfører en lille overestimering af PM_{10} koncentrationen, da der i den sammenhæng antages en konstant distribution over et spænd på 2-3% RH omkring $RH=75\%$.

Funktionen, der blev anvendt til at korrigere $PM_{10}/PM_{2,5}$ for $RH>75\%$ på Folehaven i det meste af 2023 er vist i Figur 18. Når $PM_{10}/PM_{2,5}$ oversteg 1,15 for $RH>75\%$, så udførtes en gradvist forøget korrektion mod forøget $PM_{10}/PM_{2,5}$. Den faktor, hvormed $PM_{10}/PM_{2,5}$ blev forøget, blev efterfølgende anvendt til at opjustere den tilsvarende PM_{10} -værdi med. Funktionen til korrektion vist i Figur 18 er empirisk bestemt ud fra måledata fra Folehaven i den del af 2023, hvor instrument-problemet kunne forekomme. Tilsvarende og meget ensartede korrektionsfunktioner blev bestemt for hvert kalenderår for hver målestation.



Figur 18. Korrektionsfunktionen anvendt for $PM_{10}/PM_{2,5}$ data med $RH>75\%$ på Folehaven for perioden 1/1-8/12-2023 er vist som sort kurve. Når fx rå-værdier ('før') for $PM_{10}/PM_{2,5}$ var 1,5 blev de efterfølgende opjusteret til ca. 4, hvorved PM_{10} ca. blev opjusteret med en faktor 2,7. Den røde linje svarer til ingen korrektion og er medtaget som reference.

Enhver måling af PM_{10} er forbundet med en måleusikkerhed – og den usikkerhed forøges i sagens natur, når der som i dette tilfælde anvendes en empirisk bestemt efterkorrektion. Usikkerheden vil i særlig grad forøges, hvis forholdet $PM_{10}/PM_{2,5}$ har været nær 1,5 med $RH > 75\%$ gennem det meste af en time. I dette tilfælde vil den efterkorrigerede timemiddelværdi for PM_{10} være forbundet med en betydeligt forøget usikkerhed. Det vurderes dog, at usikkerheden for længere tidsperioder og fx årsmiddel kun er forøget i beskedent omfang.

Den valgte tilgang medfører at et forholdsvist stort antal datapunkter opjusteres lidt mht. PM_{10} , og det er sandsynligvis ikke i alle tilfælde, at det fysisk har været relevant med en sådan efterkorrektion. Det vurderes dog at korrektionerne i samlet gennemsnit medfører en meningsfuld statistisk fordeling af PM_{10} data efterfølgende.

Tilgangen i denne kontekst har været at stille imod en beskeden overkorrektion af PM_{10} med relevans for en årsmiddelværdi. Antagelsen om uændrede percentilværdier med forøget RH nær 75% vurderes at medføre en beskeden overkorrektion af de beregnede årsgennemsnit, da senere retvisende måledata viser et gennemgående aftagende niveau i percentilværdier for fordelingen af $PM_{10}/PM_{2,5}$ – selv med beskedne forøgelse i RH nær 75%.

Bilag E Kontaktinformation

Om FORCE Technology

FORCE Technology er en selvejende organisation og GTS-Institut, der udbyder en bred vifte af uvildig service og rådgivning til myndigheder og industrivirksomheder. Opgaver vedrørende luftkvalitetsmålinger er forankret i Afdelingen for Clean Air Technologies.

Afdelingen for Clean Air Technologies beskæftiger sig med målinger af immissioner (luftkvalitet i udeluft), emissioner, spredningsberegninger, indeklima og lugt. Desuden er afdelingen udpeget som Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for måling af emissioner til luften. Afdelingen har mange års erfaring med opsætning og drift af monitorer til måling af luftkvalitet samt rådgivning og afrapportering af data.

Medarbejdere

Thomas Bjerring Kristensen, specialist og fagområdeansvarlig for luftkvalitet, ph.d. (Projektleder fra 1/1-2023)

Specialist i aerosolfysik og atmosfærekemi. Har stor ekspertise omkring aerosolpartikler gennem 15 års forskningsarbejde indenfor feltet. Thomas er desuden fagområdeansvarlig for afdelingens aktiviteter inden for luftkvalitet.

Frantz Bræstrup, specialist, ph.d. (Projektleder frem til 31/12-2022)

Ekspert i partikel- og gasmålinger fra stationære og mobile kilder. Har arbejdet med luftkvalitetsmålinger gennem mere end 10 år.

Marcus Levin, specialist, ph.d.

Specialist i nanopartikler. Har arbejdet med luftkvalitetsmålinger og luftforureningens skadelige virkninger gennem sit tidligere arbejde hos Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø.

Nanna Freja Christiansen, specialist, M.Sc.Eng

Miljøingeniør fra DTU med fokus på luftkvalitet og luftkvalitetsmålinger.

Karsten Fuglsang, seniorkonsulent og tidligere fagområdeansvarlig for luftkvalitet

Projektkoordinator og ansvarlig for udviklingen af teknologiske serviceydelser til luftkvalitet. Karsten Fuglsang gik på pension d. 1. aug. 2023, men har siden bidraget som timelønsbaseret seniorkonsulent.

Tommy Hansen, Tekniker

Erfaren tekniker inden for drift, kalibrering og service af målestationer og monitorer til luftkvalitet.

John Stenbring Nielsen, Maskinmester

Erfaren tekniker inden for drift, kalibrering og service af målestationer og monitorer til luftkvalitet.

Kontakt

Afdeling: Clean Air Technologies

Forfatter:

Thomas Bjerring Kristensen

Kvalitetssikring:

Marcus Levin

Karsten Fuglsang

Nanna Freja Christiansen

FORCE Technology

Park Allé 345

2605 Brøndby

Danmark