

Overvågning af luftkvalitet i Københavns Kommune

Årlige afrapportering for 2020 (August/September – December)



[tom side]

Indholdsfortegnelse:

Resumé.....	4
Summary in English.....	5
1 Indledning	6
2 Forkortelser	6
3 Måleprogram.....	7
3.1 Datapræsentation på hjemmeside	7
3.2 Beskrivelse af målestationer.....	7
3.3 Forureningsparametre	8
3.4 Målemetoder.....	10
3.5 Grænseværdier	10
4 Måleresultater	12
4.1 Partikulær masse, PM ₁₀ og PM _{2,5}	12
4.2 Ultrafine partikler, UFP	20
4.3 Black Carbon, BC.....	23
4.4 NO ₂	25
5 Variationer i de målte koncentrationer	30
5.1 Variationer i luftkvalitet.....	30
5.2 Luftkvaliteten på hverdage.....	34
5.3 Sammenstilling af døgnvariationer.....	37
Bilag A Målemetoder	41
Partikulær masse (svævestøv), PM ₁₀ og PM _{2,5}	41
Ultrafine partikler, UFP	41
Black Carbon, BC	41
NO _x (NO og NO ₂)	41
Bilag B Datakvalitet og datafangst	42
Bilag C Kontaktinformation	44
Om FORCE Technology	44
Medarbejdere	44
Bilag D Timemiddelværdier.....	45
1 PM _{2,5} og PM ₁₀	45
2 UFP	48
3 BC.....	50
4 NO ₂	51

Resumé

Denne rapport beskriver resultatet af den første periode af luftkvalitetsmålinger udført på fem målestationer i Københavns Kommune. Målestationerne blev i august og september 2020 installeret på hhv. Krügersgade, Søtorvet, Folehaven, Hillerødgade og Backersvej. 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 luftforureningen i kommunen.

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.

Resultatet af målingerne i 2020 viser, at EU's grænseværdier for PM_{2,5}, PM₁₀ og NO₂ er overholdt i forhold til grænser for årsmiddel samt spidsværdier (døgnmiddel for PM og timemiddel for NO₂). Sammenligning med EU's grænseværdier skal imidlertid foretages ud fra målinger over et helt kalenderår, og sammenligningen med måleresultater fra årets sidste 3 - 4 måneder skal derfor tages med forbehold.

Med et tilsvarende forbehold viser en sammenligning af resultaterne fra årets sidste 3 - 4 måneder, at WHO's vejledende grænseværdierne for PM₁₀ og NO₂ er overholdt i forhold til årsmiddel og spidsværdier. WHO's vejledende grænseværdi gældende for PM_{2,5} som årsmiddel er dog ikke overholdt på fire af de fem målestationer. Målestationen på Backersvej, der ligger i et villakvarter overholder som den eneste WHO's vejledende grænseværdier for PM_{2,5} i forhold til årsmiddel. WHO's vejledende grænseværdier i forhold til spidsværdier for PM_{2,5} er ikke overholdt på de fem målestationer. Selvom forbrændingsprocesser fra trafik og industri samt eventuelt støvende anlægsarbejde bidrager til den lokale udledning af PM_{2,5}, langtransporteres den væsentligste del af PM_{2,5} fra kilder, der er placeret udenfor Københavns Kommune. Det betydningsfulde baggrundsbidrag fra regionale kilder forklarer, hvorfor de målte gennemsnitskoncentrationer af PM_{2,5} er forholdsvis ens mellem de forskellige målestationer.

Målingerne af UFP viser, at den gennemsnitlige partikelkoncentration er højest på Folehaven (ca. 7400 antal/cm³) efterfulgt af Hillerødgade (ca. 6300 antal/cm³). Partikelkoncentrationen på Backersvej (ca. 5300 antal/cm³) var den laveste for de fem målestationer. Det skyldes at målestationen på Backersvej ligger ved en mindre trafikeret vej og omgivet af et villakvarter. Målestationen på Folehaven ligger derimod ved en meget trafikeret indfaldsvej til Københavns Kommune. De målte partikelkoncentrationer fra henholdsvis Krügersgade og Søtorvet har været meget ens i den målte periode (5400 – 5600 antal/cm³).

Tilsvarende viser målingen af BC, at koncentrationen på Folehaven (1,4 µg/m³) er dobbelt så høj som på Backersvej (0,7 µg/m³). Dette skyldes som for UFP den langt større trafikintensitet på indfaldsvejen Folehaven ift. Backersvej. Der foreligger ikke grænseværdier for UFP og BC i udeluft.

Summary in English

This report describes the initial results from air quality monitoring stations installed in August and September 2020 in the City of Copenhagen. The monitoring stations were installed at the following locations: Krügersgade, Sørtorvet, Folehaven, Hillerødgade and Backersvej. With the monitoring stations, Copenhagen Municipality wishes to gain supplemental knowledge of the ambient air quality and potential health effects from air pollution in Copenhagen.

The monitoring stations has 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 area where air pollution is expected to be elevated.
- Air pollution in areas with high-density housing.

The results show that EU limit values for ambient air quality were not exceeded for PM₁₀, PM_{2.5} and NO₂ during the period of measurements. However, comparisons with EU limit values must be based on measurement results from an entire calendar year. Comparison with measurement results from only 3 - 4 months of 2020 should therefore be made with precaution.

Similarly, comparison of the results from the last 3 - 4 months in 2020 with WHO's guidelines for PM₁₀ and NO₂ exposure limits showed no exceedances during the measurement period. WHO's guideline for maximum annual average concentration of PM_{2.5} were exceeded at four out of five measure stations. WHO's guideline for maximum annual average concentration for PM_{2.5} exposure is not exceeded at the monitoring station at Backersvej which is placed in a residential area. WHO's guidelines for peak concentrations of PM_{2.5} is exceeded at all of the monitoring station. The exceedance of the WHO guideline for PM_{2.5} is mainly caused by long distance transport of fine particles, and PM_{2.5} from local emissions contribute with a minor fraction of the PM_{2.5} concentrations measured.

Monitoring of UFP shows, that the average concentration is highest at Folehaven (ca. 7400 number/cm³) followed by Hillerødgade (ca. 6300 number/cm³). Lowest particle concentrations were measured at Backersvej (ca. 5300 number/cm³). Particle concentration measured at Krügersgade and Sørtorvet are very similar in the measured period (5400 – 5600 number/cm³).

Similar differences in measurements are found at the two stations that measures BC. Highest BC concentrations were found at Folehaven (1.4 µg/m³) whereas BC concentrations at Backersvej were significant lower (0.7 µg/m³).

Det difference in concentrations originated from the different type of locations of the five measure stations. For example, the measure station at Folehaven is located at a main road with a high traffic intensity whereas the station at Backersvej is located in a residential area with much lower traffic intensity. EU directive for ambient air quality and WHO guidelines does not include limit values for UFP or BC.

1 Indledning

Denne rapport præsenterer luftkvalitetsmålinger udført af FORCE Technology for Københavns Kommune på fem målestationer i København. Teknik- og Miljøforvaltningen og Sundheds- og Omsorgsforvaltningen i Københavns Kommune ønsker med luftkvalitetsmålingerne at indhente ny viden og supplere eksisterende information med henblik på at vurdere de sundhedsskadelige effekter af luftforureningen i kommunen.

Måleprogrammet er beskrevet i afsnit 3.

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.

De enkelte måleparametre er beskrevet i afsnit 3.3. Generelt skal det understreges, at luftforureningen i København dels kommer fra lokale og regionale kilder, og dels i form af fjerntransporterede gasser og partikler. Lokalt er vejtrafikken typisk en betydelig kilde til NO_x ($\text{NO} + \text{NO}_2$) og ultrafine partikler (UFP), mens det lokale bidrag fra partikler bestemt som $\text{PM}_{2,5}$ typisk kun udgør en mindre andel af den samlede koncentration af $\text{PM}_{2,5}$ i udeluft. Koncentrationen af $\text{PM}_{2,5}$, PM_{10} samt NO_2 i udeluft er reguleret i EU's Luftkvalitetsdirektiv 2008/50/EF. Reguleringen er nærmere beskrevet i afsnit 3.5.

Måleresultaterne opnået fra målingernes start i 2020 er vist i afsnit 4 og vurderet nærmere i afsnit 5. De målte resultater er vurderet ud fra beregnede nøgletal (gennemsnits- og spidsværdier) samt ud fra udvalgte måleperioder, der dels illustrerer variationerne på de enkelte målestationer og dels illustrerer dage med spidsværdier eller særlige, udvalgte episoder.

Denne årsrapport opfatter perioden fra august/september 2020 til og med 31. december 2020.

Kontaktinformationer fremgår af Bilag C.

2 Forkortelser

- BC Black Carbon
- BC_{WB} Black Carbon Wood Burning
- BC_{FF} Black Carbon Fossil Fuel
- NO Nitrogenoxid
- NO_2 Nitrogendioxid
- NO_x $\text{NO} + \text{NO}_2$
- PM_{10} Partikler med en diameter $<10 \mu\text{m}$ (note 1).
- $\text{PM}_{2,5}$ Partikler med en diameter $<2,5 \mu\text{m}$ (note 1).
- UFP Ultrafine partikler

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

¹ Størrelsen defineres ud fra partiklernes aerodynamiske diameter, jf. afsnit 3.3.1.

3 Måleprogram

3.1 Datapræsentation på hjemmeside

Foruden indhentning af ny viden ønsker Københavns Kommune at kunne anvende de målte data til løbende at vurdere de sundhedsskadelige effekter af luftforureningen. Data præsenteres desuden via en hjemmeside for borgerne i København samt andre interesserede. Denne datapræsentation er tilgængelig på websiden erluftensund.kk.dk, hvor måledata for det seneste døgn og den seneste måned præsenteres og vurderes sundhedsmæssigt ud fra et luftkvalitetsindex beregnet ud fra målte koncentrationer af NO₂, PM_{2,5} og PM₁₀.

3.2 Beskrivelse af målestationer

Der er opstillet fem målestationer til kontinuert monitoring af luftkvaliteten i Københavns Kommune i en 3-årig periode. Målestationerne er placeret på følgende fem 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

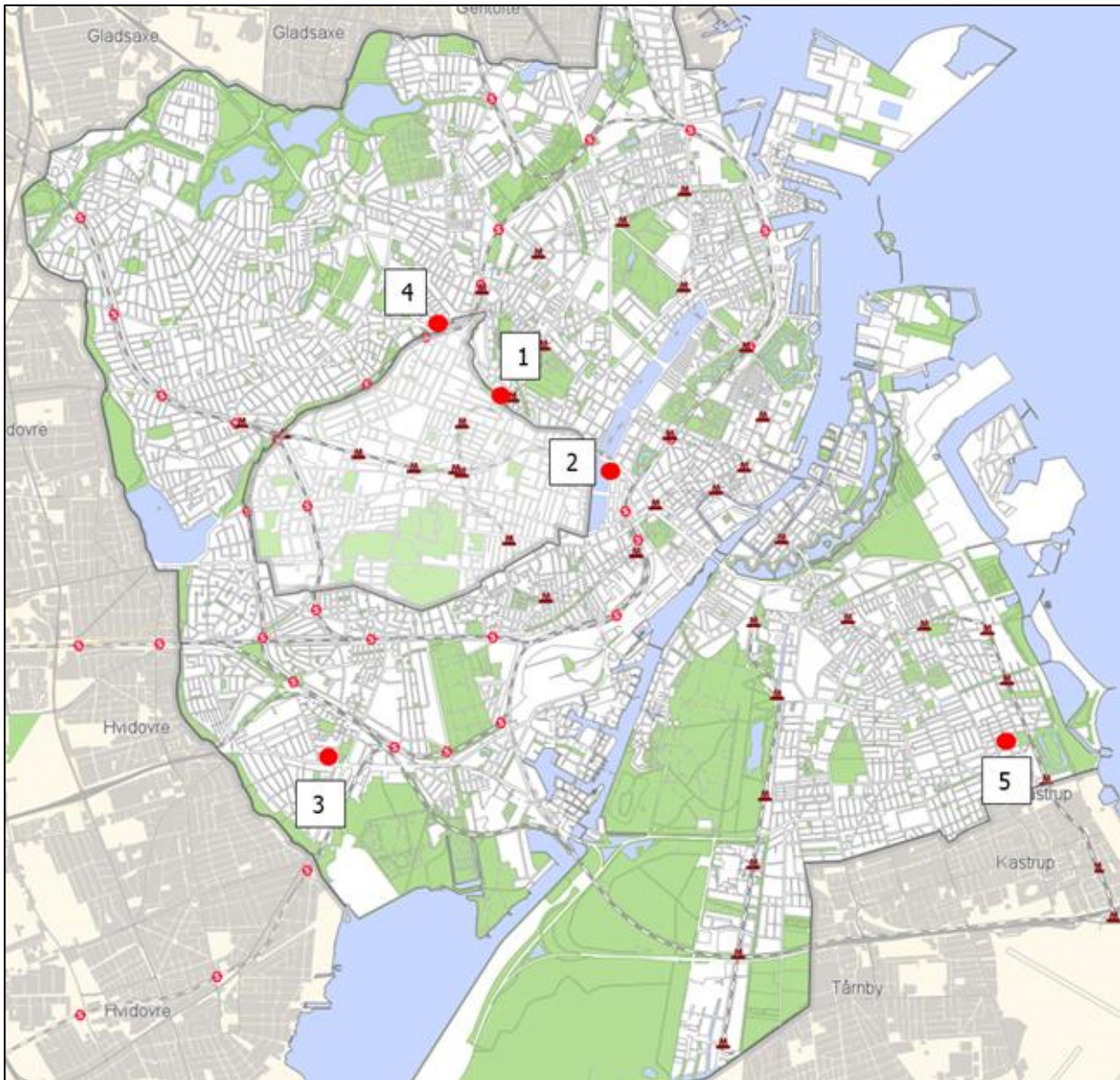
Figur 1 viser et oversigtskort over Københavns Kommune med placeringerne af målestationerne indtegnet. Målestationerne på Søtorvet, Hillerødgade, Folehaven og Backersvej er opstillet, så de opfylder kravene til placering af målesteder som beskrevet i EU direktiv 2008/50/EF samt seneste ændringer i EU direktiv 2015/1480/EF. Dette sikrer, at målingerne er repræsentative for området. Målestationen på Krügersgade vurderes at opfylde kravene i EU-direktivet, idet T-krydset mellem Ågade og Krügersgade ikke regnes som et større vejkryds.

Tabel 1 angiver hvilke luftforureningsparametre, der måles på de enkelte målestationer. En beskrivelse af de enkelte parametre fremgår af afsnit 3.3. Foruden de i Tabel 1 listede parametre bestemmes udetemperatur og den relative luftfugtighed ved hver målestation. Der er udført supplerende målinger af BC på henholdsvis Folehaven og Backersvej. Dette gøres med henblik på at kunne vurdere effekten af emissioner fra brændevogne og vejgående trafik.

Målestationerne er idriftsat i august/september 2020 og måleprogrammet strækker sig frem til september 2023. Datafangst fremgår af Bilag B.

Tabel 1. Måleparametre til bestemmelse af luftkvaliteten, angivet for de enkelte målestationer. En beskrivelse af de enkelte måleparametre er angivet i afsnit 3.3.

Måleparametre	Krügersgade	Søtorvet	Folehaven	Hillerødgade	Backersvej
Stationsnr.	1	2	3	4	5
PM ₁₀	x	x	x	x	x
PM _{2,5}	x	x	x	x	x
UFP	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 placeringer af målestationer.

3.3 Forureningsparametre

3.3.1 Partikelmasse, PM

PM er en forkortelse for det engelske "Particulate Matter". $PM_{2,5}$ bruges som en betegnelse for den del af partikelmassen, der udgøres af partikler med en aerodynamisk diameter mindre end $2,5 \mu\text{m}$. En tilsvarende definition gælder for PM_{10} , idet PM_{10} omfatter partikler med en aerodynamisk diameter mindre end $10 \mu\text{m}$.

Da luftbårne partikler i udeluften består af partikler, der kan have meget forskellige vægtfylder, og da partiklerne langt fra altid er sfæriske, opererer man med den aerodynamiske diameter. Den aerodynamiske diameter defineres som diameteren af en kugleformet partikel med massefylden 1 g/cm^3 , som falder med samme hastighed som den betragtede partikel.

Det, der er afgørende for om en partikel afsættes i luftvejene, er partiklens størrelse og massefylde. Da partiklerne ved normal indånding udsættes for en given hastighed, medfører dette at de største partikler på grund af deres bevægelsesmængde (inerti) "slynges" ud på for eksempel slimhinder i de øvre luftveje. I praksis består svævestøv af mange forskellige typer partikler, dvs. partikler med en ofte meget forskellig diameter og massefylde. Den aerodynamiske diameter er her et praktisk fælles mål for størrelse og massefylde for en sådan blanding af partikler, idet man her omregner blandingen, som om alle partiklerne bestod af partikler med massefylden 1 g/cm^3 . Derfor benyttes den aerodynamiske diameter som den afgørende parameter til at definere hvilke partikler, der afsættes i luftvejene.

Når man måler udeluftens indhold af svævestøv i form af $\text{PM}_{2,5}$ og PM_{10} , sker det for at vurdere sundhedsbelastningen. Sundhedspåvirkningen fra partikler afhænger af partiklernes størrelse. Her skelner man imellem de lidt større partikler, der primært afsættes i de øvre luftveje, og de mindste partikler, der kan passere de øvre luftveje og nå ned i lungerne. De lidt større partikler kaldes den thorakiske fraktion, og denne fraktion beskrives ved måling af PM_{10} , idet det primært er partikler med en aerodynamisk diameter mindre end $10 \mu\text{m}$, der passerer næse og svælg. De mindste partikler, der passerer de øvre luftveje måles i form af $\text{PM}_{2,5}$. $\text{PM}_{2,5}$ udgøres af respirable partikler – dvs. partikler, der passerer de øvre luftveje, og som når helt ud i alveolerne i lungerne og dermed vil indebære en større sundhedsrisiko.

3.3.2 Ultrafine partikler, UFP

Ultrafine partikler (UFP) dannes overvejende i forbindelse med forbrændingsprocesser. Dette gælder uanset, om der er tale om forbrænding af fossile eller biobaserede brændsler. Disse partikler emitteres således fra forbrændingsmotorer og er sammen med Black Carbon en vigtig indikator for partikeludledningen fra den vejgående trafik, skibstrafik, entreprenørmaskiner og brændeovne. De ultrafine partikler, som er under $0,1 \mu\text{m}$ i diameter anses for at være særlig sundhedsskadelige, da de kan trænge fra alveolerne over i blodkredsløbet². Koncentrationen af UFP er ikke reguleret i luftkvalitetsdirektivet.

3.3.3 Black Carbon, BC

Black Carbon (BC) dannes ligeledes ved forbrænding af fossile eller biobaserede brændsler og er sammen med UFP en vigtig indikator for partikeludledningen fra den vejgående trafik, skibstrafik, entreprenørmaskiner og brændeovne. Ufuldstændig forbrænding som i fx brændeovne vil typisk give en højere andel af sodpartikler og kan dermed i villakvarterer om vinteren bidrage relativt meget til koncentrationen af 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 EC opsamles på samme måde som for BC, men bestemmes typisk ved en laboratorieanalyse ved at afbrænde det opsamlede partikelmateriale ved en kontrolleret procedure. I Danmark og EU er der netop indført grænseværdier for EC i arbejdsmiljø med henblik på regulering af eksponeringen for dieselpartikler. EC og BC emitteret 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 andelen af EC i udeluft. Måling af BC er interessant for at sammenligne evt. kommende grænseværdier for EC med baggrundskoncentrationer i udeluft. Hverken EC eller BC er i øjeblikket reguleret i luftkvalitetsdirektivet.

Røg fra brændeovne udgør en stigende andel af den samlede danske udledning af $\text{PM}_{2,5}$ i takt med, at andre kilder som eksempelvis kraftvarmeværker, dieselmøretøjer og energianlæg er blevet stærkt reguleret i forhold til udledninger af partikler. Partikler fra brændeovne kan bestemmes eksempelvis som $\text{PM}_{2,5}$ eller BC. Traditionelt bestemmes andelen af BC fra brænderøg ved hjælp af sporstoffet Levoglucosan, som anvendes som en særlig "markør" i emissioner fra forbrænding af biomasse. Dette stof kan dog ikke måles kontinuert.

² Luftforurening med partikler – et sundhedsproblem, Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet (2009).

Derimod kan andelen af BC, som kommer fra fossile kilder (BC_{FF}) og andelen, der kommer fra afbrænding af træ (BC_{WB}) bestemmes kontinuert ud fra empirisk bestemte støtteparametre fra litteraturen (note 3). BC_{FF} samt andelen BC_{WB} (som primært kommer fra brænderøg) kan vurderes ved hjælp af multispektrale monitorer (syv måleparametre, som alle kan måles i et aethalometer, jf. bilag A).

3.3.4 NO, NO₂ og NO_x

NO og NO₂ er gasser, der udledes fra bl.a. 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. Oxidationen af NO til NO₂ sker typisk over nogle timer (afhængig af tilstedeværelsen af ozon). NO_x betegner 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 i udeluften. Målingen af såvel NO og NO₂ i udeluften bidrager med væsentlig viden om den direkte effekt på gadeplan af initiativer vedrørende fx den samlede NO_x-reduktion fra køretøjer eller entreprenørmaskiner. Inden for transportbranchen har reguleringen fokus på at reducere den samlede emission af NO_x. Eksempelvis kontrolleres busser i København ved hjælp af miljøsyn, hvor der bl.a. måles NO_x (og ikke kun NO₂). Desuden er NO en væsentlig "markør" for påvirkningen fra forbrændingskilder i nærområdet.

3.4 Målemetoder

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

Tabel 2. Oversigt over anvendte målemetoder.

Parameter	Målemetode
PM _{2,5} og PM ₁₀	Optisk måling/lysspredning
NO, NO ₂ , NO _x	Kemiluminescens
Ultrafine partikler (partikelantal)	CPC (Condensation Particle Counter)
Black Carbon	Aethalometer (Optisk måling/lysdæmpning)

3.5 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. 1472 (note 4). Ud over EU's grænseværdier kan det være relevant at sammenligne resultater af luftkvalitetsmålinger med WHO's vejledende grænseværdier for luftkvalitet. WHO giver anbefalinger vedrørende grænseværdier for stoffer ud fra en sundhedsmæssig vurdering (note 5).

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.

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

Tabel 3 viser de gældende grænseværdier for de stoffer, der er omfattet af måleprogrammet beskrevet i denne rapport.

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

Stof	Grænseværdi (koncentration)	Midlingstid (note 6)	Højest antal tilladelige spidsværdier pr. år
PM _{2,5}	25 µg/m ³ (note 7)	1 år	-
PM ₁₀	50 µg/m ³	24 timer	35 (note 8)
	40 µg/m ³	1 år	-
Nitrogendioxid (NO ₂)	200 µg/m ³	1 time	18 (note 9)
	40 µg/m ³	1 år	-

Tabel 4 viser WHO's vejledende grænseværdier for de stoffer, der er omfattet af måleprogrammet beskrevet i denne rapport.

Tabel 4. WHO's vejledende grænseværdier for luftkvalitet i udeluft.

Stof	Grænseværdi (koncentration)	Midlingstid (note 5)	Højest antal tilladelige spidsværdier pr. år
PM _{2,5}	25 µg/m ³	24 timer	3 (note 10)
	10 µg/m ³	1 år	
PM ₁₀	50 µg/m ³	24 timer	3 (note 10)
	20 µg/m ³	1 år	
Nitrogendioxid (NO ₂)	200 µg/m ³	1 time	
	40 µg/m ³	1 år	

Der er endnu ikke fastsat grænseværdier for ultrafine partikler (målt som partikelantal, UFP), og for Black Carbon/Elemental Carbon, hverken i EU eller af WHO. Det skal bemærkes, at EU tidligere har anvendt OECDs grænseværdier for "Black Smoke" (note 11). Disse grænseværdier er imidlertid fastsat i 1970'erne af OECD og har i dag kun historisk interesse.

⁶ Midlingstiden er varigheden af den måleperiode, som den enkelte måling skal udføres over. En midlingstid på en time for fx NO₂ betyder derfor, at NO₂ skal måles som et gennemsnit for hver time i døgnet.

⁷ I bilag 14 til BEK 1472 er der fastsat krav til, at PM_{2,5} koncentrationen målt som rullende gennemsnit over 3 år (kaldet AEI, Average Exposure Index) i bybaggrundsområder og i bymæssige områder skal reduceres iht. et reduktionsmål, der afhænger af udgangskoncentrationen i 2010. Reduktionsmålet skal 10 år efter på samme målested være opfyldt via i 2020. Dette skal dokumenteres ved målinger i 2018, 2019 og 2020. Vurderingen af, om reduktionsmålet for AEI er opfyldt, foretages af Aarhus Universitet ud fra målingerne i det landsdækkende måleprogram. Der henvises til fx *DCE rapport nr. 360 (2020) The Danish Air Quality Monitoring Programme*.

⁸ Den højest tilladelige spidsværdi for PM₁₀ defineres iht. EU's grænseværdier som den døgnmiddelværdi, der er den 36. højeste af alle de målte døgnmiddelværdier over året. Dvs. værdien over den 35. højest af alle målte døgnværdier over året.

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

¹⁰ Den højest tilladelige spidsværdi for PM_{2,5} hhv. PM₁₀ defineres iht. WHO's vejledende grænseværdier som den døgnmiddelværdi, der er den 4. højeste af alle de målte døgnmiddelværdier over året (99-percentil af målte døgnmiddelværdier).

¹¹ Kilde: EEA, <https://www.eea.europa.eu/publications/2-9167-057-X/page020.html>

4 Måleresultater

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

Figur 2 – Figur 11 viser døgnmiddelværdier samt årsgrænseværdien for de enkelte målestationer¹². Resultaterne er sammenlignet med EU's grænseværdier samt WHO's vejledende grænseværdier (se evt. Tabel 3 og Tabel 4). Sammenligning med EU's grænseværdier skal imidlertid foretages ud fra målinger over et helt kalenderår, og sammenligningen med måleresultater fra årets sidste 3 - 4 måneder skal derfor tages med dette forbehold. Det skal bemærkes, at de enkelte døgnmiddelværdier må gerne overskride årsmiddelværdien, så længe det målte årsgennemsnit ikke overskride årsgrænseværdien.

Grafer, der viser timemiddelværdier for de enkelte målestationer er vist i Bilag D. Antallet af overskredne spidsværdier er angivet i Tabel 5 og Tabel 6.

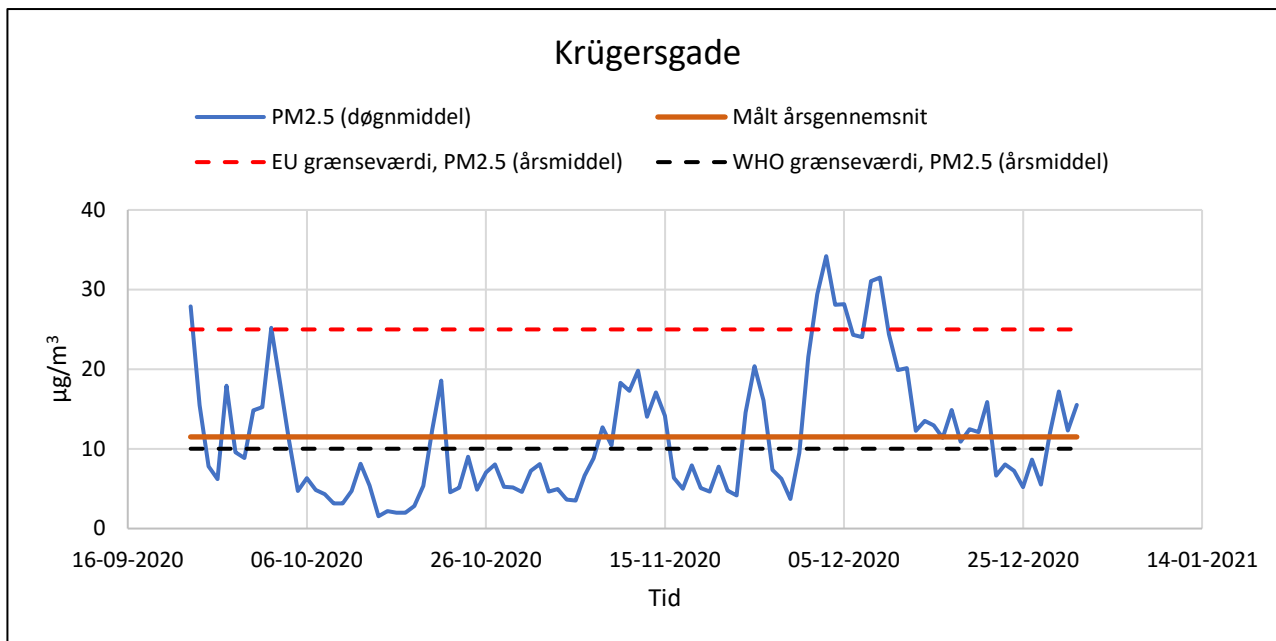
Tabel 5. Antal tilladte samt overskredne spidsværdier på de enkelte målestationer.

PM ₁₀		EU's grænseværdi	WHO's vejledende grænseværdi
Antal tilladte spidsværdier over grænseværdi		35	3
Antal overskredne spidsværdier	Krügersgade	0	0
	Søtorvet	0	0
	Hillerødgade	0	0
	Folehaven	0	0
	Backersvej	0	0

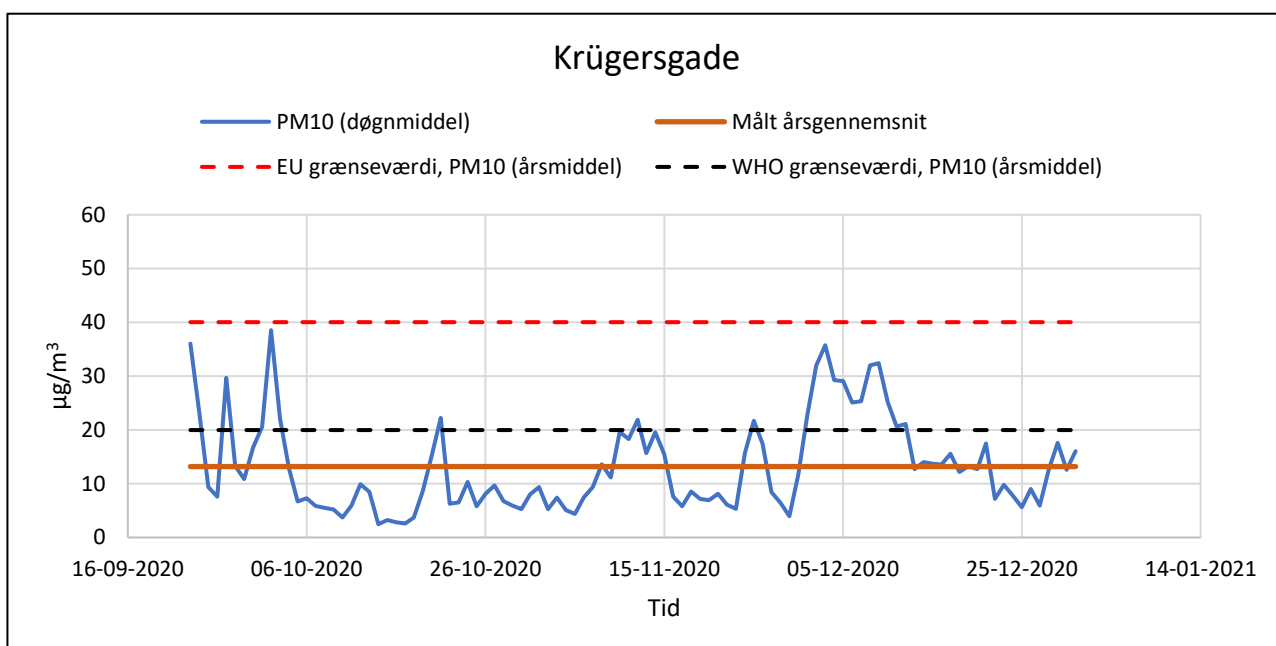
Tabel 6. Antal tilladte samt overskredne spidsværdier på de enkelte målestationer.

PM _{2,5}		EU's grænseværdi	WHO's vejledende grænseværdi
Antal tilladte spidsværdier over grænseværdi		Ikke fastsat som spidsværdi	3
Antal overskredne spidsværdier	Krügersgade	-	8
	Søtorvet	-	7
	Hillerødgade	-	7
	Folehaven	-	7
	Backersvej	-	7

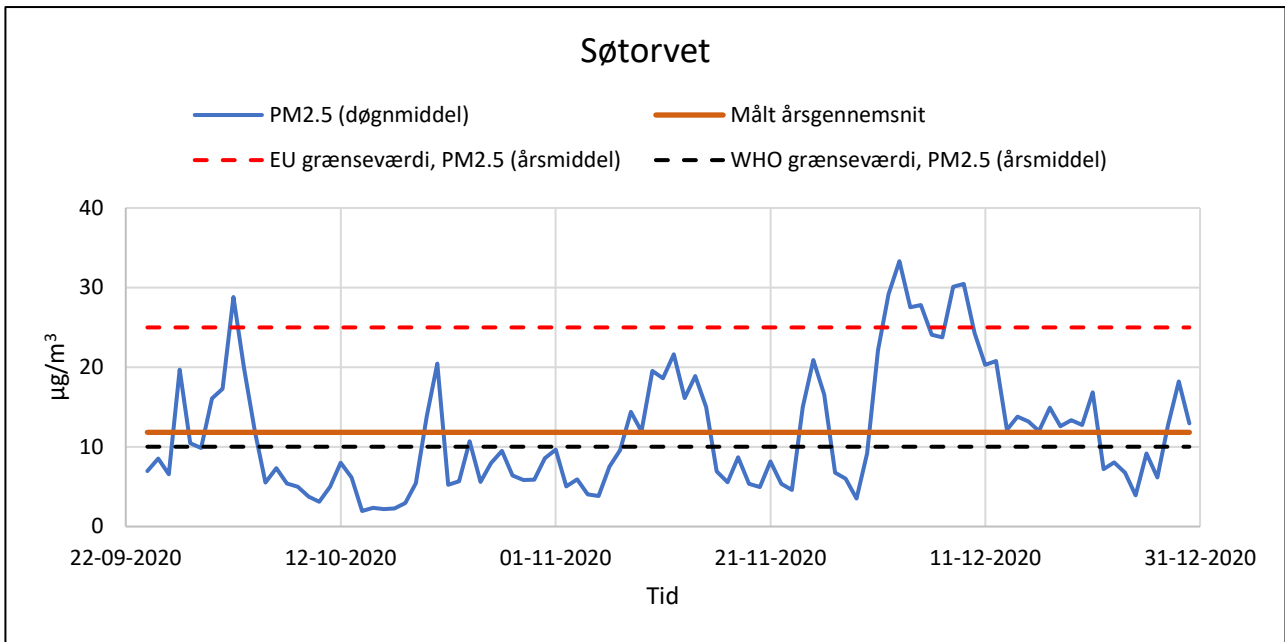
¹² Eventuelle manglende måleværdier på graferne skyldes service og kalibrering af måleudstyret.



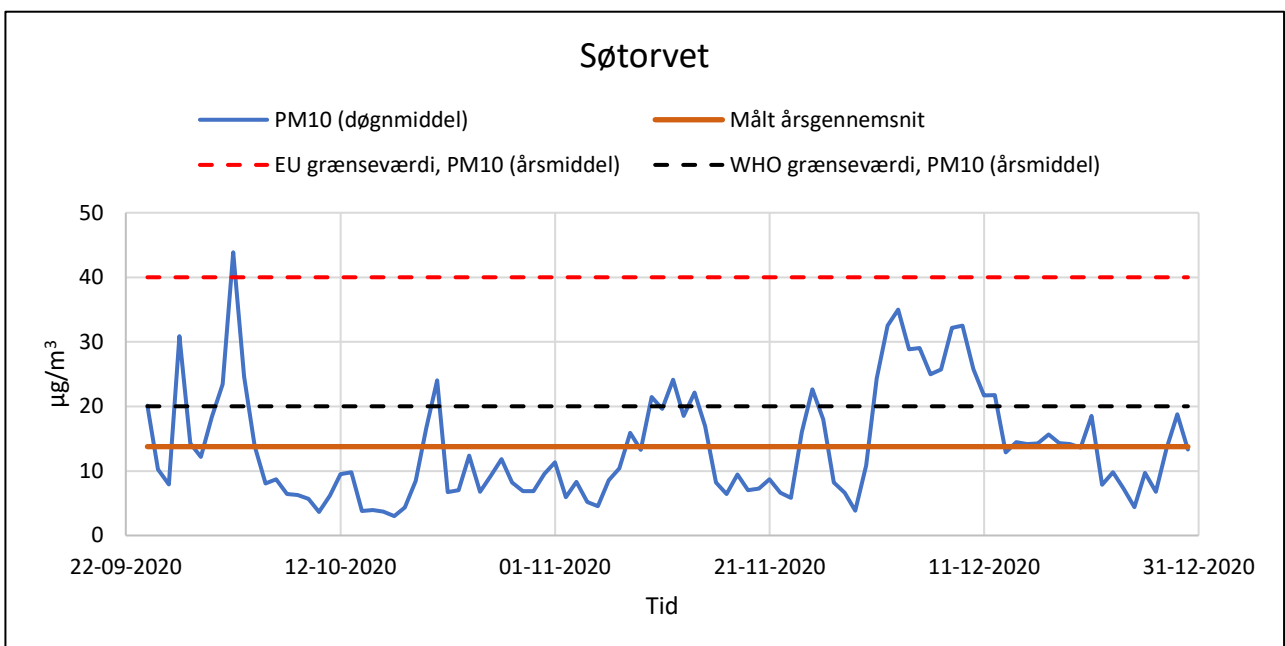
Figur 2. Døgnmiddelværdier samt målt årgennemsnit for PM_{2,5} fra målestationen på Krügersgade. De røde og sorte stiplede linjer angiver EU's grænseværdi samt WHO's vejledende grænseværdi for den gennemsnitlige koncentration af PM_{2,5} over et år.



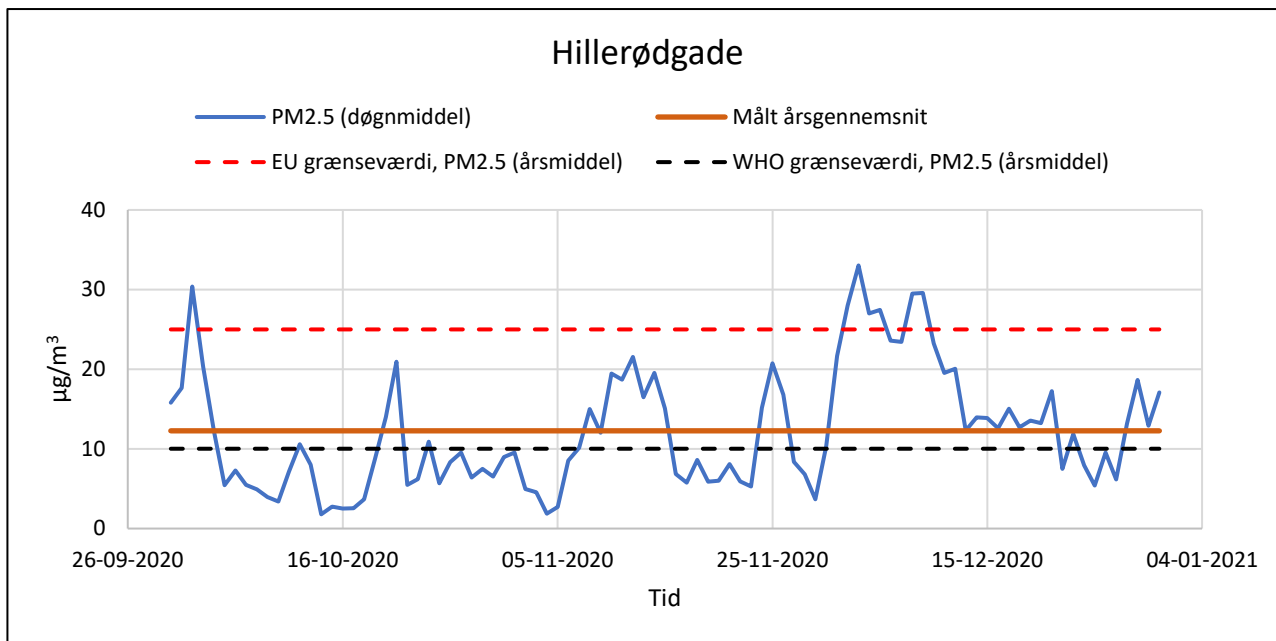
Figur 3. Døgnmiddelværdier samt målt årgennemsnit for PM₁₀ fra målestationen på Krügersgade. De røde og sorte stiplede linjer angiver EU's grænseværdi samt WHO's vejledende grænseværdi for den gennemsnitlige koncentration af PM₁₀ over et år.



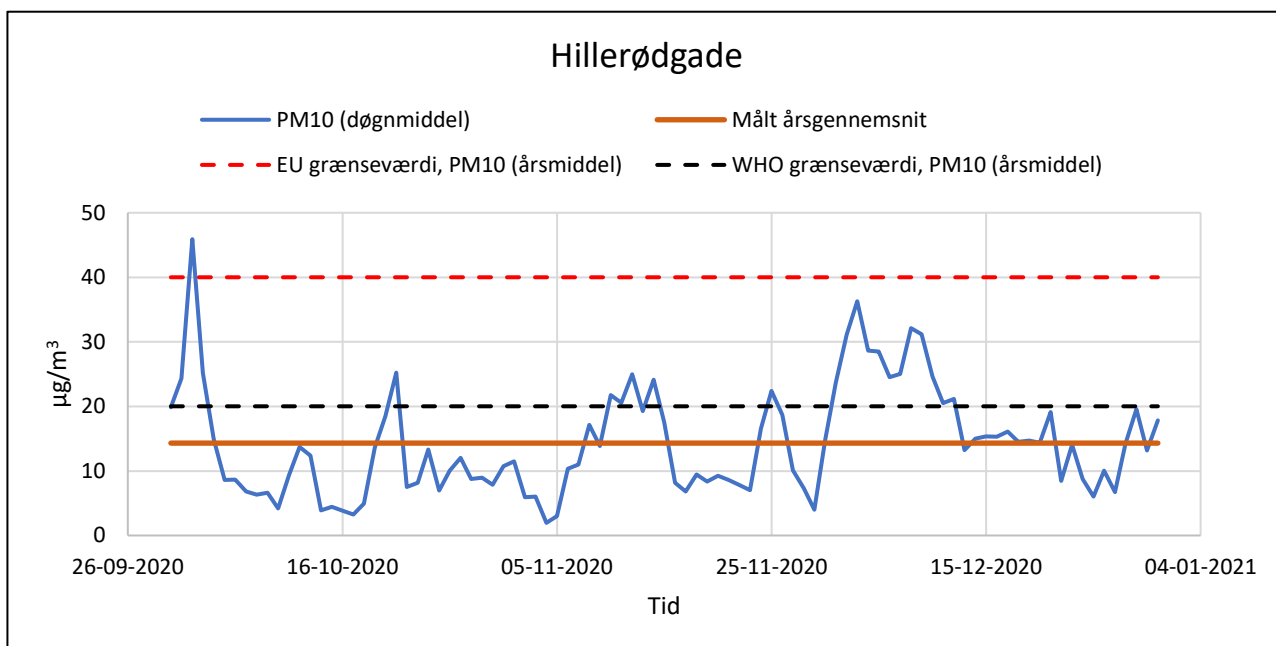
Figur 4. Døgnmiddelværdier samt målt årgennemsnit for PM_{2,5} fra målestationen ved Søtorvet. De røde og sorte stiplede linjer angiver EU's grænseværdi samt WHO's vejledende grænseværdi for den gennemsnitlige koncentration af PM_{2,5} over et år.



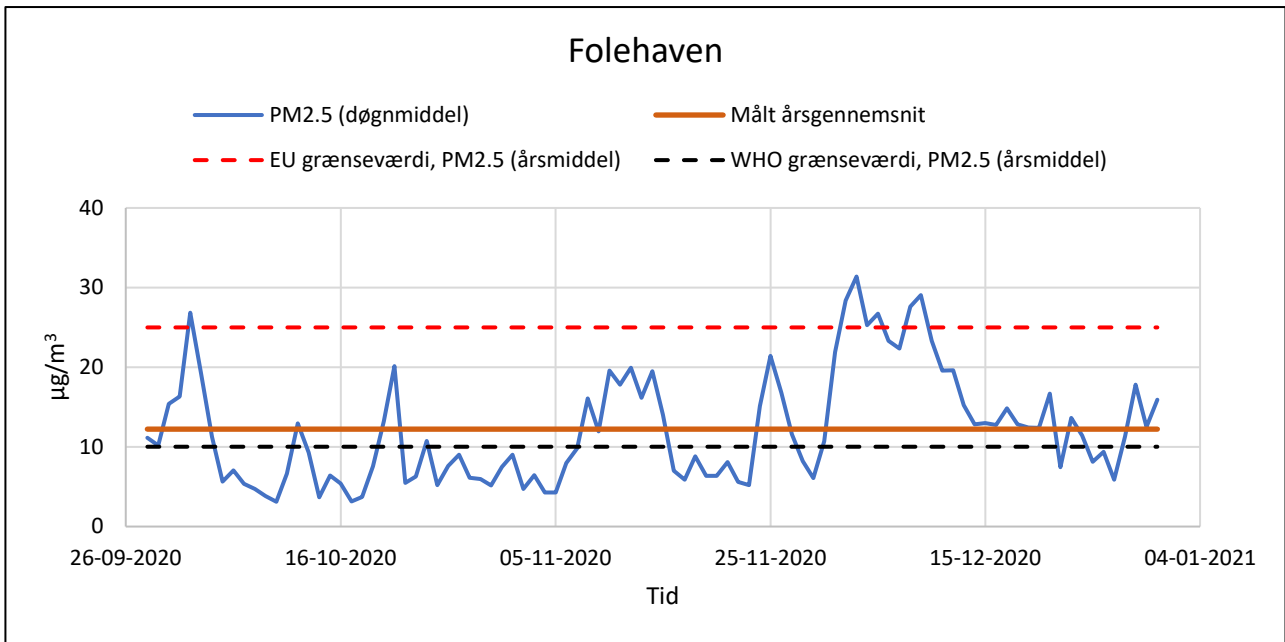
Figur 5. Døgnmiddelværdier samt målt årgennemsnit for PM₁₀ fra målestationen på Søtorvet. De røde og sorte stiplede linjer angiver EU's grænseværdi samt WHO's vejledende grænseværdi for den gennemsnitlige koncentration af PM₁₀ over et år.



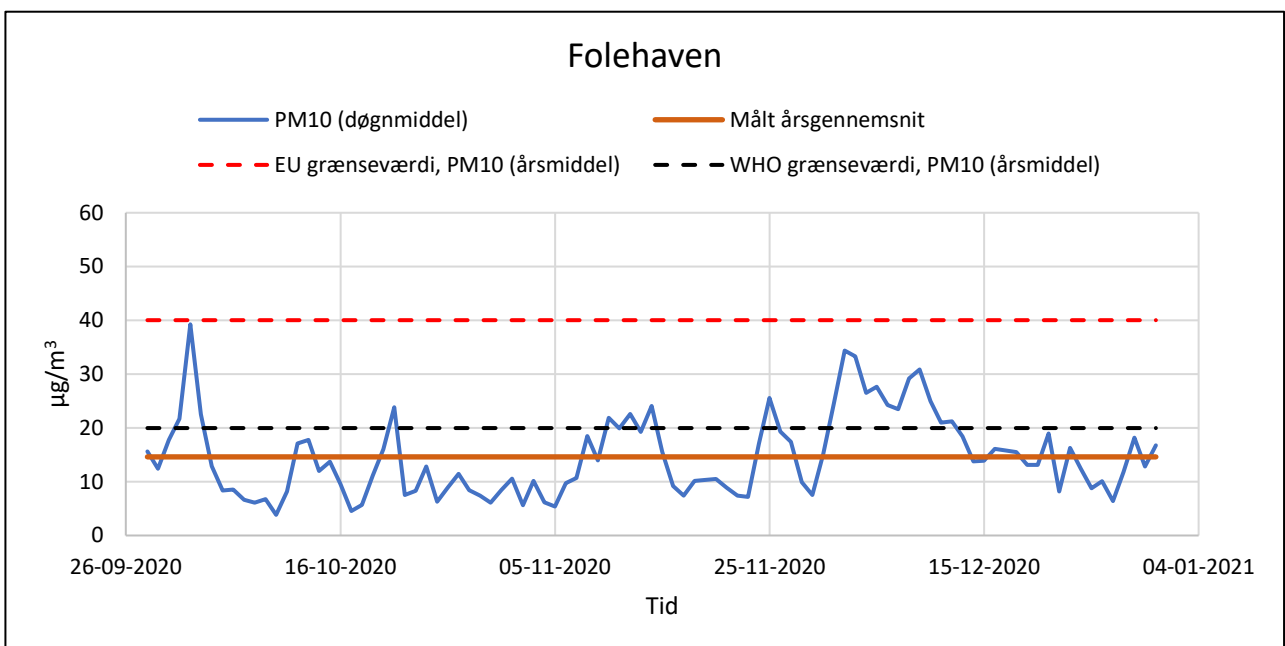
Figur 6. Døgnmiddelværdier samt målt årgennemsnit for PM_{2,5} fra målestationen på Hillerødgade. De røde og sorte stiplede linjer angiver EU's grænseværdi samt WHO's vejledende grænseværdi for den gennemsnitlige koncentration af PM_{2,5} over et år.



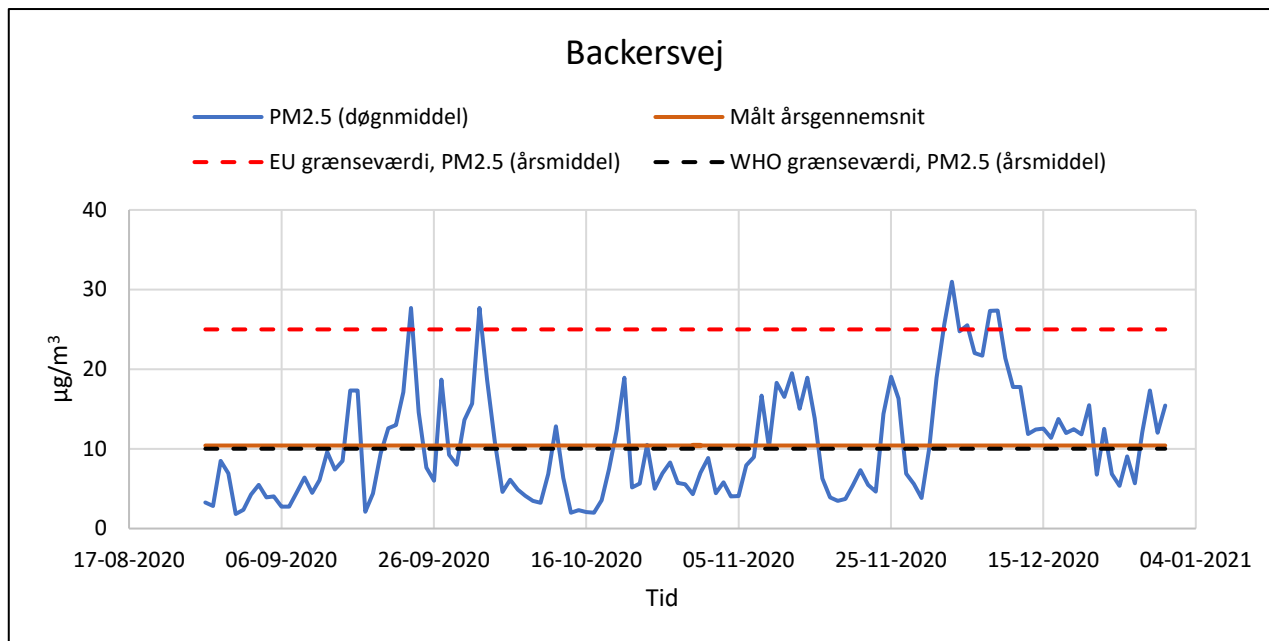
Figur 7. Døgnmiddelværdier samt målt årgennemsnit for PM₁₀ fra målestationen på Hillerødgade. De røde og sorte stiplede linjer angiver EU's grænseværdi samt WHO's vejledende grænseværdi for den gennemsnitlige koncentration af PM₁₀ over et år.



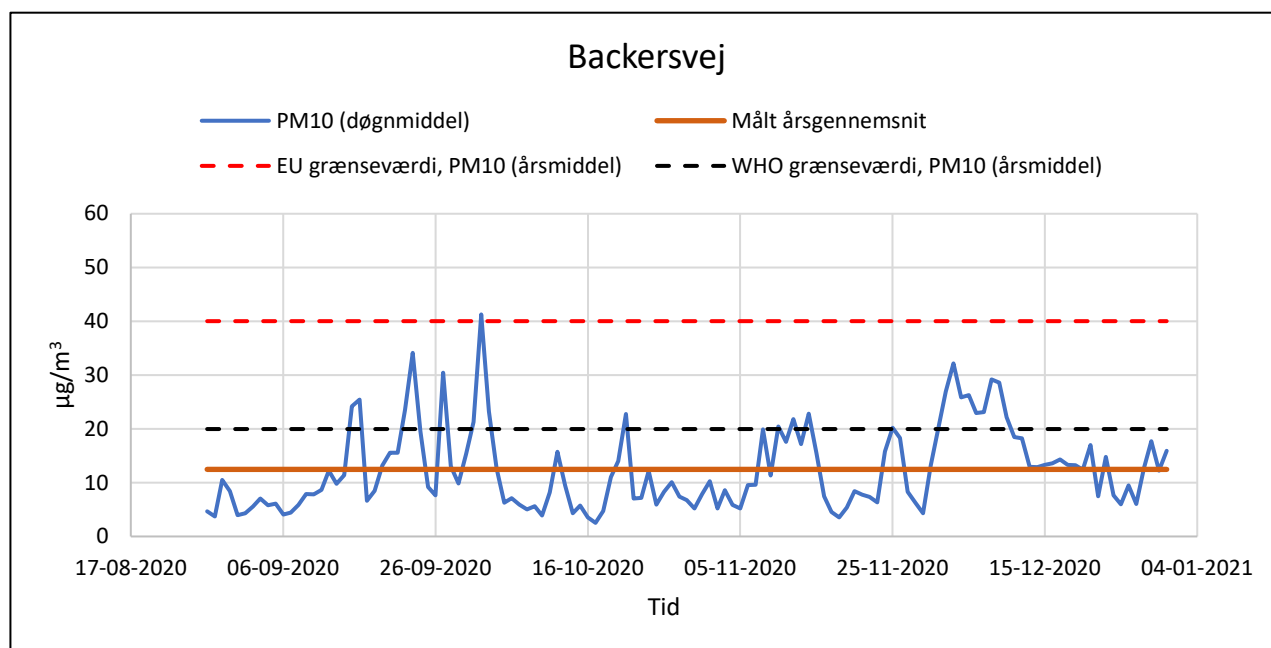
Figur 8. Døgnmiddelværdier samt målt årgennemsnit for PM_{2,5} fra målestationen på Folehaven. De røde og sorte stiplede linjer angiver EU's grænseværdi samt WHO's vejledende grænseværdi for den gennemsnitlige koncentration af PM_{2,5} over et år.



Figur 9. Døgnmiddelværdier samt målt årgennemsnit for PM₁₀ fra målestationen på Folehavnen. De røde og sorte stiplede linjer angiver EU's grænseværdi samt WHO's vejledende grænseværdi for den gennemsnitlige koncentration af PM₁₀ over et år.



Figur 10. Døgnmiddelværdier samt målt årgennemsnit for PM_{2,5} fra målestationen på Backersvej. De røde og sorte stiplede linjer angiver EU’s grænseværdi samt WHO’s vejledende grænseværdi for den gennemsnitlige koncentration af PM_{2,5} over et år.



Figur 11. Døgnmiddelværdier samt målt årgennemsnit for PM₁₀ fra målestationen på Backersvej. De røde og sorte stiplede linjer angiver EU’s grænseværdi samt WHO’s vejledende grænseværdi for den gennemsnitlige koncentration af PM₁₀ over et år.

Tabel 7 og Tabel 8 angiver årgennemsnittet for henholdsvis PM_{2,5} og PM₁₀. Resultatet af målingerne viser, at EU’s grænseværdierne for PM_{2,5} og PM₁₀ i den målte periode er overholdt i forhold til årsmiddel samt spidsværdier (døgnmiddel).

Ved sammenligning med WHO's vejledende grænseværdier ses det, at disse er overholdt i forhold til årsmiddel samt spidsværdier (døgnmiddel) gældende for PM₁₀. WHO's vejledende grænseværdi gældende for PM_{2,5} som årsmiddel er dog ikke overholdt på fire af de fem målestationer. Målestationen på Backersvej, der ligger i et villakvarter overholder som den eneste WHO's vejledende grænseværdier for PM_{2,5} i forhold til årsmiddel. WHO's vejledende grænseværdier i forhold til spidsværdier for PM_{2,5} er ikke overholdt på de fem målestationer. Selvom forbrændingsprocesser fra trafik og industri samt evt. støvende anlægsarbejde bidrager til den lokale udledning af PM_{2,5}, langtransporteres størstedelen af PM_{2,5} fra kilder, der er placeret udenfor Københavns Kommune. Dette er årsagen til, at de målte gennemsnits koncentrationer af PM_{2,5} er forholdsvis ens på målestationerne.

Tabel 7. Beregnede middelværdier for PM_{2,5} på målestationerne sammenlignet med EU's grænseværdier samt WHO vejledende grænseværdier.

Parameter	Grænseværdi			Målte middelværdier				
	Grænseværdi for	µg/m ³	Grænseværdi baseret på	Krügersgade	Søtorvet	Hillerødgade	Folehaven	Backersvej
				µg/m ³				
PM _{2,5}	EU	25	Årsmiddelværdi (note 13)	12	12	12	12	10
PM _{2,5}	WHO (vejledende)	10	Årsmiddelværdi (note 13)	12	12	12	12	10
PM _{2,5}	WHO (vejledende)	25	Højest tilladelige spidsværdi (note 14)	37	36	36	35	34

 Tabel 8. Beregnede middelværdier for PM₁₀ på målestationerne i henhold til EU's grænseværdier samt WHO's vejledende grænseværdier.

Parameter	Grænseværdi			Målte middelværdier				
	Grænseværdi for	µg/m ³	Grænseværdi baseret på	Krügersgade	Søtorvet	Hillerødgade	Folehaven	Backersvej
				µg/m ³				
PM ₁₀	EU	40	Årsmiddelværdi (note 13)	13	14	14	15	13
PM ₁₀	EU	50	Højest tilladelige spidsværdi (note 15)	27	28	28	27	25
PM ₁₀	WHO (vejledende)	20	Årsmiddelværdi (note 13)	13	14	14	15	13
PM ₁₀	WHO (vejledende)	50	Højest tilladelige spidsværdi (note 14)	42	40	42	40	40

¹³ Sammenligning med EU's eller WHO's grænseværdier skal foretages ud fra målinger over et helt kalenderår, og sammenligningen med måleresultater fra årets kun sidste ca. 4 måneder skal derfor tages med forbehold.

¹⁴ Den højest tilladelige spidsværdi for PM_{2,5} hhv. PM₁₀ defineres iht. WHO's vejledende grænseværdier som den døgnmiddelværdi, der er den 4. højeste af alle de målte døgnmiddelværdier over året (99-percentil af målte døgnmiddelværdier). Sammenligning er derfor foretaget ud fra den beregnede 99-percentil af de målte døgnmiddelværdier i årets sidste ca. 4 måneder.

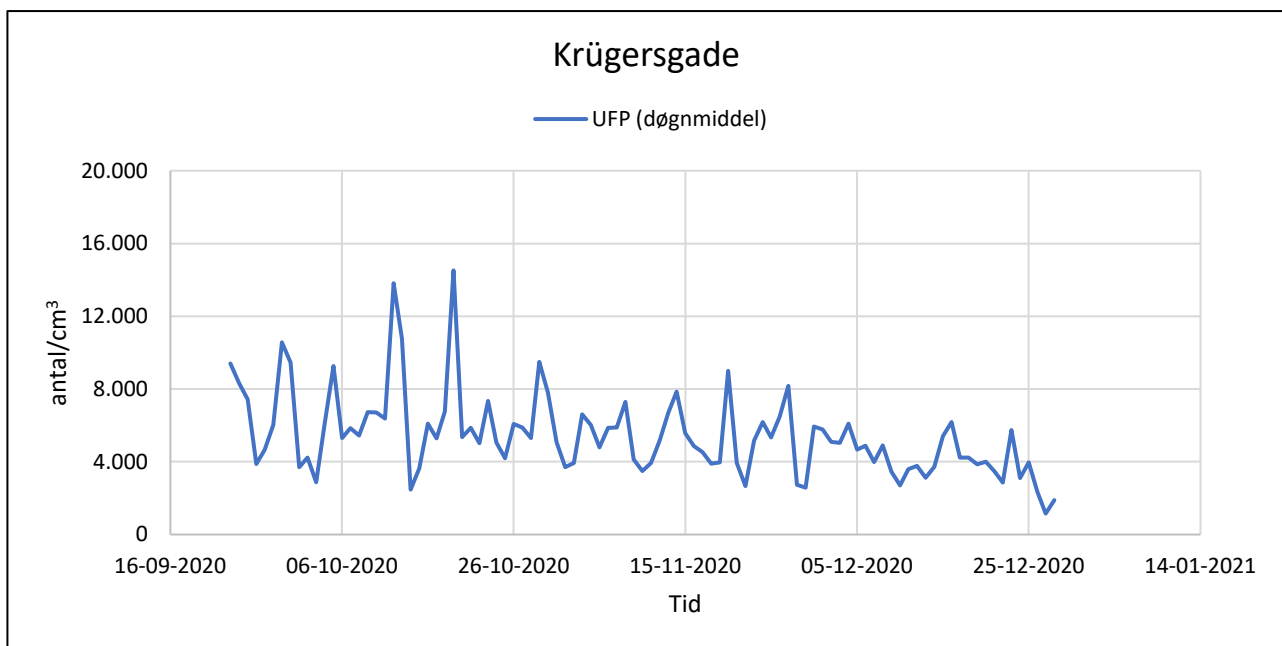
¹⁵ Den højest tilladelige spidsværdi defineres iht. EU's grænseværdier for PM₁₀ som den døgnmiddelværdi, der er 36. højeste af alle de målte døgnmiddelværdier over året.

4.2 Ultrafine partikler, UFP

Figur 12 - Figur 16 viser døgnmiddelværdier¹⁶ for UFP i den målte periode. Der foreligger ikke grænseværdier for UFP i udeluft.

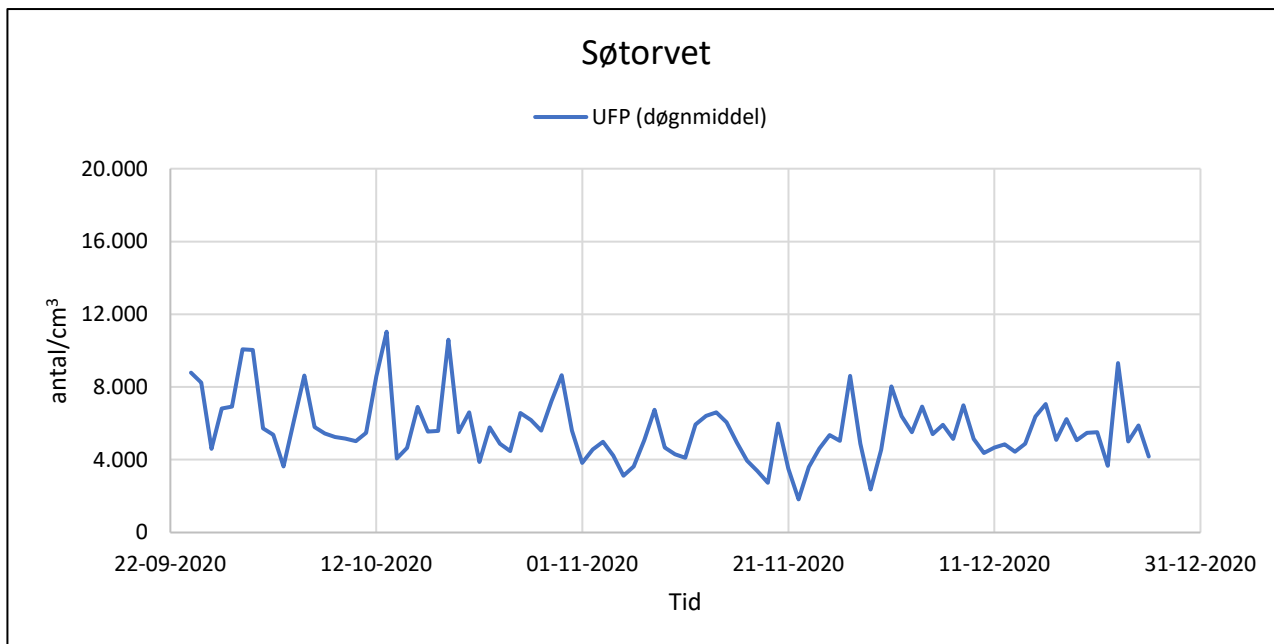
Tabel 9 angiver årsgennemsnittet for UFP for de enkelte målestationer. Resultatet af målingerne viser, at den gennemsnitlige partikelkoncentration var højest på Folehaven (ca. 7400 antal/cm³) efterfulgt af Hillerødgade (ca. 6300 antal/cm³). Partikelkoncentrationen på Backersvej (ca. 5300 antal/cm³) var den laveste for de fem målestationer. Målestationen på Backersvej ligger ved en mindre trafikeret vej og omgivet af et villa-kvarter. Målestationen på Folehaven ligger derimod ved en meget trafikeret indfaldsvej til Københavns Kommune. Dette forklarer, hvorfor der måles højere partikelkoncentrationer ved Folehaven i forhold til Backersvej. De målte partikelkoncentrationer fra henholdsvis Krügersgade og Sørtorvet har været meget ens i den målte periode (5400 – 5600 antal/cm³).

Grafer, der viser timemiddelværdier for de enkelte målestationer er vist i Bilag D.

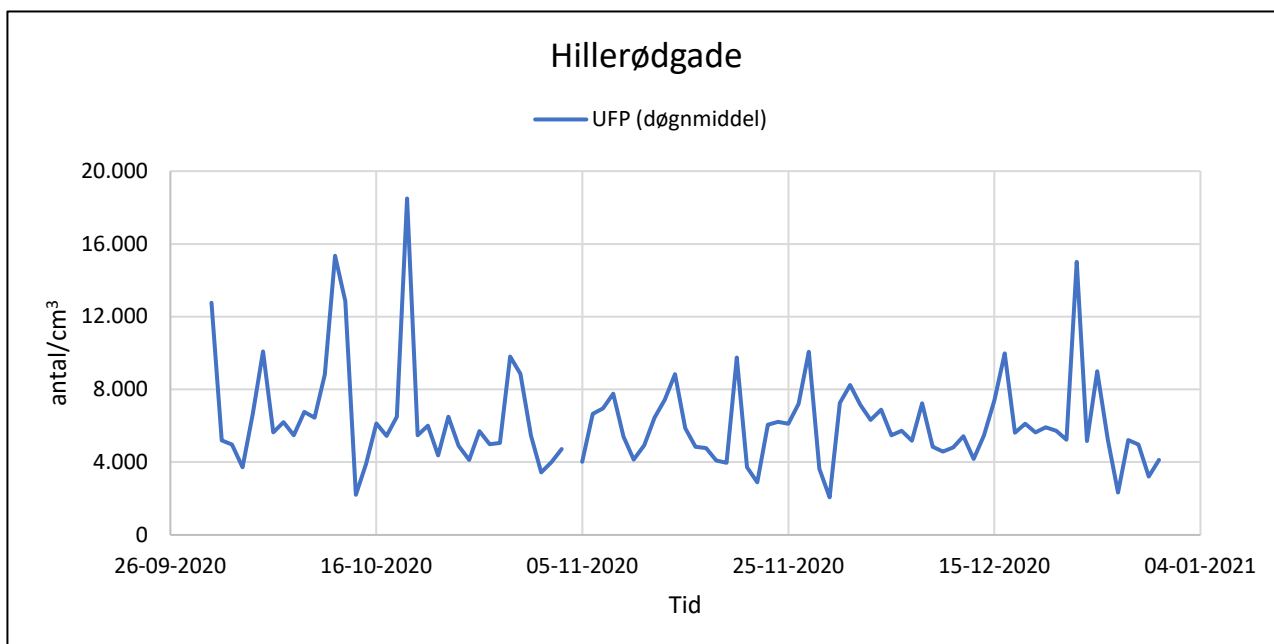


Figur 12. Døgnmiddelværdier for UFP på Krügersgade.

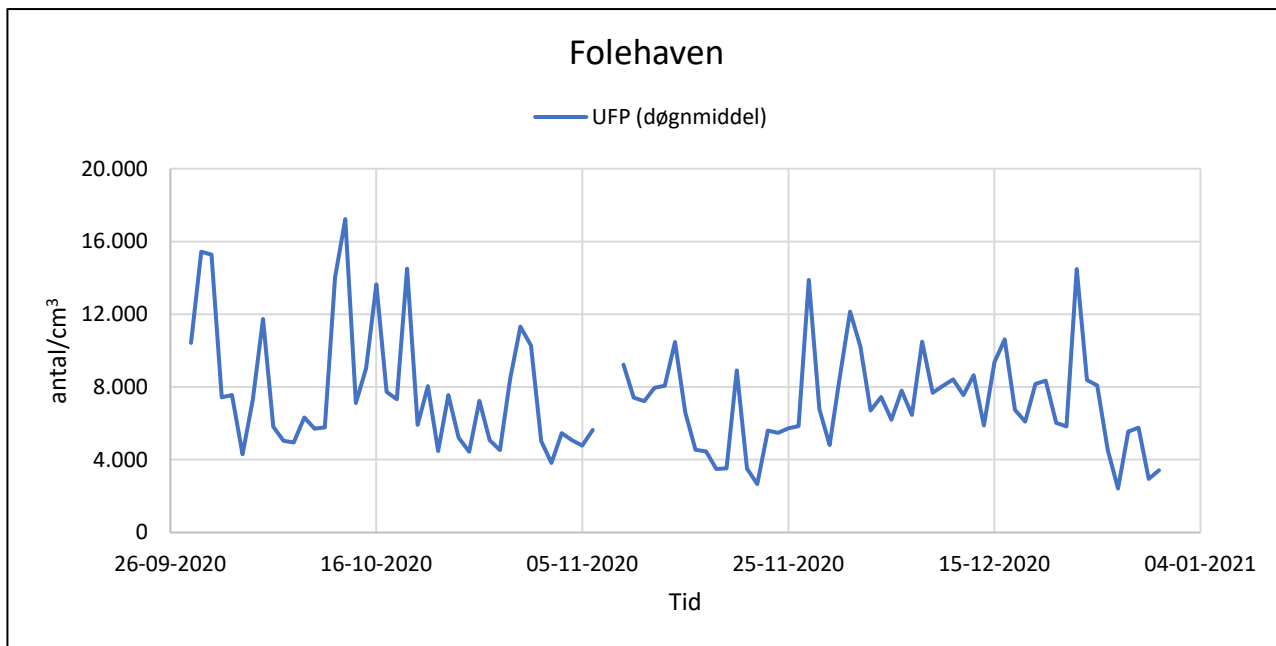
¹⁶ Eventuelle manglende måleværdier på graferne skyldes service og kalibrering af måleudstyret.



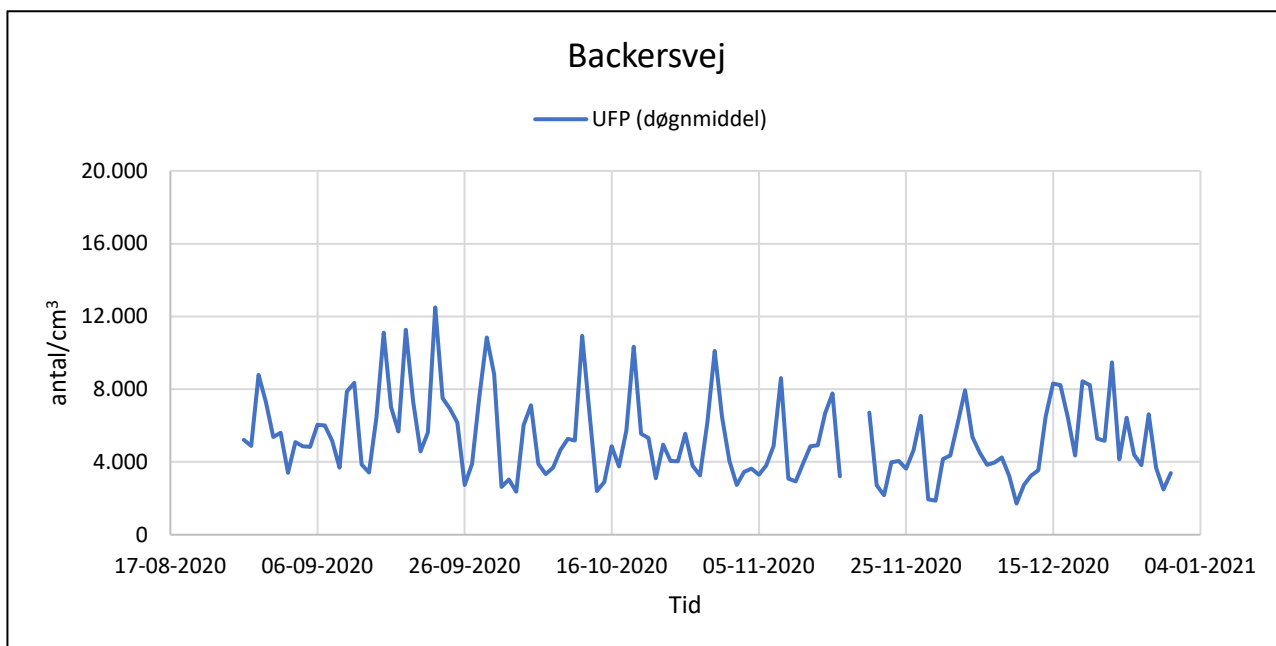
Figur 13. Døgnmiddelværdier for UFP på Søtorvet.



Figur 14. Døgnmiddelværdier for UFP på Hillerødgade.



Figur 15. Døgnmiddelværdier for UFP på Folehaven.



Figur 16. Døgnmiddelværdier for UFP på Backersvej.

Tabel 9. Beregnede middelværdier af UFP for de enkelte målestationer. Der foreligger ikke grænseværdier for UFP i udeluft.

Parameter	Periode	Krüegersgade	Søtorvet	Hillerødgade	Folehaven	Backersvej
		antal/cm ³				
UFP	Målt middelværdi for perioden sep.-dec. 2020	5438	5583	6255	7432	5299

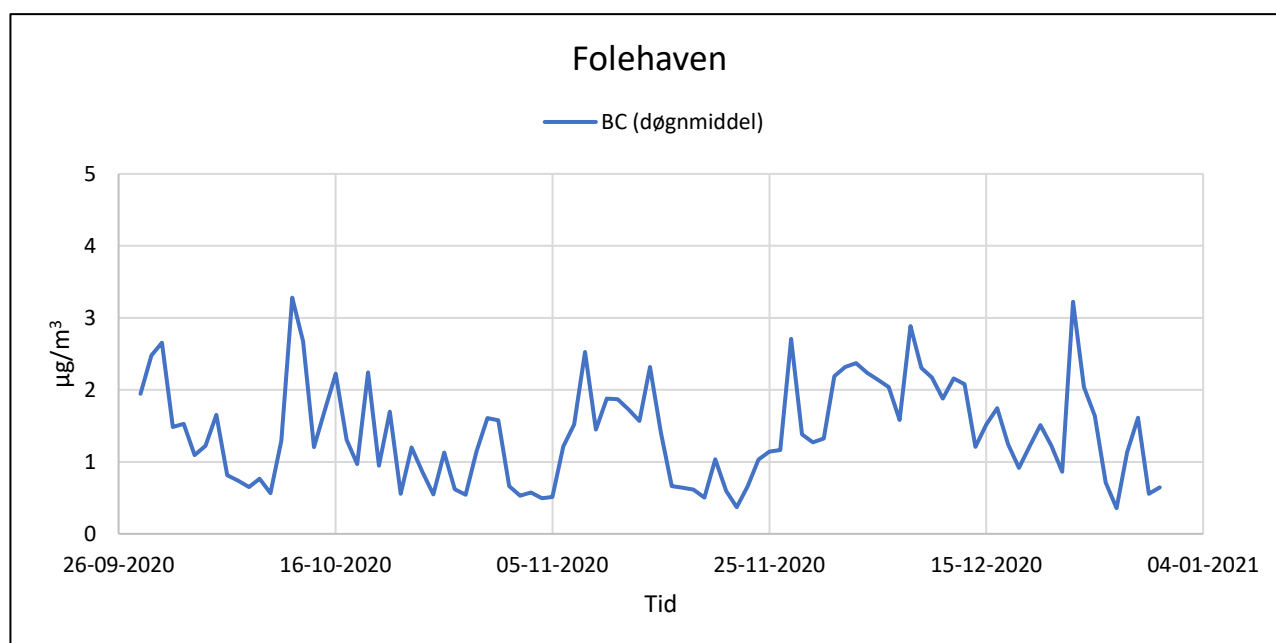
4.3 Black Carbon, BC

Figur 17 – Figur 18 døgnmiddelværdier¹⁷ for BC. Tabel 10 angiver årsgennemsnittet for BC for de enkelte målestationer. Der foreligger ikke grænseværdier for BC i udeluft.

Resultatet af målingen viser, at koncentrationen af BC på Folehaven ($1,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) er dobbelt så høj som på Backersvej ($0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Dette skyldes den langt større trafikintensitet på indfaldsvejen Folehaven ift. Backersvej, som er beliggende i et villakvarter. Som beskrevet i afsnit 4.2 blev der af samme grund målt en væsentlig højere koncentration af ultrafine partikler på Folehaven ift. Backersvej.

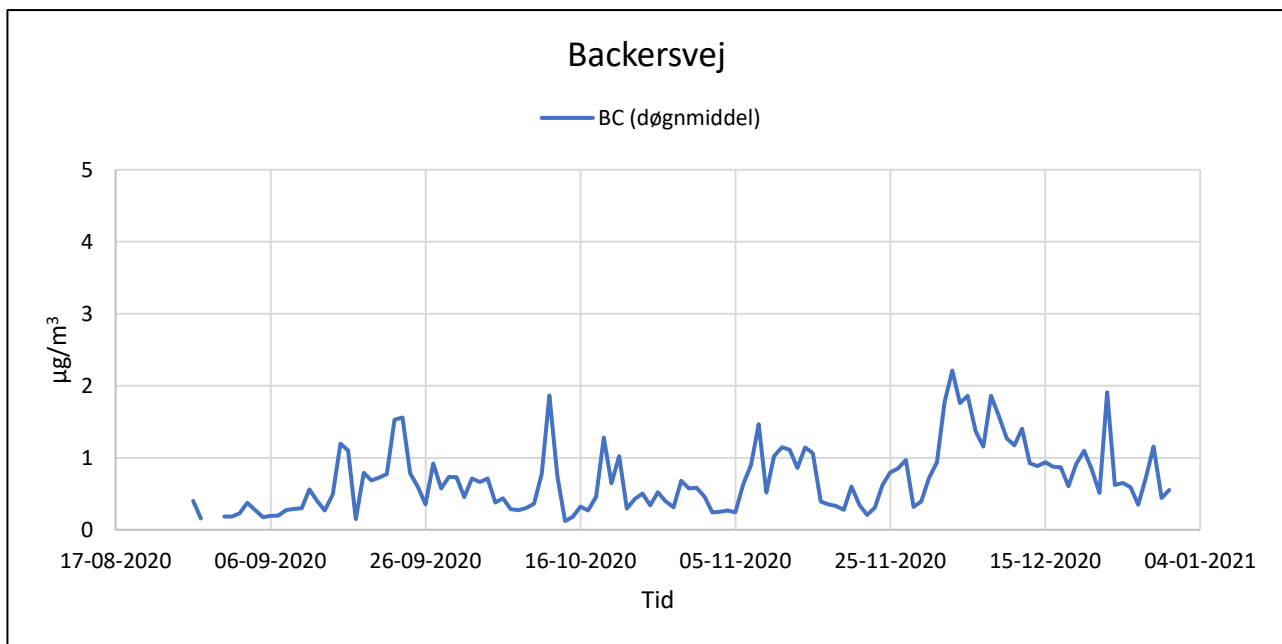
Den beregnede andel af BC, der stammer fra afbrænding af fossilt brændsel (BC_{FF}) udgør ca. 62% af den totale målte BC på Folehaven. Tilsvarende udgør BC_{FF} ca. 63% af den totale målte BC på Backersvej. Den andel af BC, der tilskrives afbrænding af træ (BC_{WB}) beregnes som $\text{BC}_{\text{WB}} = \text{BC} - \text{BC}_{\text{FF}}$. På Backersvej udgør BC_{WB} derfor ca. 38% mens den udgør ca. 37% på Folehaven. Bemærk, at denne årsrapport kun omfatter målinger fra august/september og frem til årsskiftet, og at datamaterialet er for begrænset for at kunne vurdere effekter af fx brændeovnsfyring.

Grafer, der viser timemiddelværdier for de enkelte målestationer er vist i Bilag D.



Figur 17. Døgnmiddelværdier for BC på Folehaven.

¹⁷ Eventuelle manglende måleværdier på graferne skyldes service og kalibrering af måleudstyret.



Figur 18. Døgnmiddelværdier for BC på Backersvej.

Tabel 10. Beregnede middelværdier af BC på Folehaven samt Backersvej. Der måles ikke BC på de resterende tre målestationer.

Parameter	Periode	Folehaven	Backersvej	Grænseværdi
		µg/m ³		
BC	Målt middelværdi	1,4	0,7	-
BC _{WB}	Målt middelværdi	0,5	0,3	-
BC _{FF}	Målt middelværdi	0,9	0,4	-

4.4 NO₂

Figur 19 – Figur 23 viser døgnmiddelværdier samt årsmiddelværdien for de enkelte målestationer¹⁸. Resultaterne er sammenlignet med EU's grænseværdi samt WHO's vejledende grænseværdi. Det skal bemærkes, at de enkelte time- og døgnmiddelværdier gerne må overskride årsmiddelværdien, så længe det målte årsgennemsnit ikke overskride årsgrenseværdien. Det skal dog bemærkes at antallet af målte timemiddelværdier over et år højst 18 gange må overskride EU's grænseværdi for spidsværdier på 200 µg/m³.

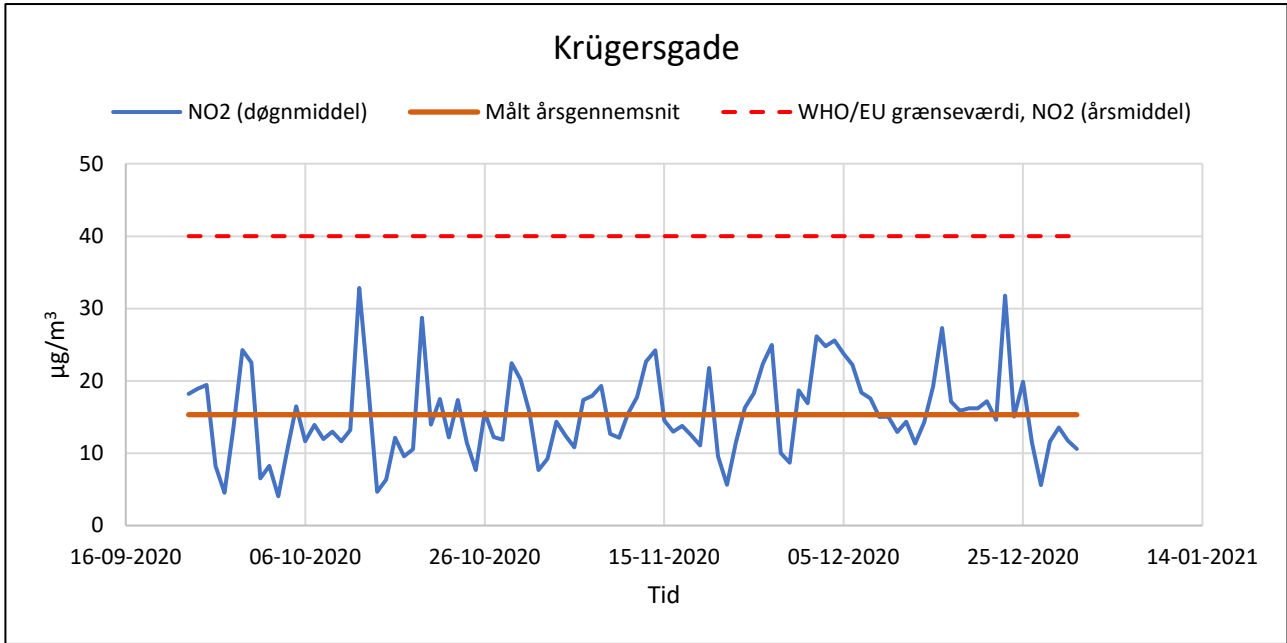
Tabel 12 angiver årsgennemsnittet for NO₂. Resultatet af målingerne viser, at EU's grænseværdier samt WHO's vejledende grænseværdier er overholdt i forhold til årsmiddel samt spidsværdier (døgnmiddel). De højeste gennemsnitskoncentrationer (årsmiddel) er målt på Folehaven (23 µg/m³) efterfulgt af Søtorvet (21 µg/m³) og Hillerødgade (20 µg/m³). Årsmiddelværdien målt på Krügersgade (15 µg/m³) og Backersvej (10 µg/m³) er noget lavere, hvilket skyldes at begge målestationer ligger på gader med lavere trafiktæthed end henholdsvis Folehaven, Søtorvet og Hillerødgade. Krügersgade er dog placeret tæt på Åboulevarden, hvor trafiktætheden også er høj, mens målestationen på Backersvej er placeret ud til en mindre trafikeret vej i et villakvarter. Dette forklarer, hvorfor årsmiddelværdien for Backersvej er den lavest måle af de fem målestationer. Spidskoncentrationer er ligeledes højest på Folehaven efterfulgt af Hillerødgade og Søtorvet.

Grafer, der viser timemiddelværdier for de enkelte målestationer er vist i Bilag D. Der er ingen overskridelser af spidsværdier for NO₂ i den målte periode som vist i Tabel 11.

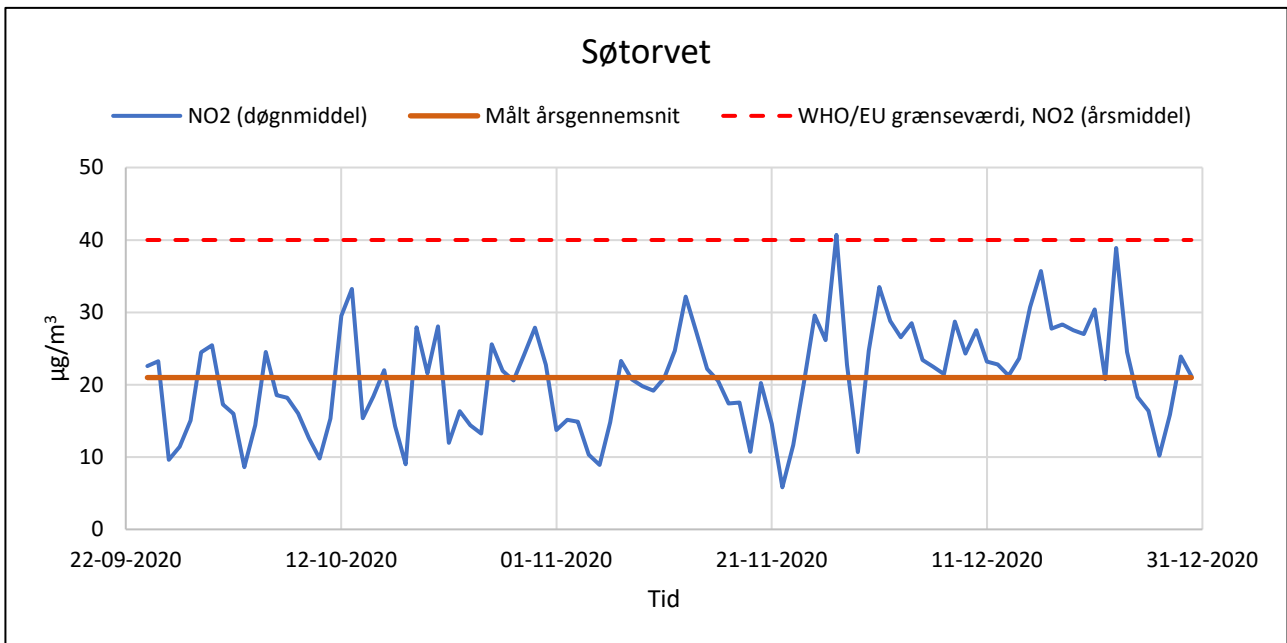
Tabel 11. Antal tilladte samt overskredne spidsværdier på de enkelte målestationer.

NO ₂		EU's grænseværdi	WHO's vejledende grænseværdi
Antal tilladte spidsværdier over grænseværdi		18	0
Antal overskredne spidsværdier	Krügersgade	0	0
	Søtorvet	0	0
	Hillerødgade	0	0
	Folehaven	0	0
	Backersvej	0	0

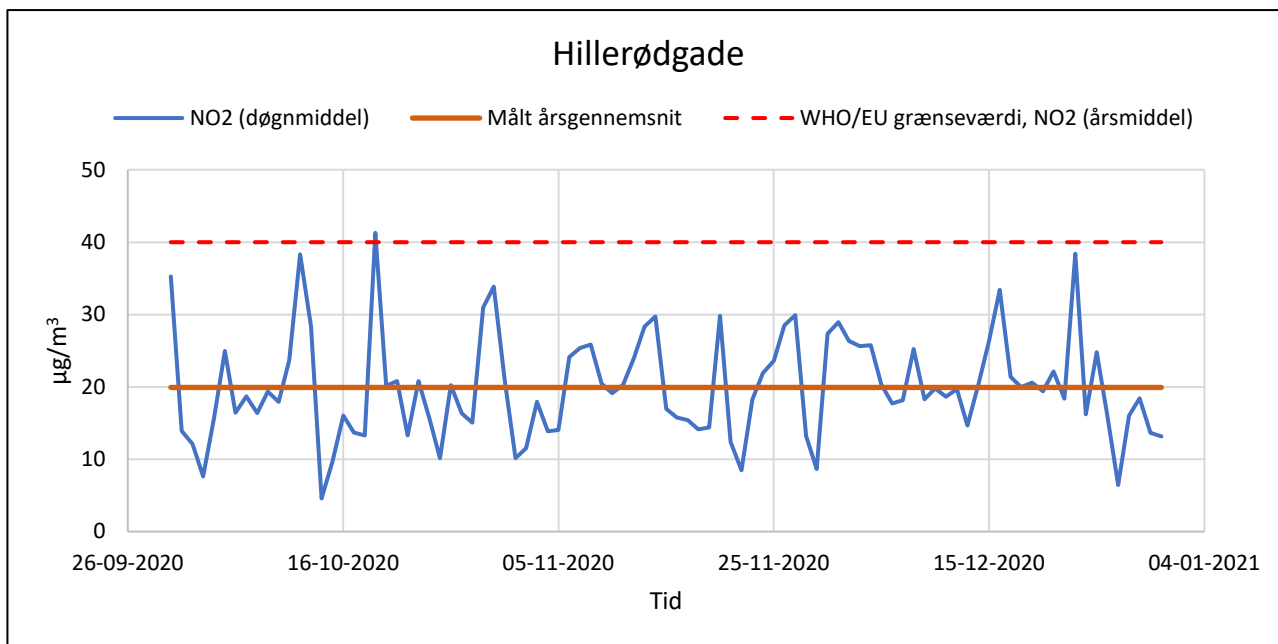
¹⁸ Eventuelle manglende måleværdier på graferne skyldes service og kalibrering af måleudstyret.



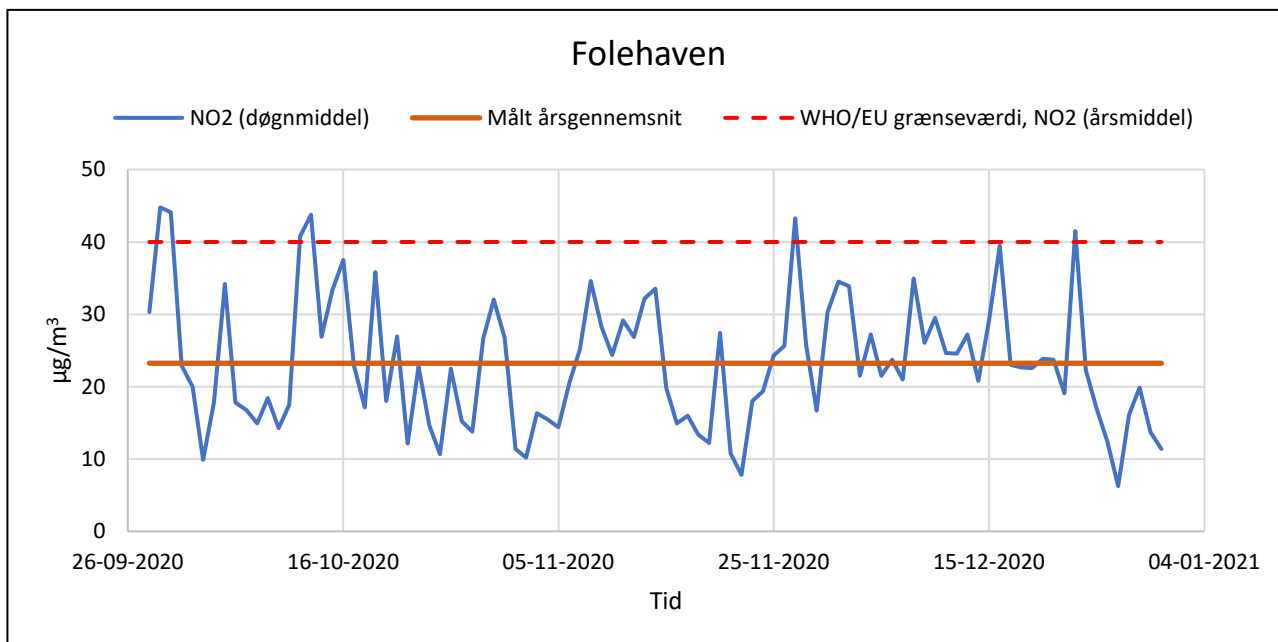
Figur 19. Døgnmiddelværdier samt målt årgennemsnit for NO₂ på Krügersgade. Den røde stiplede linje angiver EU's grænseværdi samt WHO's vejledende grænseværdi for den gennemsnitlige koncentration af NO₂ over et år.



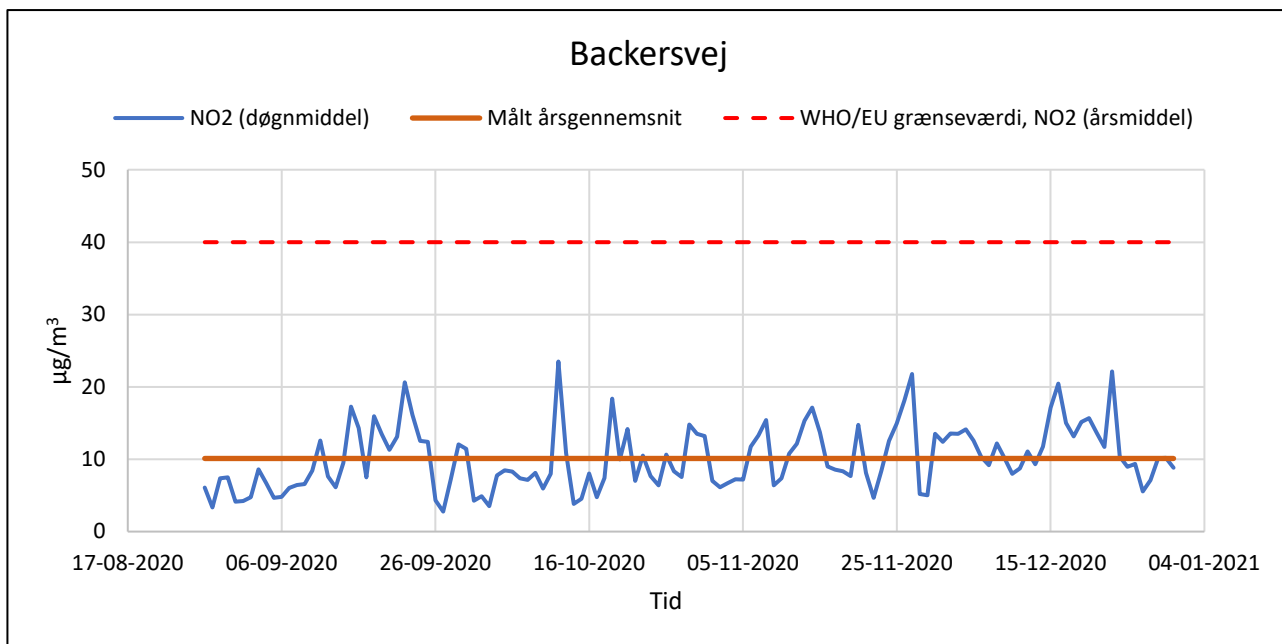
Figur 20. Døgnmiddelværdier samt målt årgennemsnit for NO₂ på Søtorvet. Den røde stiplede linje angiver EU's grænseværdi samt WHO's vejledende grænseværdi for den gennemsnitlige koncentration af NO₂ over et år.



Figur 21. Døgnmiddelværdier samt målt årsgennemsnit for NO₂ på Hillerødgade. Den røde stiplede linje angiver EU's grænseværdi samt WHO's vejledende grænseværdi for den gennemsnitlige koncentration af NO₂ over et år.



Figur 22. Døgnmiddelværdier samt målt årsgennemsnit for NO₂ på Folehaven. Den røde stiplede linje angiver EU's grænseværdi samt WHO's vejledende grænseværdi for den gennemsnitlige koncentration af NO₂ over et år.



Figur 23. Døgnmiddelværdier samt målt årgennemsnit for NO₂ på Backersvej. Den røde stiplede linje angiver EU's grænseværdi samt WHO's vejledende grænseværdi for den gennemsnitlige koncentration af NO₂ over et år.

Tabel 12. Beregnede middelværdier på målestationerne i henhold til EU's grænseværdier samt WHO vejledende grænseværdier.

Parameter	Grænseværdi			Målte middelværdier				
	Grænseværdi for	µg/m ³	Grænseværdi baseret på	Krüegersgade	Søtorvet	Hillerødgade	Folehaven	Backersvej
				µg/m ³				
NO ₂	EU samt WHO (vejledende)	40	Årsmiddelværdi	15	21	20	23	10
NO ₂	EU	200	Højest tilladelige spidsværdi (note 19)	52	70	69	85	41
NO ₂	WHO (vejledende)	200	Højest tilladelige spidsværdi (note 20)	60	75	80	95	47

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

²⁰ Må ikke overskrides som timemiddelværdi på noget tidspunkt.

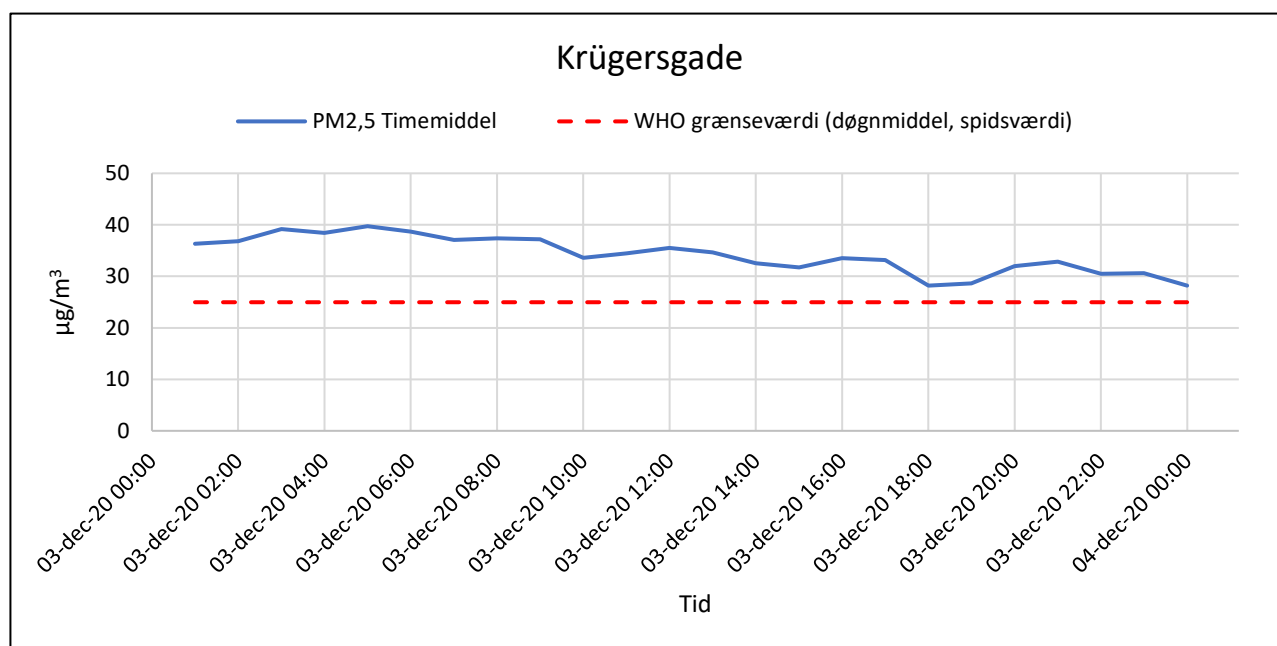
5 Variationer i de målte koncentrationer

5.1 Variationer i luftkvalitet

I det følgende afsnit vises udvalgte eksempler med henholdsvis *worst case* og *best case* døgn, vurderet ud fra de målte værdier for de enkelte parametre i måleperioden. Med *worst case* menes her et eksempel på et døgn i måleperioden, hvor den pågældende parameter vurderes at have haft et særlig højt bidrag i forhold til belastning af luftkvaliteten. Med *best case* menes et eksempel på et døgn, hvor måleparameteren har haft et særligt lavt bidrag til belastningen af luftkvaliteten.

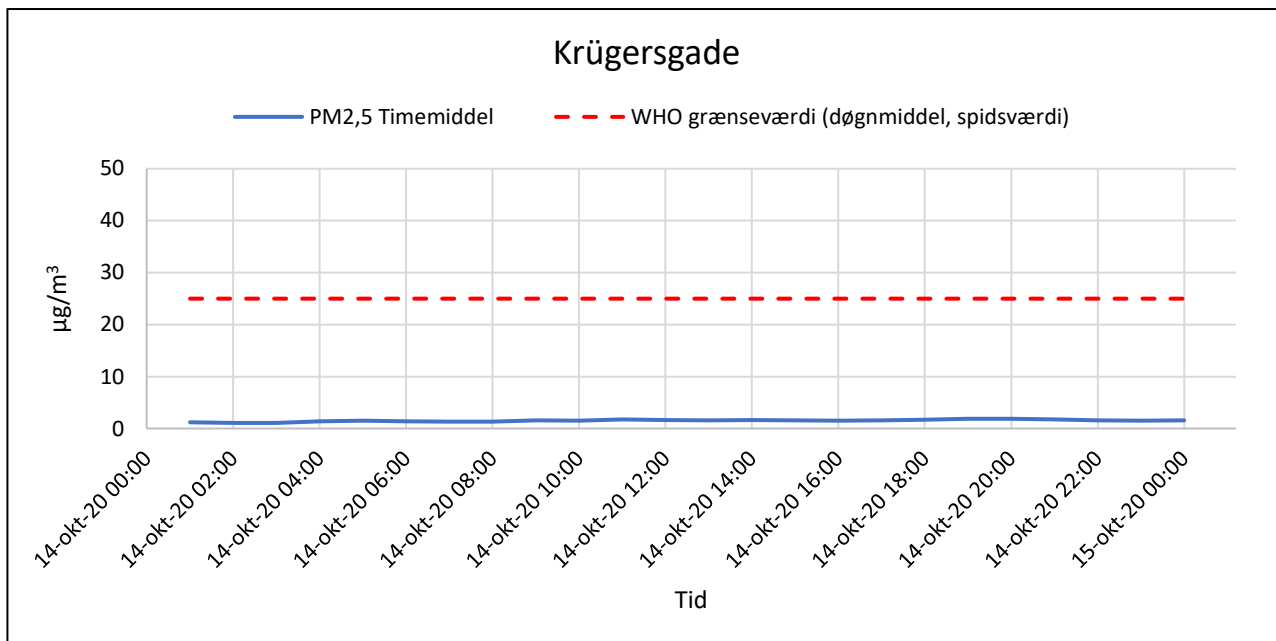
5.1.1 Worst case og best case døgnmålinger for PM_{2,5}

Figur 24 viser en graf for en vurderet *worst case* døgnmåling for PM_{2,5}. Målingen er foretaget den 3. december 2020. Vinden har været i sydlig retning frem til formiddagen, hvorefter vinden er drejet og kommer fra østlig retning. Vindhastigheden var lav - omkring 2,5 m/s fra morgentimerne og frem til midnat. Perioden fra 29. november til 13. december er generelt præget af vinden kommer fra syd eller sydøstlig retning og vindhastigheden er 3 – 7 m/s. I den periode måles der generel højere partikelkoncentrationer i forhold til andre perioder af tilsvarende længde. Se evt. døgnmiddelværdier for PM_{2,5} for de enkelte målestationer i afsnit 4.1. De forholdsvis lave vindhastigheder samt vindretningen, der er målt den 3. december, er formentlig årsag til de relativt høje koncentrationer.



Figur 24. *Worst case* døgn for måling af PM_{2,5}. Målingen er foretaget på Krügersgade den 3. december 2020. Døgn gennemsnittet er målt til 34 µg/m³. Den røde stiplede linje angiver WHO's vejledende grænseværdi (spidsværdi), som er sammenfaldende med EU's årsgrænseværdi.

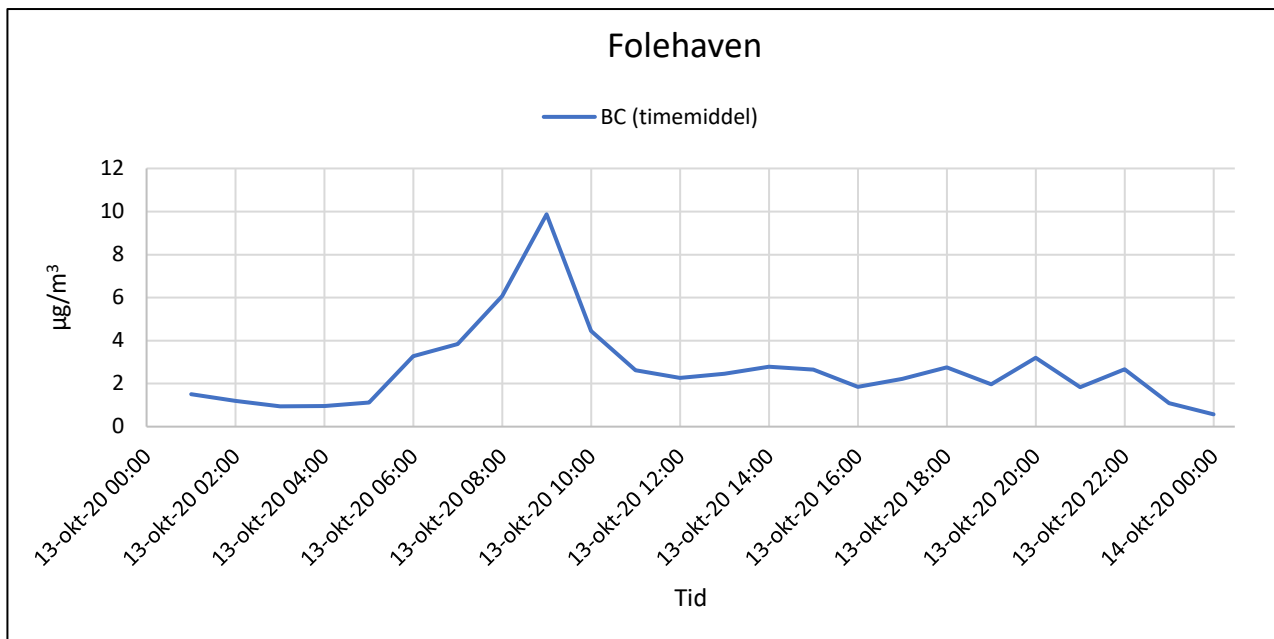
Figur 25 viser en tilsvarende *best case* døgnmåling for PM_{2,5} fra onsdag den 14. oktober 2020. Målingen er ligeledes foretaget på Krügersgade. Vinden er kommet fra nordlig retning og middelvind omkring 5 - 7 m/s, hvilket er en smule højere end middelvinden de foregående og efterfølgende dage, hvilket formentligt er en indvirkende årsag til den målte, relativt lave partikelkoncentration.



Figur 25. *Best case* døgn for måling af PM_{2,5}. Målingen er foretaget på Krügersgade den 14. oktober 2020. Døgngennemsnittet er målt til 5 µg/m³. Den røde stiplede linje angiver WHO's vejledende grænseværdi (spidsværdi), som er sammenfaldende med EU's årsgrænseværdi.

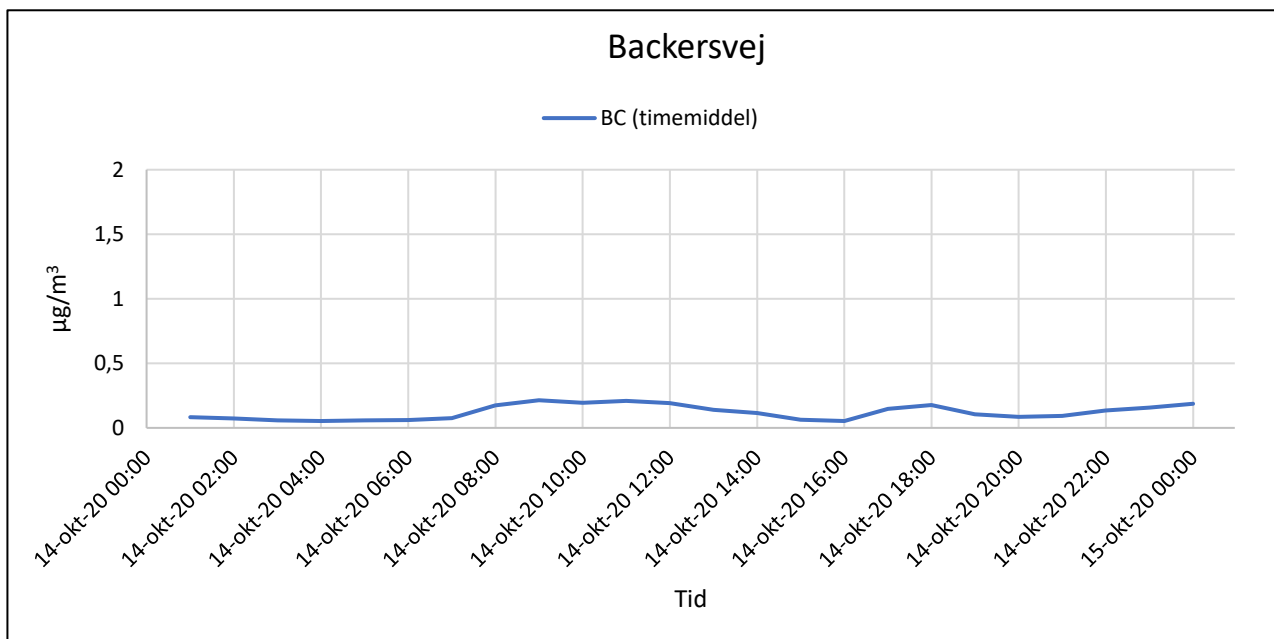
5.1.2 Worst case og best case døgnmålinger for Black Carbon

Figur 26 viser en *worst case* døgnmåling for BC. Målingen er foretaget på Folehaven tirsdag den 13. oktober 2020 og viser især en forholdsvis høj koncentration i morgentimerne fra kl. 6 – 10. Den relativ høje koncentration af BC omkring kl. 6 – 10 skyldes formentligt morgenmyldretiden med høj trafikintensitet, kombineret med en samtidig lav vindhastighed: Middelvinden i morgentimerne var <1,5 m/s, og luftskiftet omkring målestationen har derfor været forholdsvis lavt på dette tidspunkt.



Figur 26. *Worst case* døgn for måling af BC. Målingen er foretaget på Folehaven den 13. oktober 2020. Døgn gennemsnittet er målt til 2,7 µg/m³.

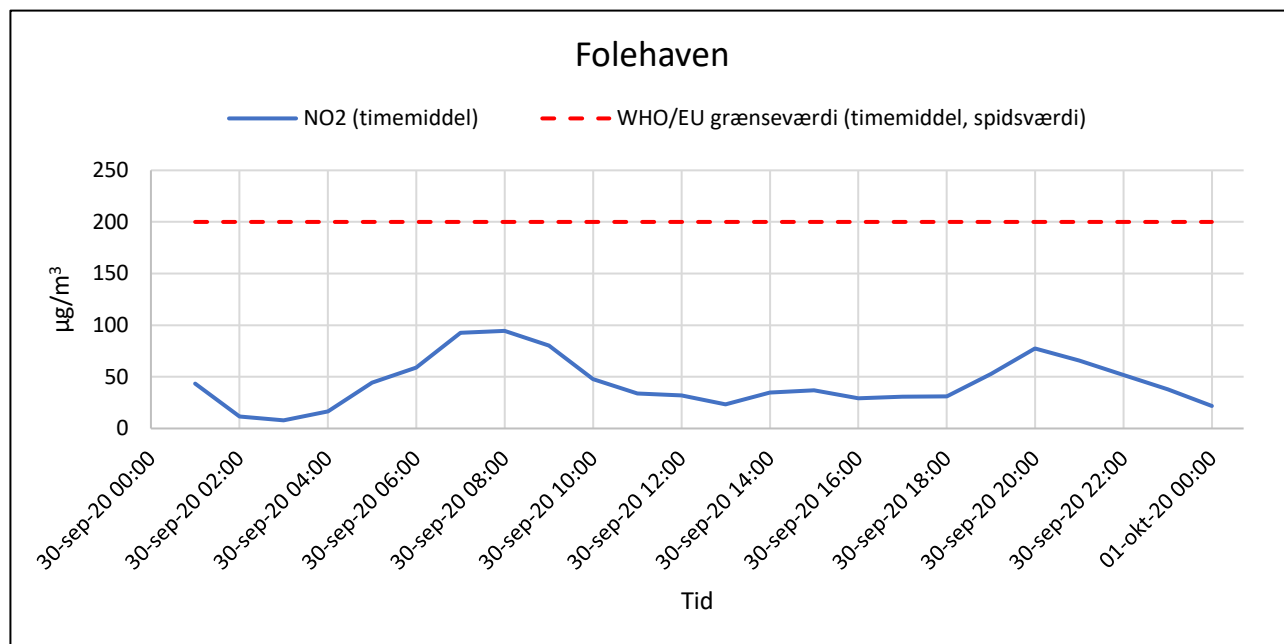
Figur 27 viser en tilsvarende *best case* døgnmåling for BC fra onsdag den 14. oktober 2020 på Backersvej. Middelvinden er 5 – 7 m/s fra nordlig retning. Backersvej ligger omtrent NNV – SSØ, så vindretningen har mere eller mindre været langs med vejen. Området lidt nord for målestationen på Backersvej er ikke præget af tung industri eller trafikerede kryds, som ellers ville kunne bidrage til koncentrationen af BC. Emissioner fra brændeovne i området må ligeledes forventes at være begrænset, da temperaturen har ligget omkring 10°C på en hverdag i oktober. Disse forhold er formentlig skyld i at koncentrationen af BC har været lav den pågældende dag.



Figur 27. *Best case* døgn for måling af BC. Målingen er foretaget på Backersvej den 14. oktober 2020. Døgn gennemsnittet er målt til 0,1 µg/m³.

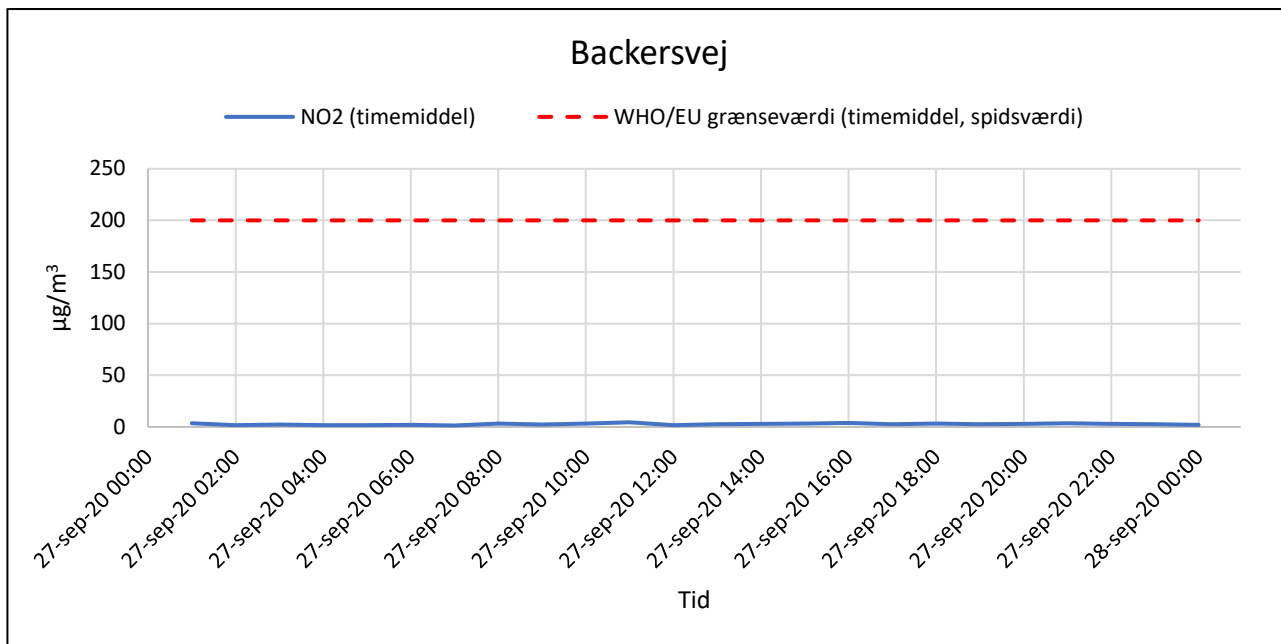
5.1.3 Worst case og best case døgnmålinger for NO₂

Figur 28 viser en *worst case* døgnmåling for NO₂. Målingen er foretaget på Folehaven onsdag den 30. september 2020. Grafen viser en forholdsvis høj koncentration i morgentimerne fra kl. 6 – 10. Som i tilfældet med *worst case* målinger af BC (Figur 26) skyldes den relativt høje koncentration af NO₂ formentlig, at middelvinden i morgentimerne har været <2 m/s og luftskiftet omkring målestationen derved har været forholdsvis lavt. Dertil kommer, at tidspunktet er sammenfaldende med morgenmyldretiden med høj trafikintensitet.



Figur 28. *Worst case* døgn for måling af NO₂. Målingen er foretaget på Folehaven den 30. september 2020. Døgn gennemsnittet er målt til 44 µg/m³.

Figur 29 viser den tilsvarende *best case* døgnmåling for NO₂. Målingen er foretaget på Backersvej søndag den 27. september 2020. Middelvinden har ligget omkring 2,5 – 5 m/s fra nordøstlig retning. Vinden er kommet fra en retning over villakvarteret, hvor der ikke findes trafikerede vejkryds. Trafikintensiteten i weekenden må desuden forventes at være lavere end på tilsvarende hverdage. Disse forhold er formentlig skyld i at koncentrationen af NO₂ har været lav den pågældende dag. Temperaturen har ligget mellem 16 – 22 °C den 27. september, så der forventes ikke at have været bidrag fra brændeovne i perioden.



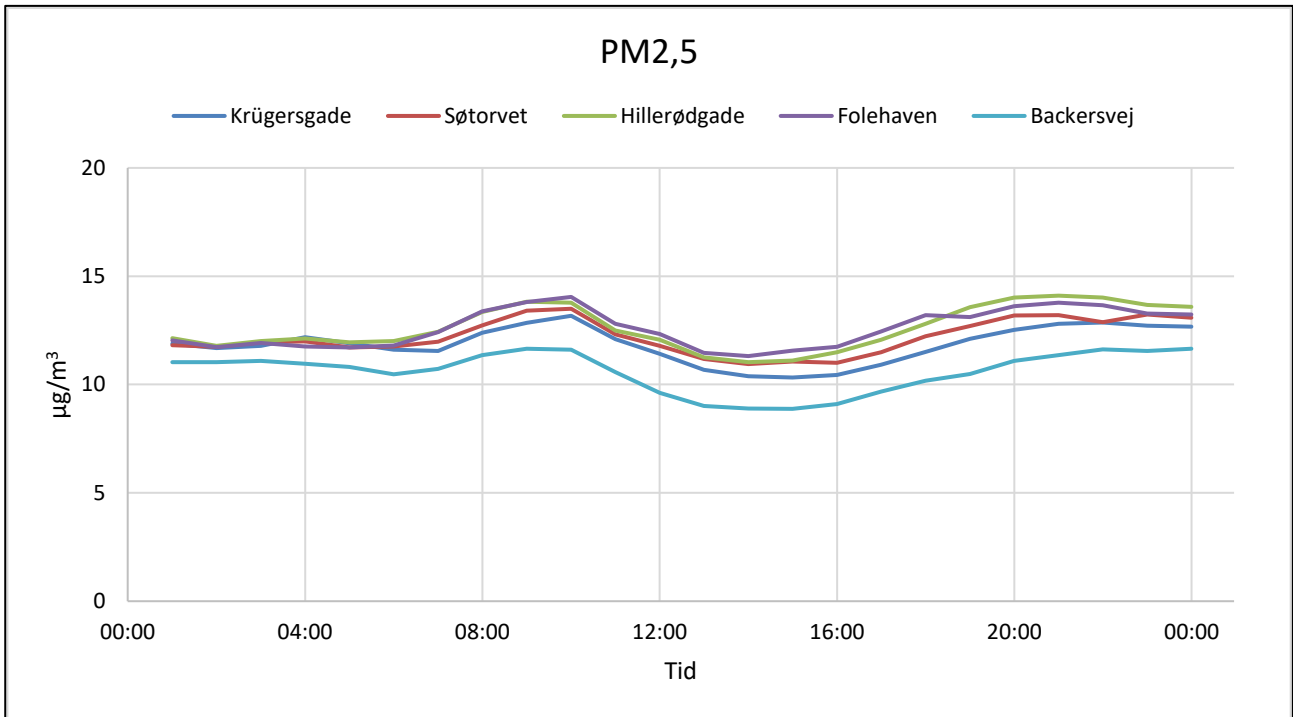
Figur 29. *Best case* døgn for måling af NO₂. Målingen er foretaget på Backersvej den 27. september 2020. Døgn gennemsnittet er målt til 3 µg/m³.

5.2 Luftkvaliteten på hverdage

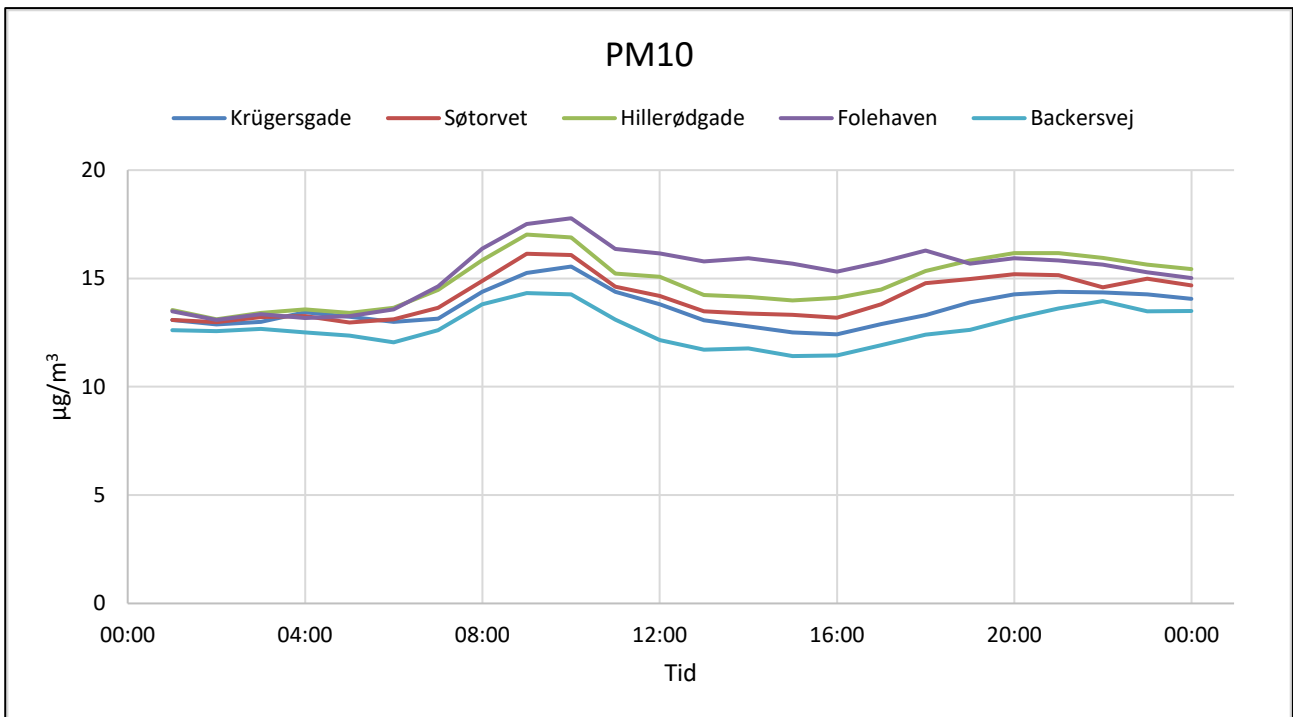
Figur 30 – Figur 34 viser grafer, der repræsenterer gennemsnitlige døgn for henholdsvis PM₁₀, PM_{2,5}, UFP, BC og NO₂. Resultaterne angives som timeværdier baseret på valide timemiddelværdier på hverdage for de enkelte målestationer. Bemærk at timerne er slutstemplet, dvs. perioden mellem fx kl. 13 – 14 er angivet som kl. 14 på graferne.

På graferne ses en variation af de gennemsnitlige timemiddelværdier, beregnet ud fra de enkelte timer i døgnet på alle hverdage i måleperioden. De gennemsnitlige timemiddelværdier følger generelt døgnrytmen for intensiteten af vejtrafikken. Specielt morgen- og formiddagstrafikken kan identificeres for de fleste parametre. De gennemsnitlige timemiddelværdier for PM_{2,5} og PM₁₀ viser dog lidt forskudte koncentrationstoppe i forhold til UFP, BC og NO₂.

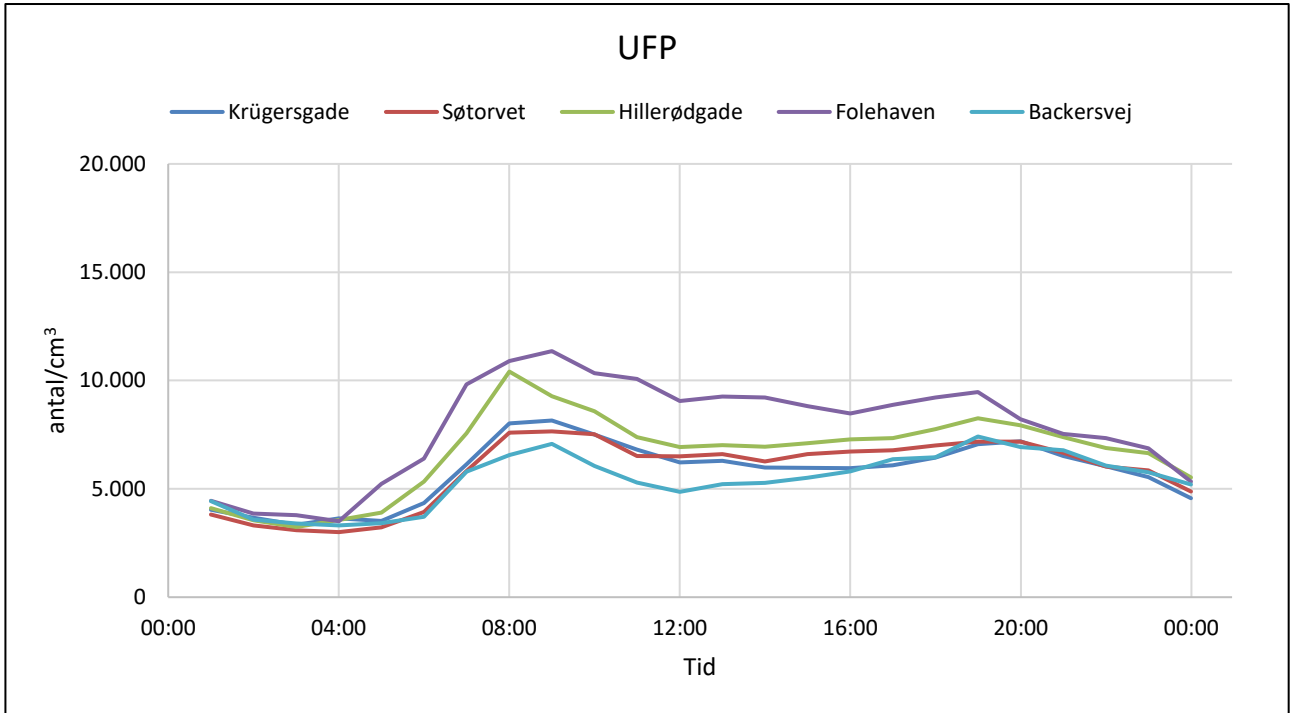
Tydeligst ses variation af de gennemsnitlige timemiddelværdier for NO₂. Denne parameter er forbundet med udledningen fra dieselskøretøjer. Om eftermiddagen ses den næste koncentrations-top omkring kl. 15 – 17. Koncentrationstoppen om eftermiddagen er mindre udtalt, hvilket kan skyldes, at eftermiddagstrafikken i København er spredt ud over et større tidsrum i forhold til morgentrafikken. Måleperioden har dog været præget af perioder med COVID-19 nedlukning og forskudte arbejdstider, hvilket formodes at have influeret på antallet af biler på vejene, og dermed i nogen grad på de målte koncentrationer.



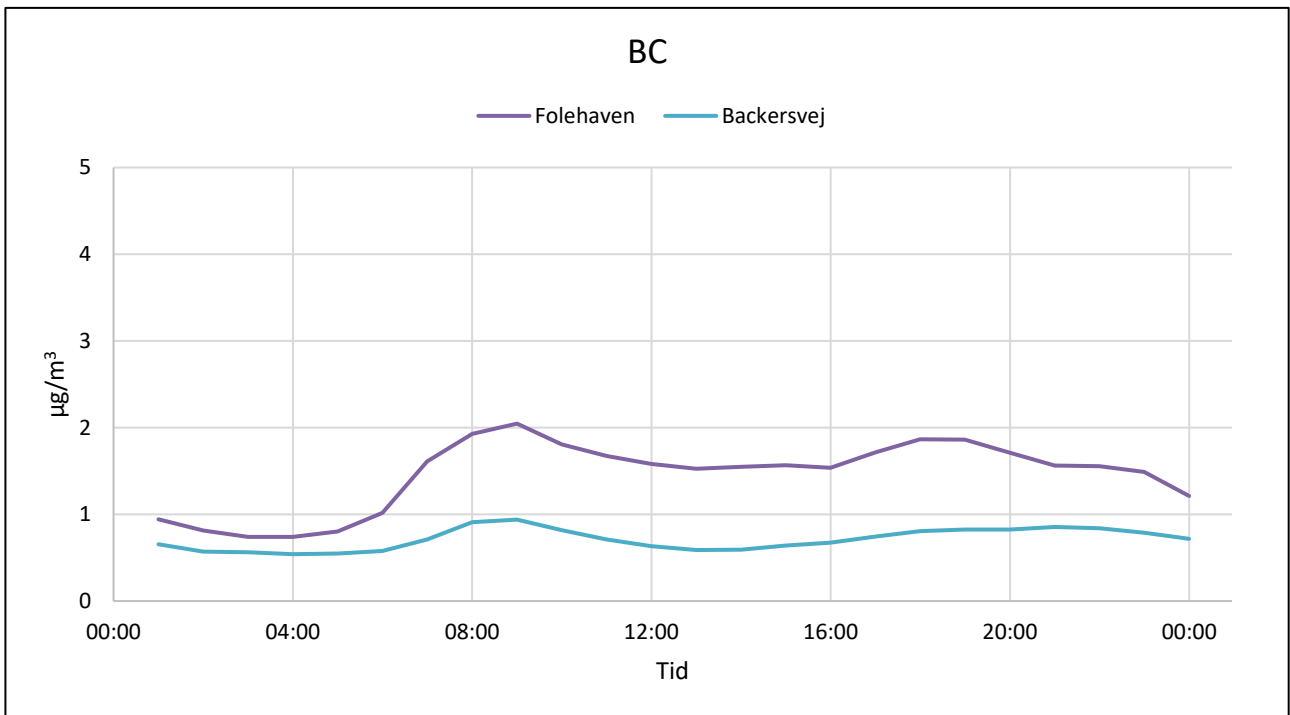
Figur 30. Gennemsnitlige timemiddelværdier for PM_{2.5} på hverdage.



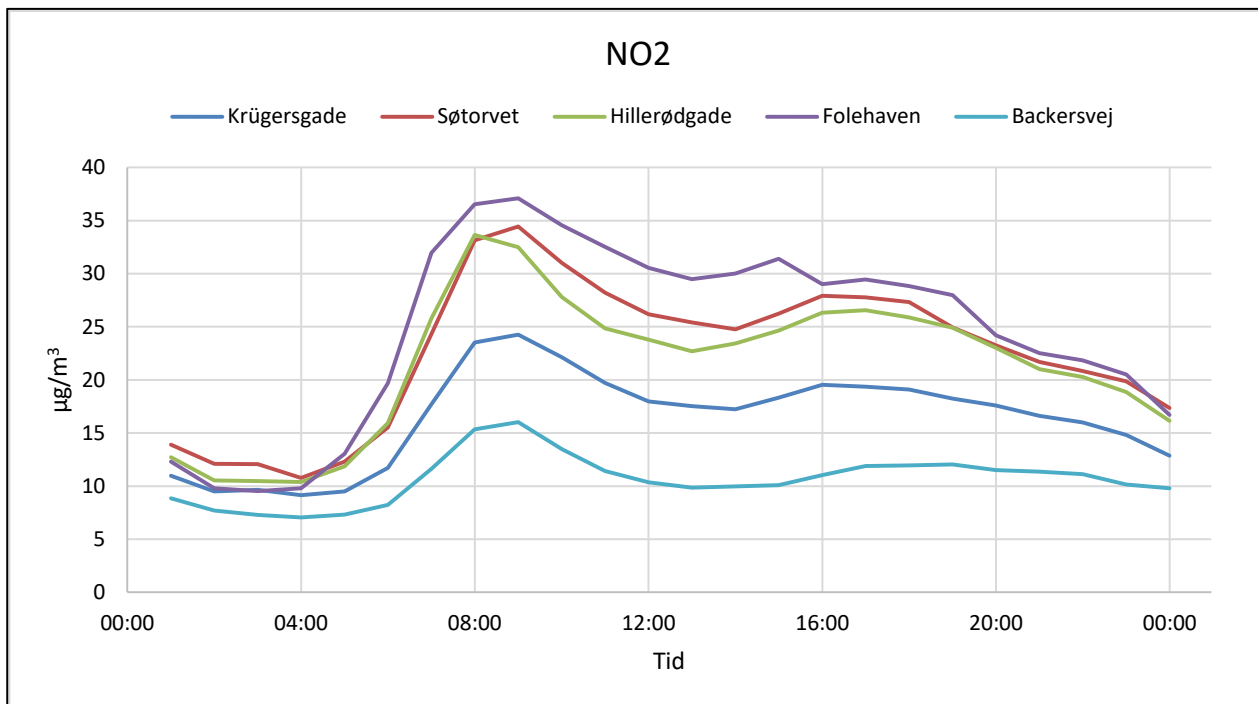
Figur 31. Gennemsnitlige timemiddelværdier for PM₁₀ på hverdage.



Figur 32. Gennemsnitlige timemiddelværdier for UFP på hverdage.



Figur 33. Gennemsnitlige timemiddelværdier for BC på hverdage.



Figur 34. Gennemsnitlige timemiddelværdier for NO₂ på hverdage.

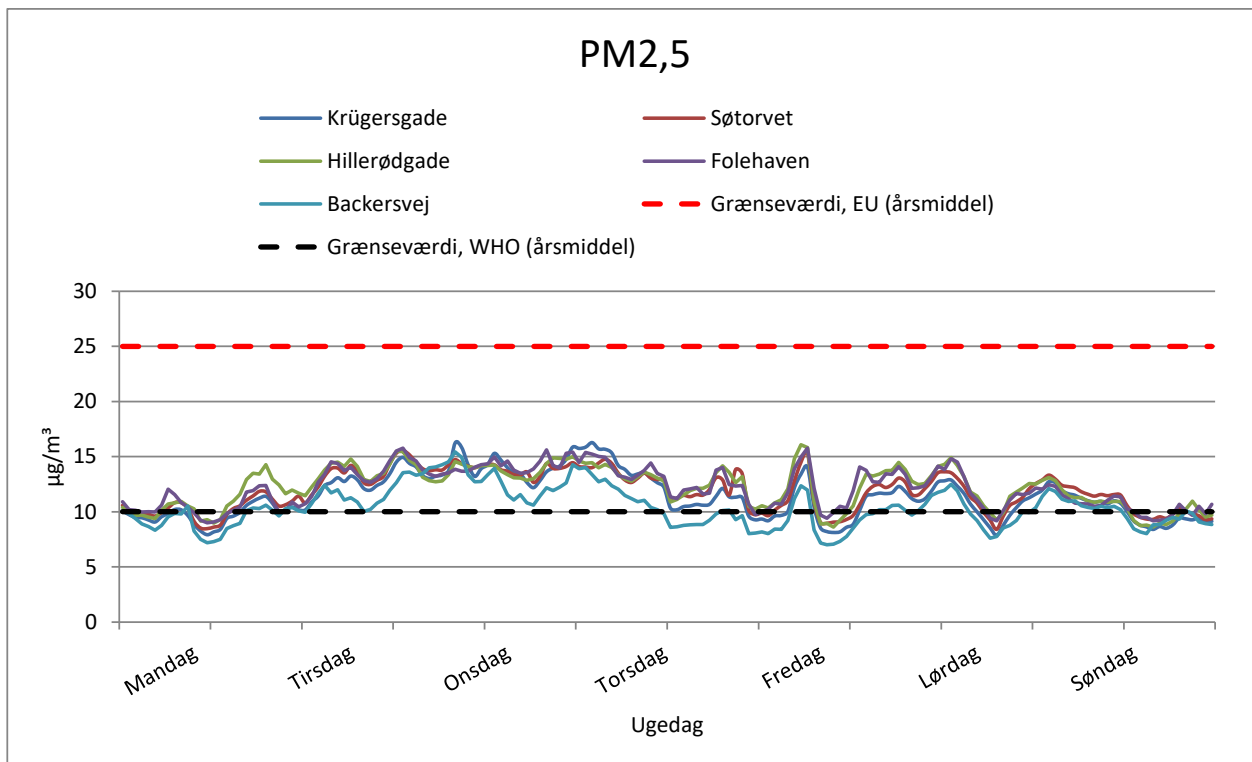
5.3 Sammenstilling af døgnvariationer

Figur 35 – Figur 39 viser en sammenstilling af det gennemsnitlige forureningsniveau for henholdsvis PM₁₀, PM_{2,5}, UFP, BC og NO₂ for de enkelte ugedage. EU's Grænseværdier (årsmiddel) samt WHO's anbefalede grænseværdier (årsmiddel) for henholdsvis PM₁₀, PM_{2,5} og NO₂ er angivet på graferne. De enkelte timegenomsnit på den enkelte ugedag er baseret på timemiddelværdier fra de i alt 12 – 16 uger, der har været tilgængelig i måleperioden.

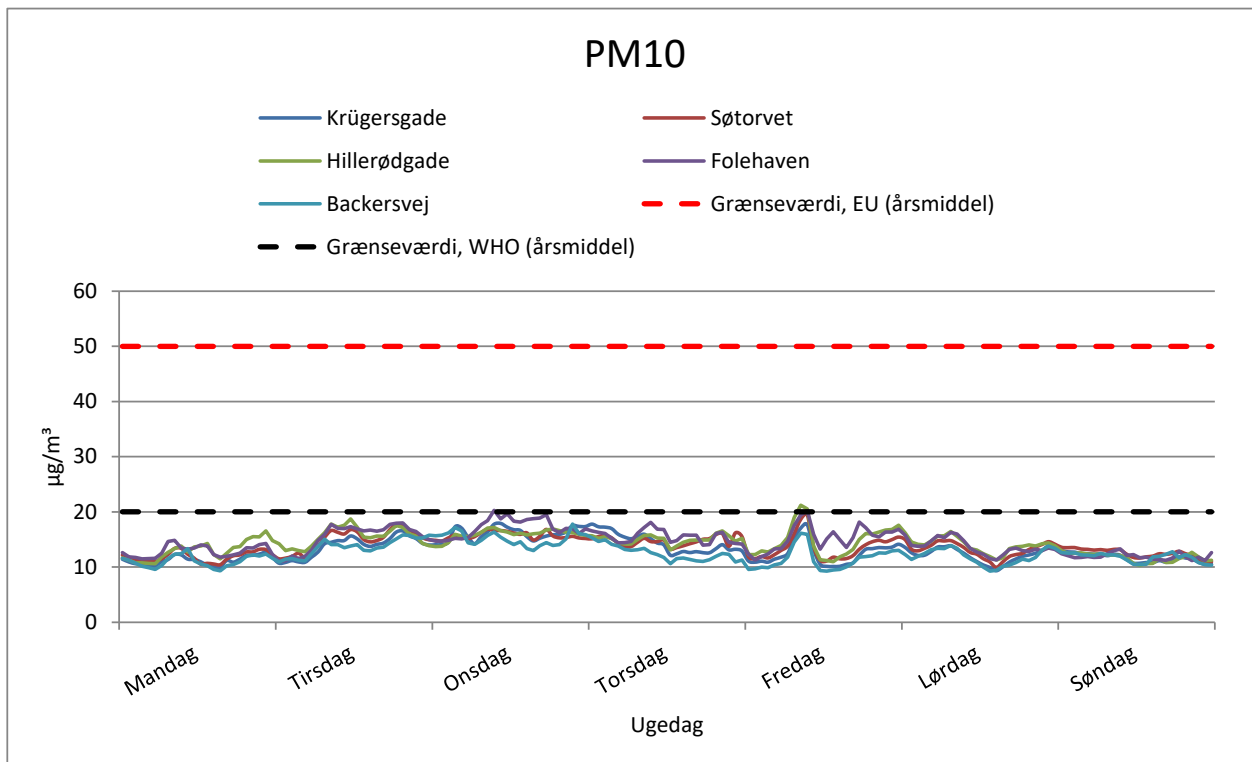
De gennemsnitlige døgnværdier for PM_{2,5} viser kun begrænsede tegn på at udledningen er betinget af trafik. Forskellen i de målte koncentrationer mellem de enkelte målestationer viser at PM_{2,5} er generelt mere regionalt betinget og et udtryk for langtransport af partikler. Koncentrationen af PM₁₀ er lavere i weekenden, hvilket eventuelt kan tilskrives en lavere trafikintensitet (vejstøv), og at støvende anlægsarbejde mm. primært foretages i hverdagene. De gennemsnitlige døgnværdier for PM₁₀ ligger generelt under EU's grænseværdi samt WHO's vejledende grænseværdi. De gennemsnitlige døgnværdier for PM_{2,5} ligger generelt under EU's grænseværdi, men WHO's vejledende grænseværdi er overskredet de fleste ugedage i måleperioden.

De gennemsnitlige døgnværdier for UFP, BC og NO₂ viser mere tydelige tegn på udledninger, der er forbundet med trafikintensiteten. Målingen af BC på Backersvej er dog en undtagelse, hvilket skyldes, at målestationen ligger i et villakvarter, hvor variationer i trafikintensiteten i løbet af et døgn ikke er så udtalt som på fx Folehaven. For UFP (Figur 37) er partikkelkoncentrationen som forventet lavere i weekenden i forhold til hverdage. Måleperioden har dog været præget af perioder med COVID-19 nedlukning og forskudte arbejdstider, hvilke kan influere på antallet af biler på vejere.

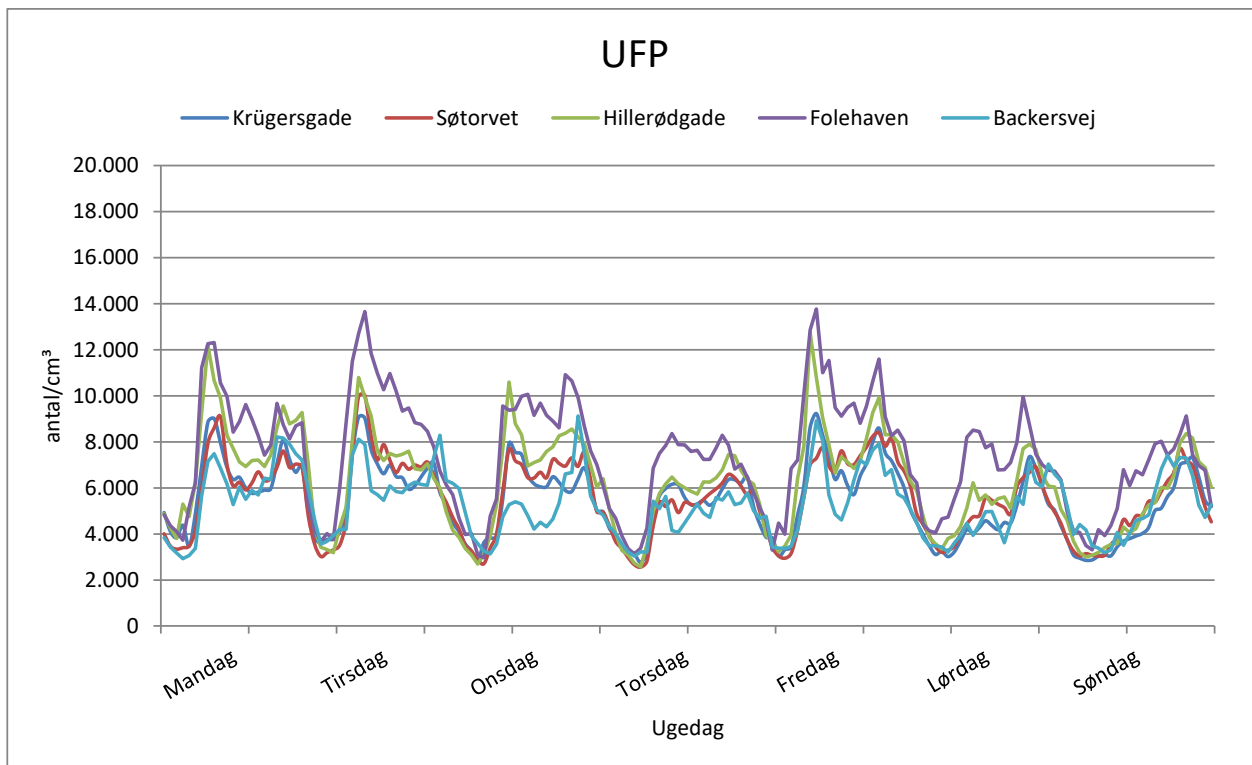
Figur 39 viser de gennemsnitlige døgnværdier af NO₂. Her ses en tydeligere variation af koncentrationer målt på hverdage og i weekenden. Målingerne på Backersvej er generelt lavest mens især Folehaven toppe de målte koncentrationer i perioden. EU's og WHO's grænseværdi (årsmiddel) er dog generelt overholdt.



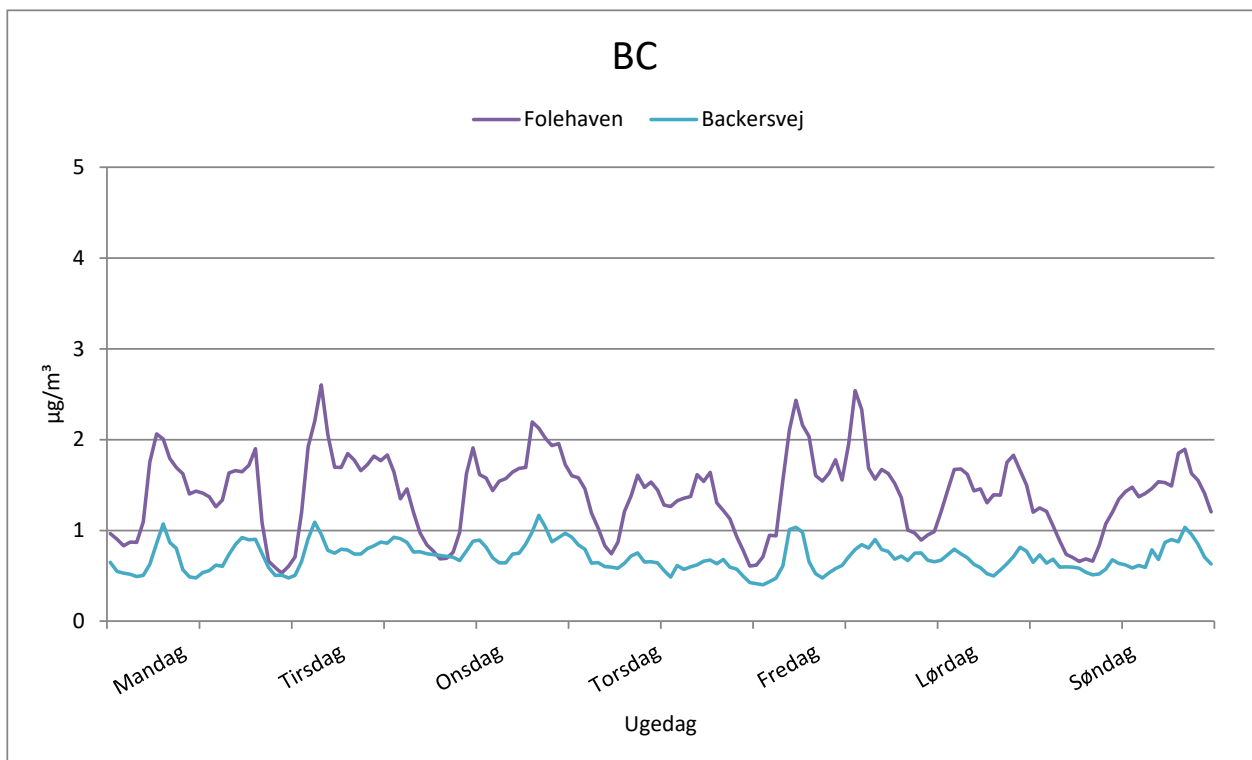
Figur 35. Gennemsnitlige døgnvariationer for PM_{2,5} fordelt på ugedage.



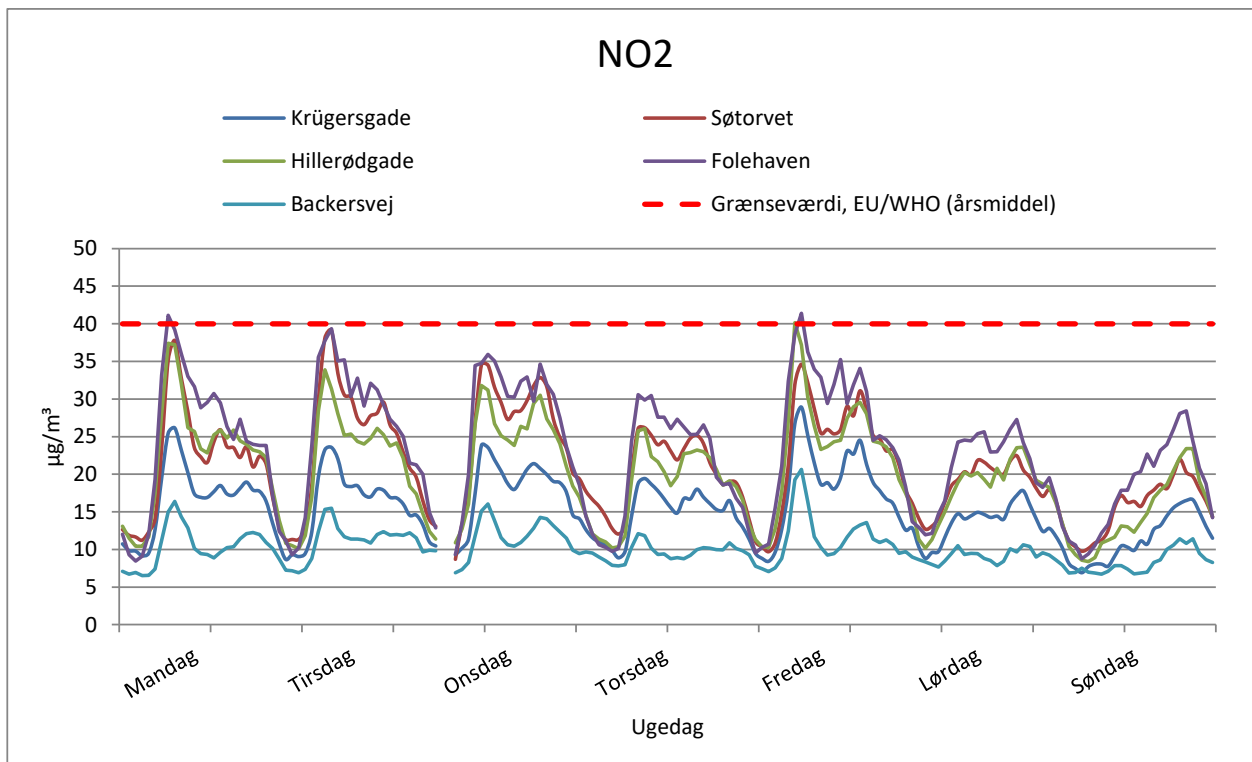
Figur 36. Gennemsnitlige døgnvariationer for PM₁₀ fordelt på ugedage.



Figur 37. Gennemsnitlige døgnvariationer for UFP fordelt på ugedage.



Figur 38. Gennemsnitlige døgnvariationer for BC fordelt på ugedage.



Figur 39. Gennemsnitlige døgnavariationer for NO₂ fordelt på ugedage.

Bilag A Målemetoder

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

PM_{2,5} og PM₁₀ angiver den andel af de opsamlede partikler (massefraktion), der har en aerodynamisk diameter, som er mindre end henholdsvis 10 µm og 2,5 µm. Partiklerne måles optisk når partiklerne eksponeres med 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. Den optiske måler er kalibreret over for en gravimetrisk måling efter EN12341.

Måleområde: 0 - 1.500 µg/m³

Ultrafine partikler, UFP

Der anvendes en Condensation Particle Counter (CPC) til at måle partikelkoncentrationer i den omgivende luft. Prøvegassen ledes gennem et kammer med mættede butanoldampe. Efterfølgende afkøles gassen i en kondensator så den partikelholdige prøvegase overmættes. Dette får butanolen til at kondensere på partiklerne så de vokser store nok til, at de kan bestemmes optisk. CPC kan måle partikler større end en bestemt cut-off størrelse, som er en funktion af den overmætning, der opnås i kondensatorafsnittet af CPC.

Range (partikelstørrelse): 7 - 1000 nm

Range (partikelantal): op til 10⁷ 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.

Resultaterne fra den multispektrale analyse kan anvendes til vurdering af partikulært carbon fra henholdsvis fossile (BC_{FF}) og biogene kilder (BC_{WB}).

Range: 0 – 100 µg/m³

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 i udeluft, der anvendes til bestemmelse af NO₂.

Måleområde: 0 – 1000 ppb (parts per billion)

Reference: EN 14211

Bilag B Datakvalitet og datafangst

Tabel 13 - Tabel 17 viser en oversigt over datafangst, dvs. hvor stor en andel af valide data, der opnået ved måling i perioden jf. kravene i Luftkvalitetsdirektivet EN 2008/50/EF samt opgavens udbudsmateriale.

Tabel 13. Krügersgade. Datafangst for perioden.

Parameter	Datafangst		Minimumskrav til datafangst
	Timeværdier	Døgnværdier	
PM ₁₀	100%	100%	90%
PM _{2,5}	100%	100%	90%
BC	-	-	75%
UFP	97%	97%	75%
NO ₂	99%	100%	90%

Tabel 14. Søtorvet. Datafangst for perioden.

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

Tabel 15. Hillerødgade. Datafangst for perioden.

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

Tabel 16. Folehaven. Datafangst for perioden.

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

Tabel 17. Backersvej. Datafangst for perioden.

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

Bilag C 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, lugt og livscyklusanalyser (LCA) af produkter. 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 rapportering af data.

Medarbejdere

Frantz Bræstrup, specialist, ph.d. (projektleder)

Ekspert i partikel- og gasmålinger fra stationære og mobile kilder. Har arbejdet med luftkvalitetsmålinger gennem 8 år.

Karsten Fuglsang, F&U koordinator og fagområdeansvarlig for luftkvalitet

Projektkoordinator og ansvarlig for udviklingen af teknologiske serviceydelser til luftkvalitet. Karsten Fuglsang er desuden fagområdeansvarlig for afdelingens aktiviteter inden for luftkvalitet.

Ismo Kalevi Koponen, specialist, ph.d.

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

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.

Tommy Hansen, Tekniker

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

Dan Eckberg, Tekniker

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

John Stenbring Nielsen, Maskinmester

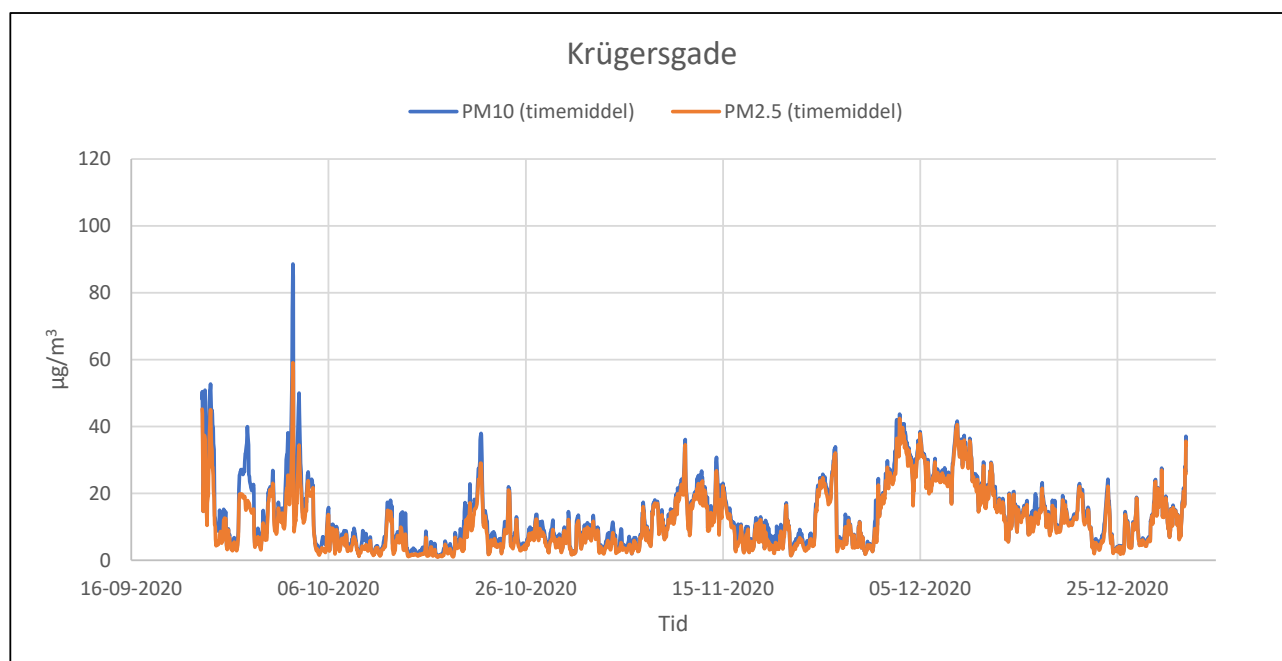
Erfaren tekniker inden for drift, kalibrering og service af målestationer og monitorer til luftkvalitet.

Bilag D Timemiddelværdier

1 PM_{2,5} og PM₁₀

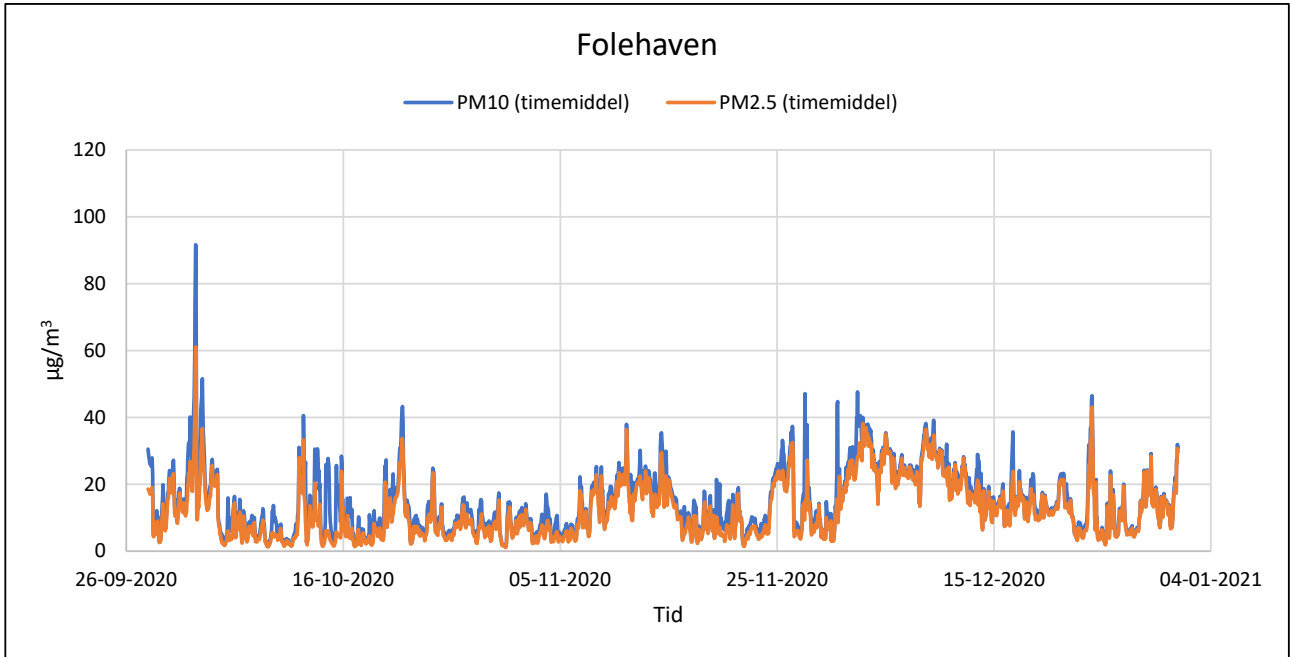
Figur 40 – Figur 44 viser de målte timemiddelværdier for PM_{2,5} og PM₁₀ for perioden.

Den forholdsvis høje partikelkoncentration omkring 1. oktober kan eventuelt tilskrives resterne af en stor støvstorm, der stammer fra Rostov-na-Donu regionen i det sydlige Rusland. Rester af støvstormen er efterfølgende blæst ind over Skandinavien, de baltiske lande, Polen og det nordlige Tyskland. Fænomenet er rapporteret fra flere målesteder (note 21) i perioden fra 30. september til 4. oktober 2020.

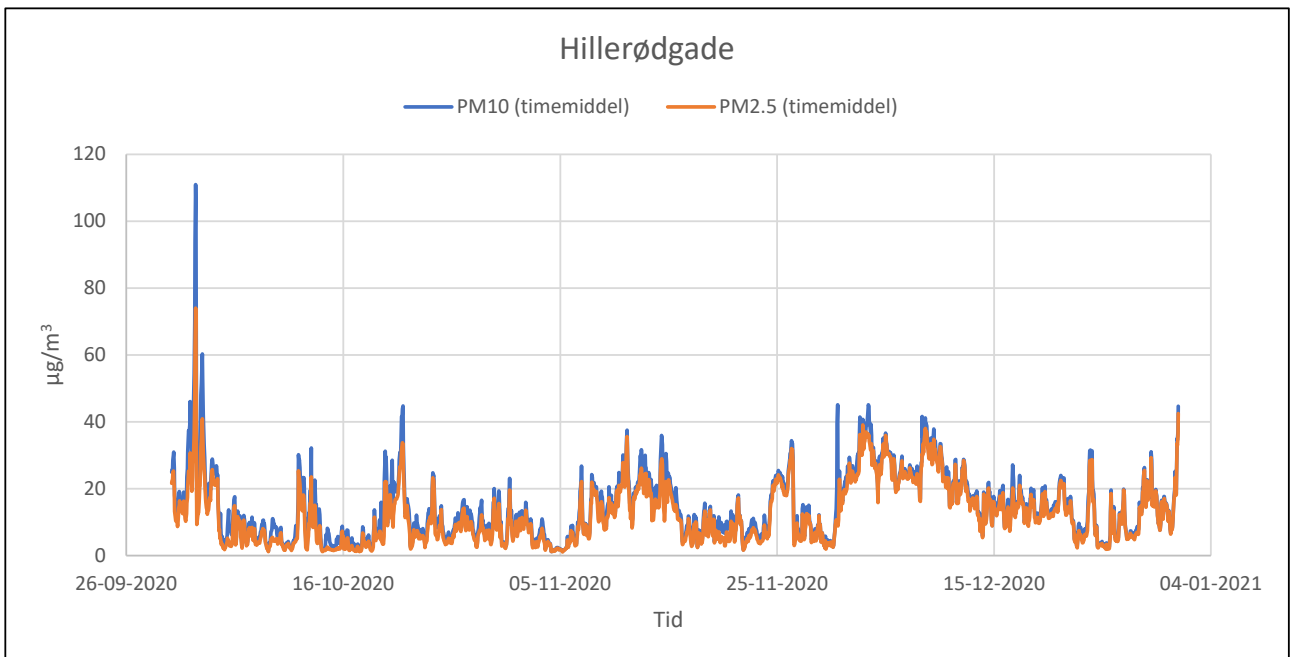


Figur 40. Timemiddelværdier for PM_{2,5} og PM₁₀ fra målestationen på Krügersgade.

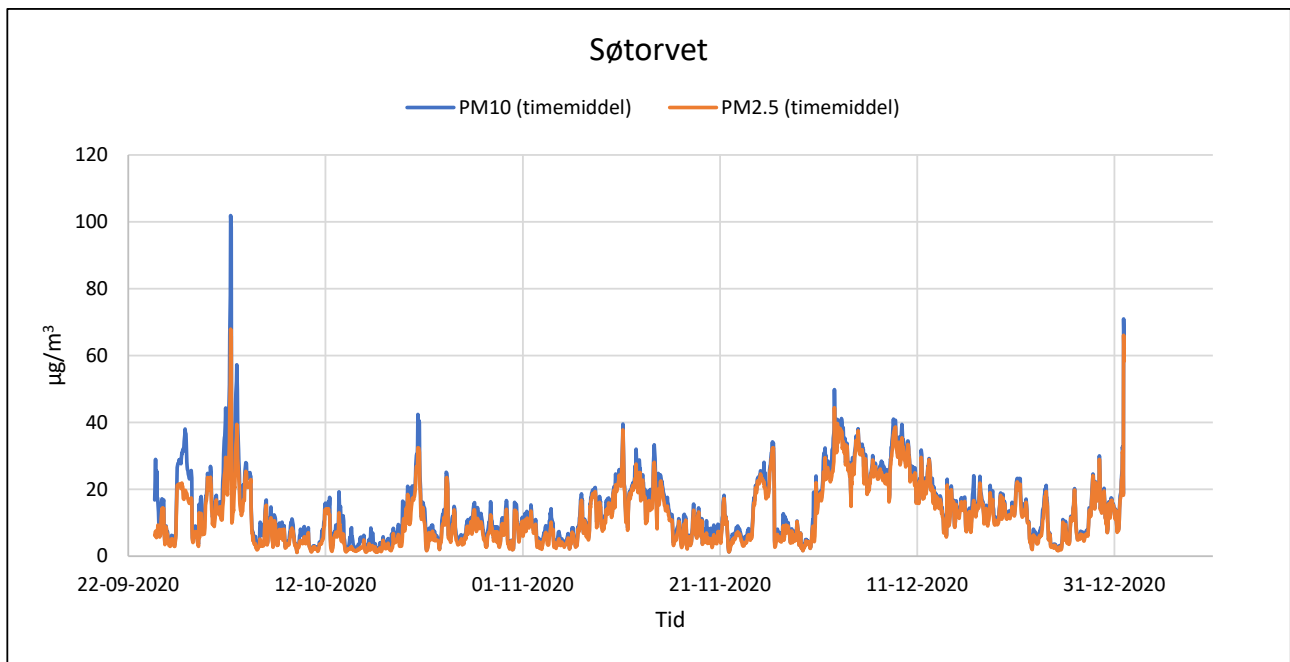
²¹ Observationen er beskrevet af det europæiske Copernicus Monitoring Service program (https://policy.atmosphere.copernicus.eu/reports/CAMS71_PM10_episode_October2020_draft.pdf).



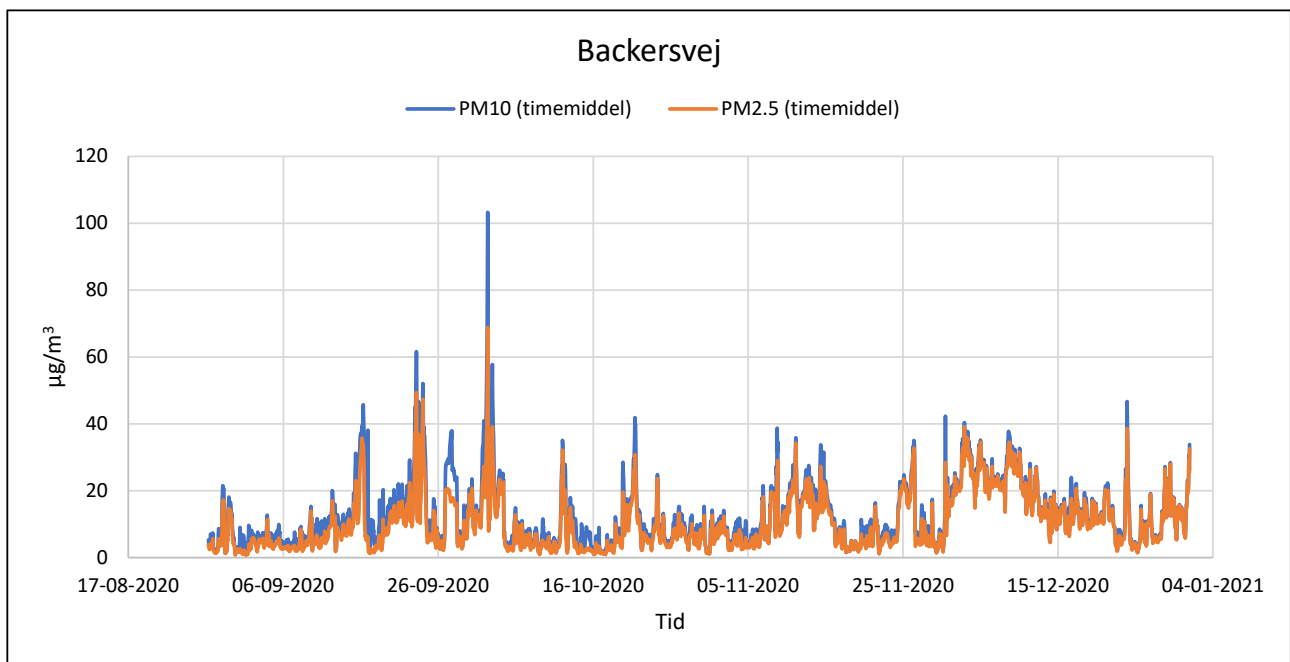
Figur 41. Timemiddelværdier for PM_{2,5} og PM₁₀ fra målestationen på Folehaven.



Figur 42. Timemiddelværdier for PM_{2,5} og PM₁₀ fra målestationen på Hillerødgade.



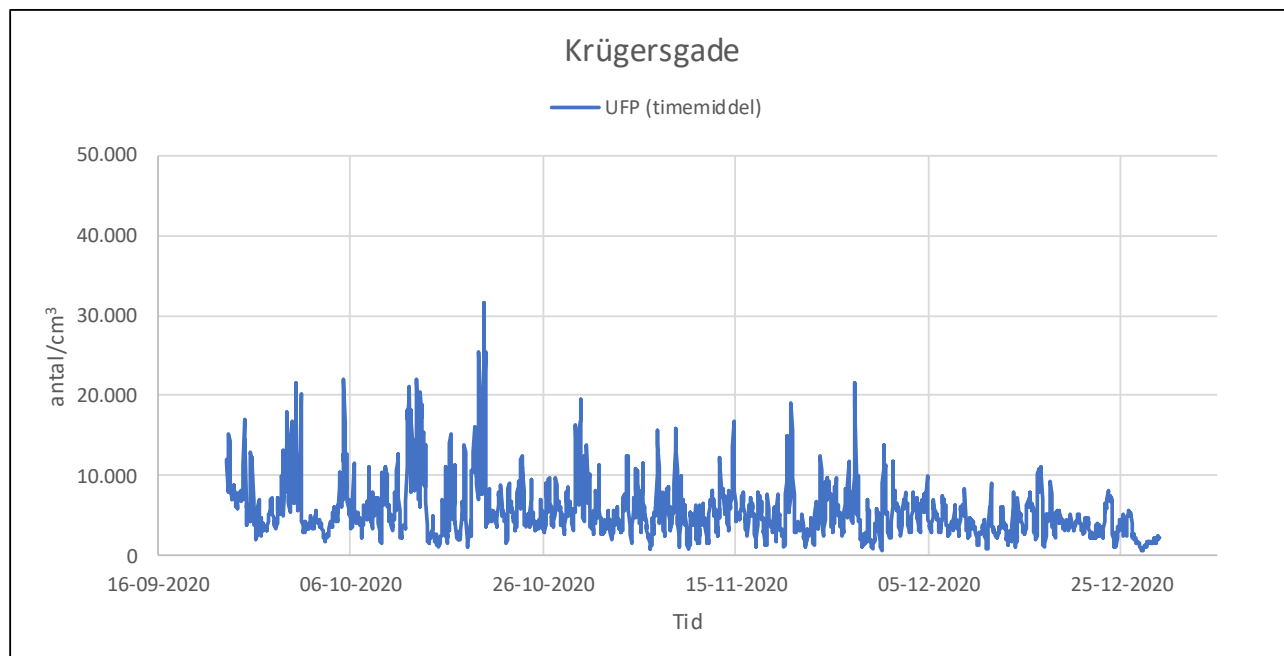
Figur 43. Timemiddelværdier for PM_{2,5} og PM₁₀ fra målestationen på Søtorvet.



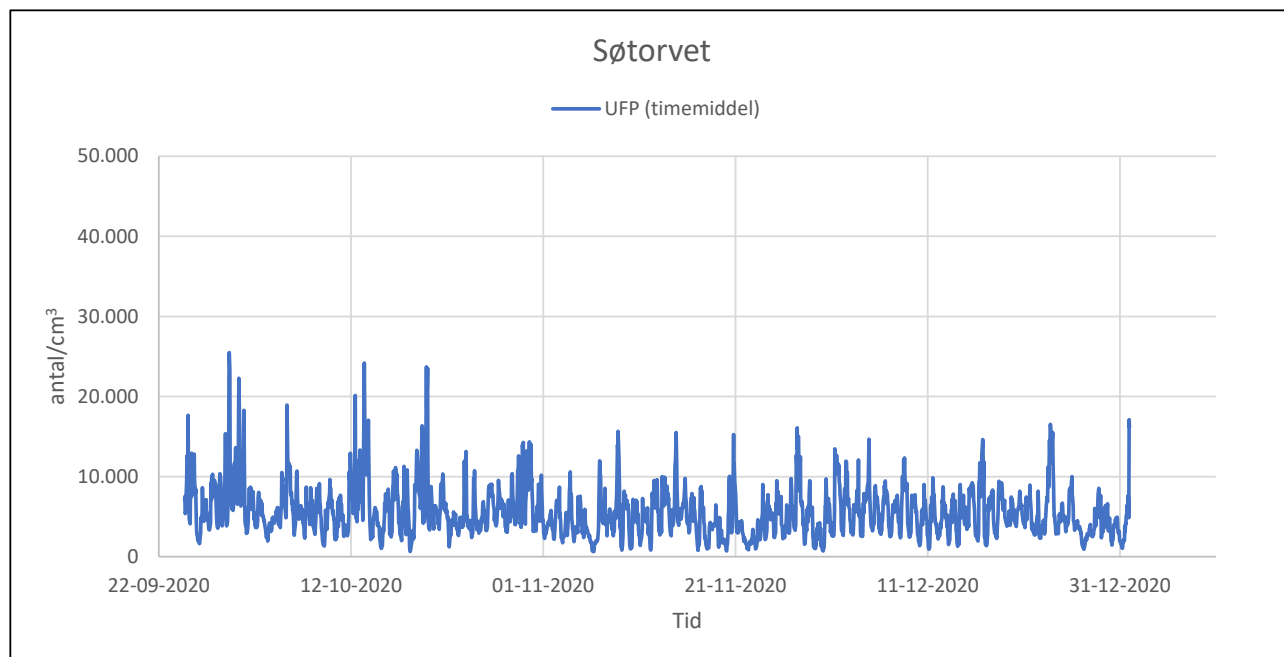
Figur 44. Timemiddelværdier for PM_{2,5} og PM₁₀ fra målestationen på Backersvej.

2 UFP

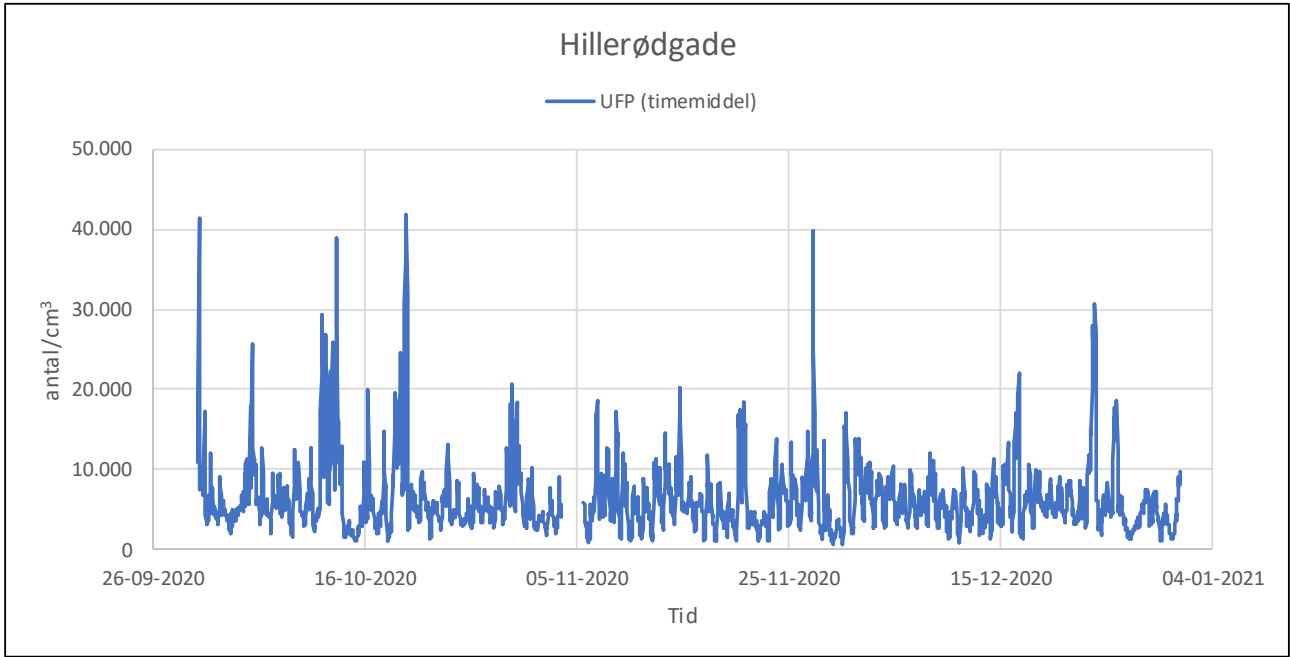
Figur 45 - Figur 49 viser timemiddelværdier for måling af UFP på de enkelte målestationer.



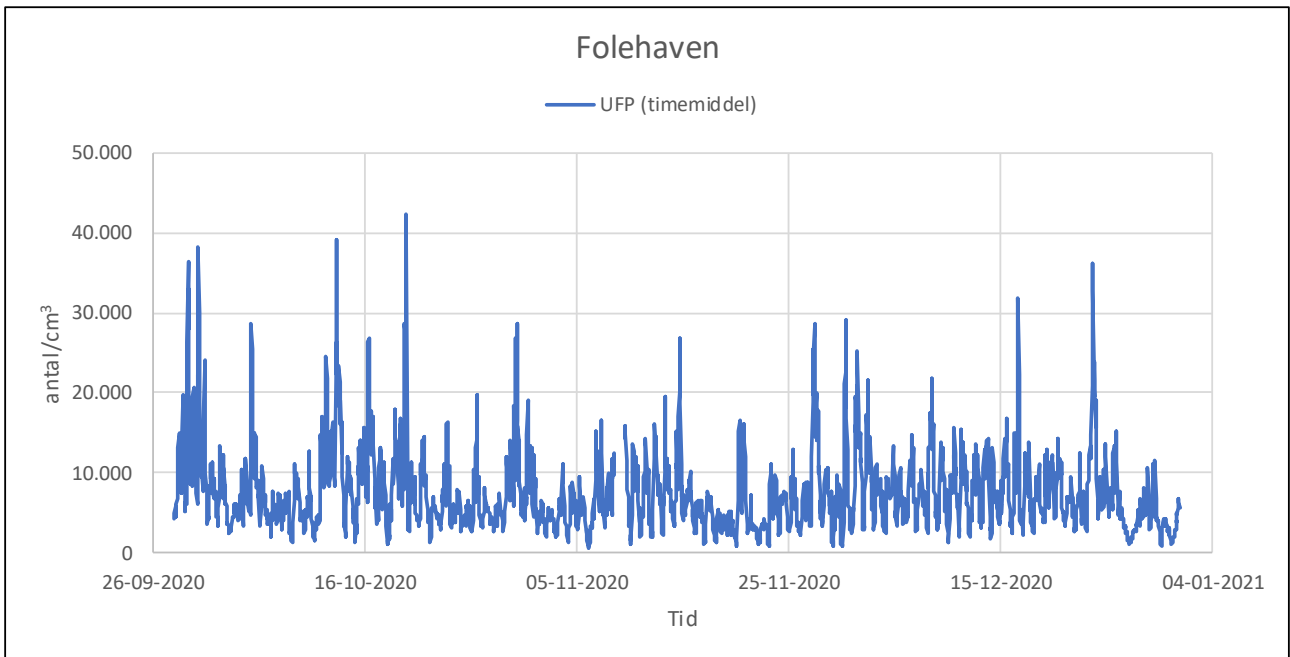
Figur 45. Timemiddelværdier for UFP på Krugersgade.



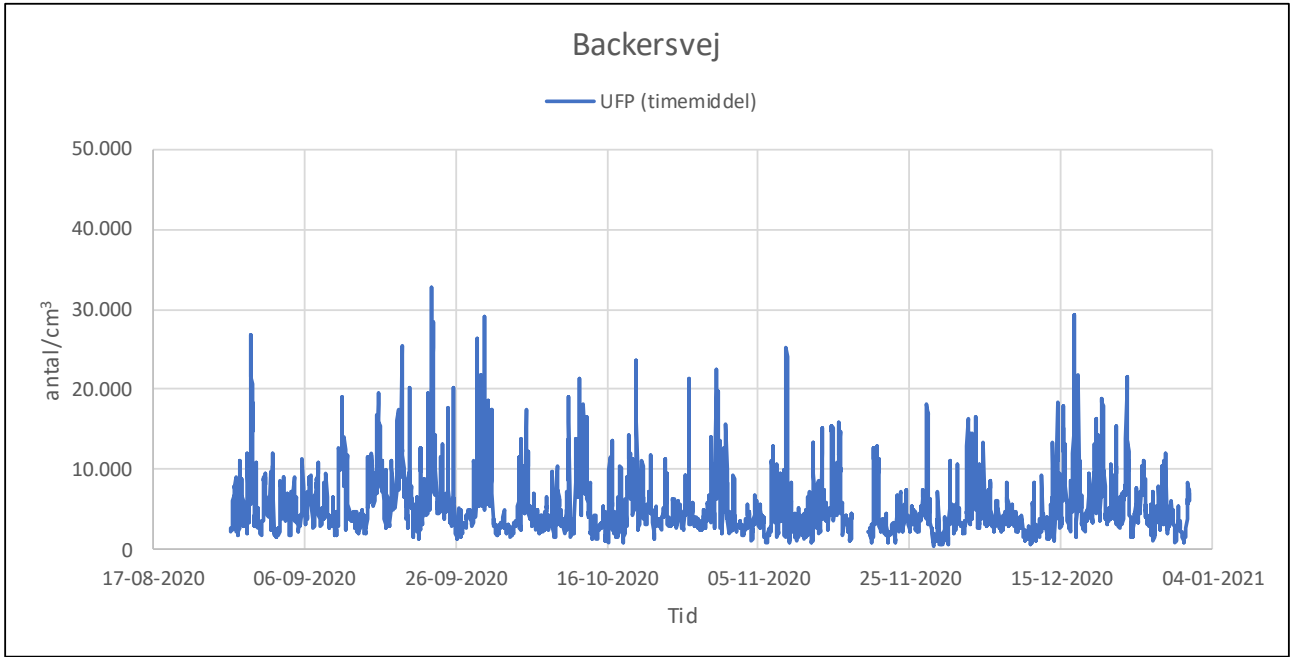
Figur 46. Timemiddelværdier for UFP på Sørtorvet.



Figur 47. Timemiddelværdier for UFP på Hillerødgade.



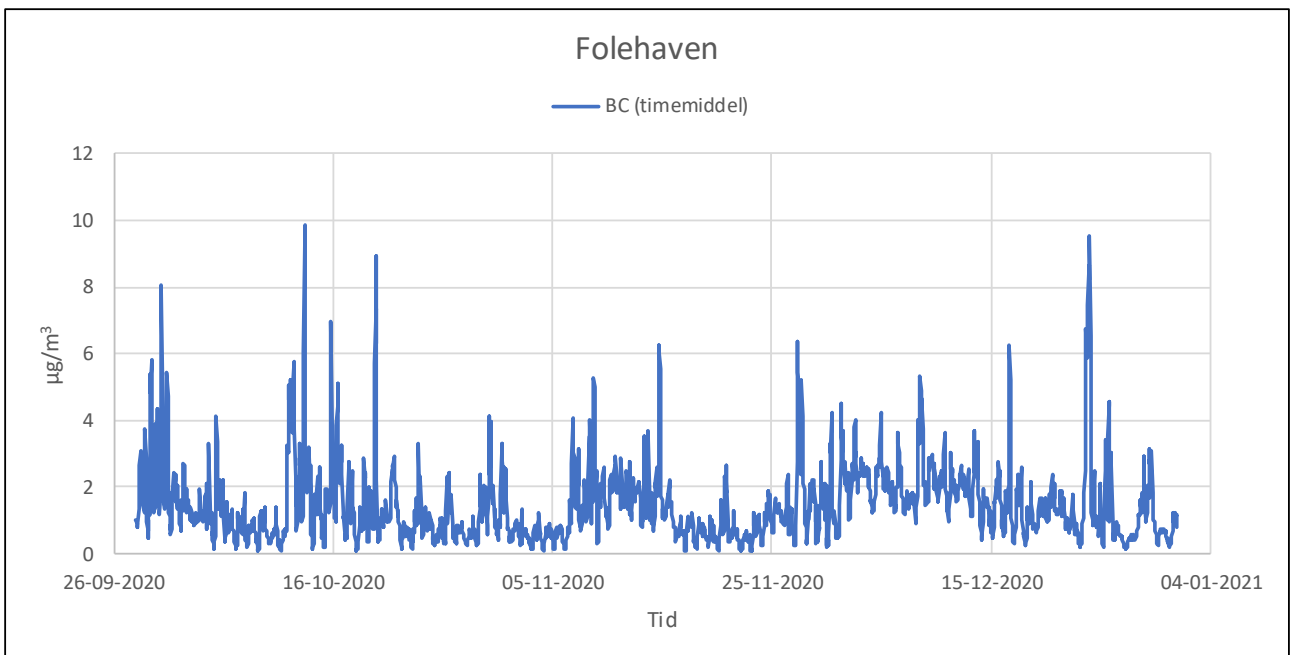
Figur 48. Timemiddelværdier for UFP på Folehaven.



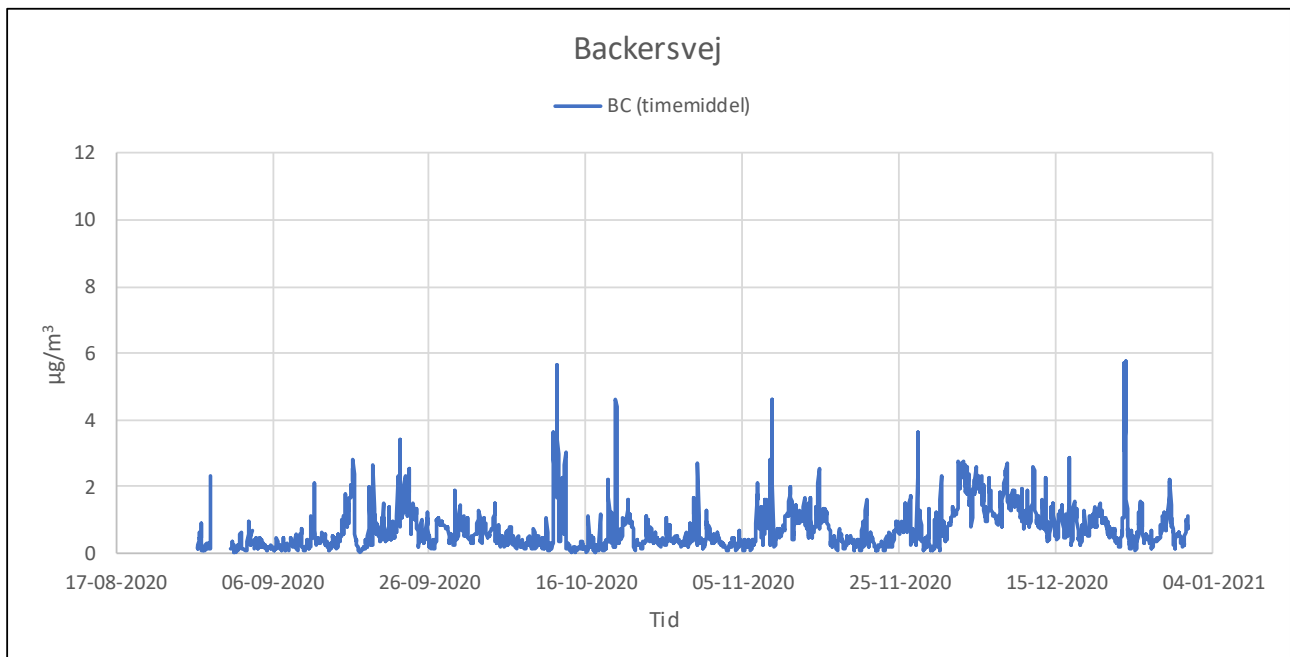
Figur 49. Timemiddelværdier for UFP på Backersvej.

3 BC

Figur 50 – Figur 51 viser timemiddelværdier for måling af BC på de to målestationer, hvor BC måling udføres: Folehaven og Backersvej.



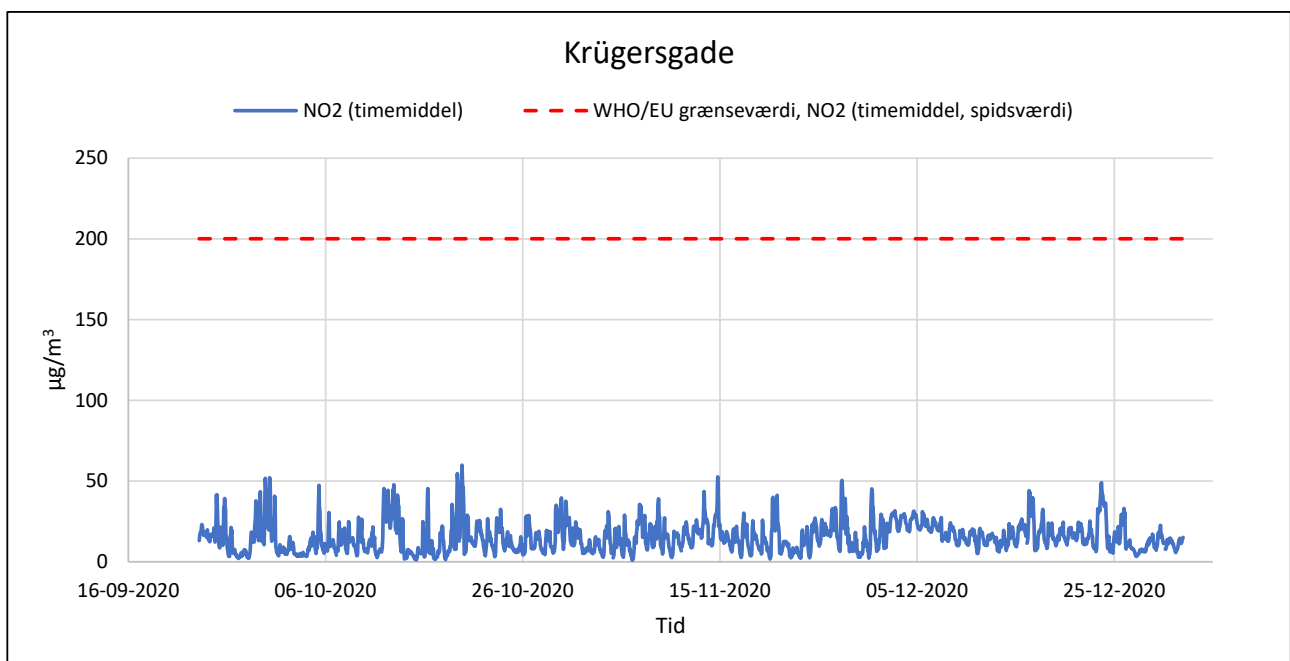
Figur 50. Timemiddelværdier for BC på Folehaven.



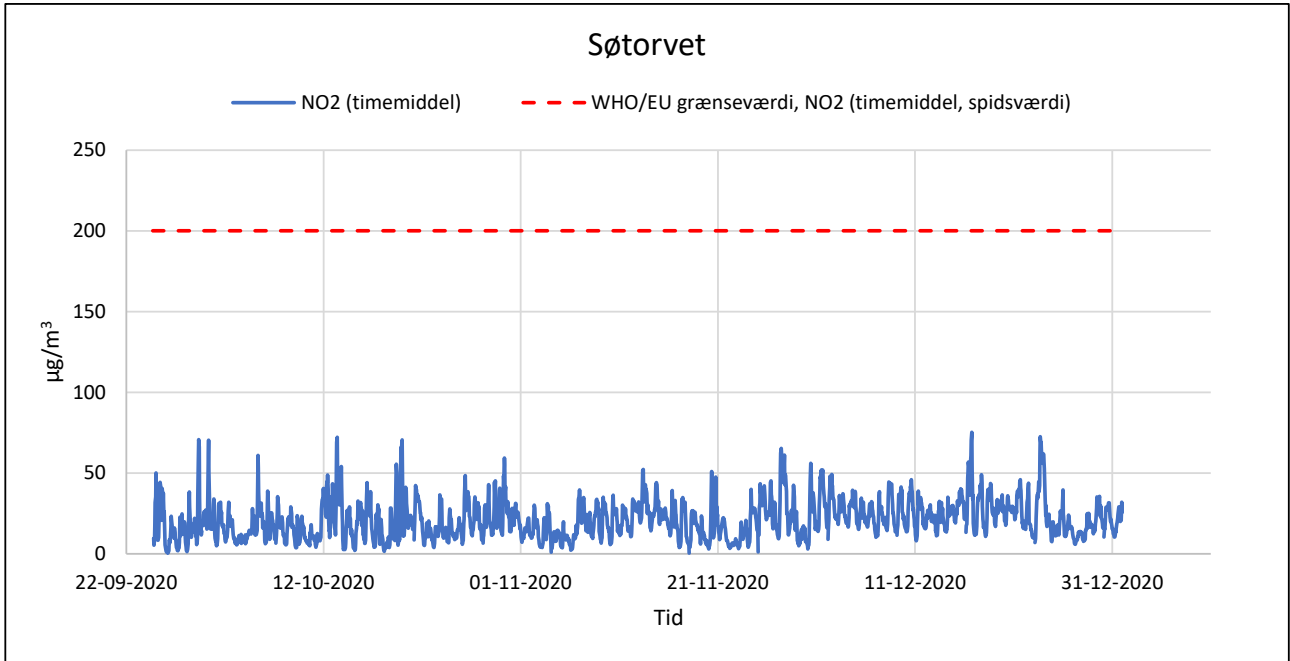
Figur 51. Timemiddelværdier for BC på Backersvej.

4 NO₂

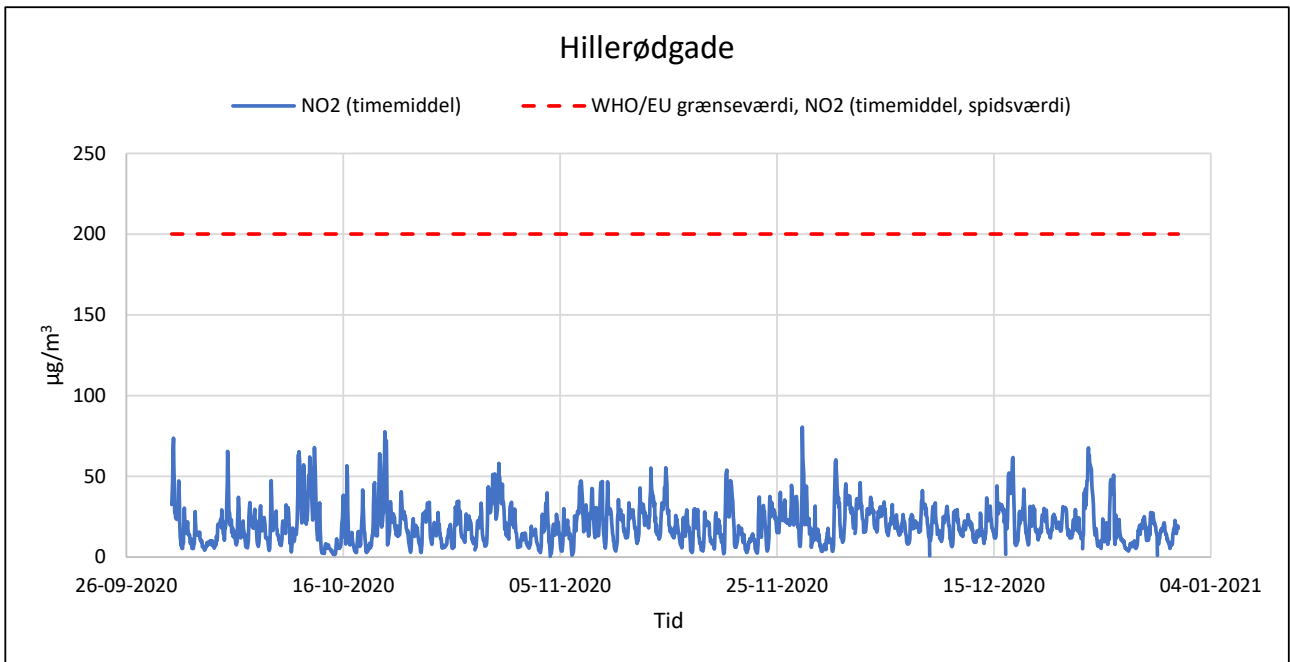
Figur 52– Figur 56 viser timemiddelværdier for NO₂ for perioden.



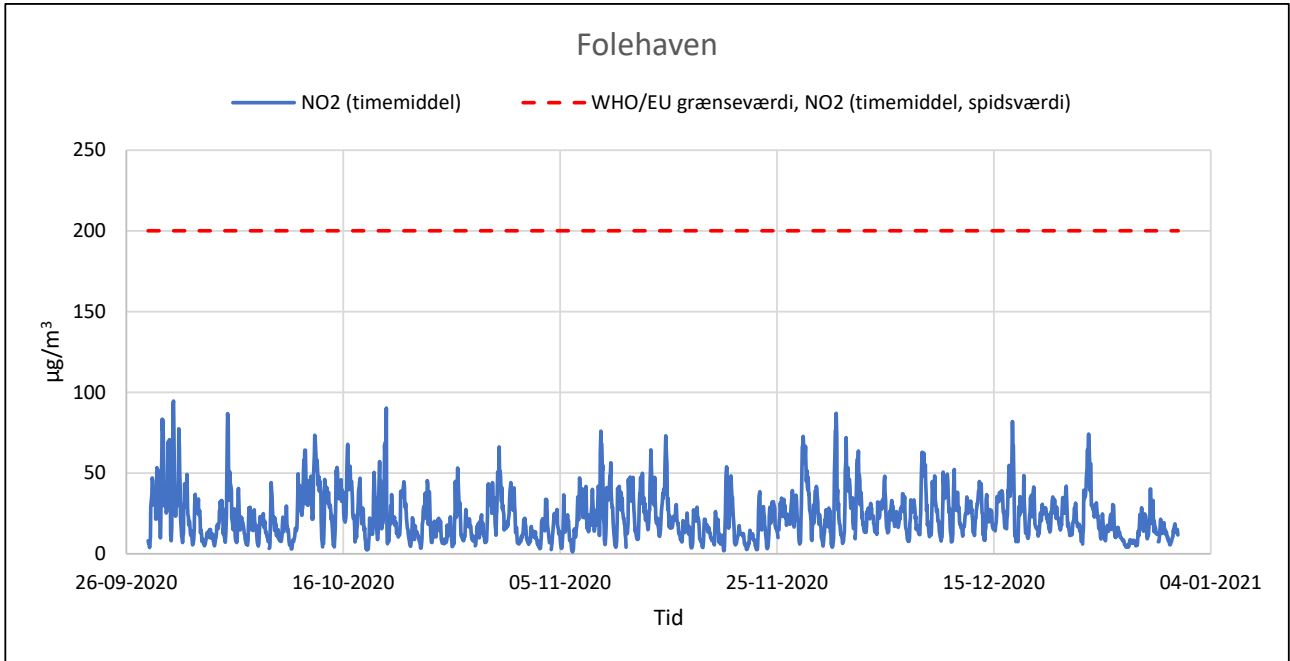
Figur 52. Timemiddelværdier for NO₂ på Krügersgade.



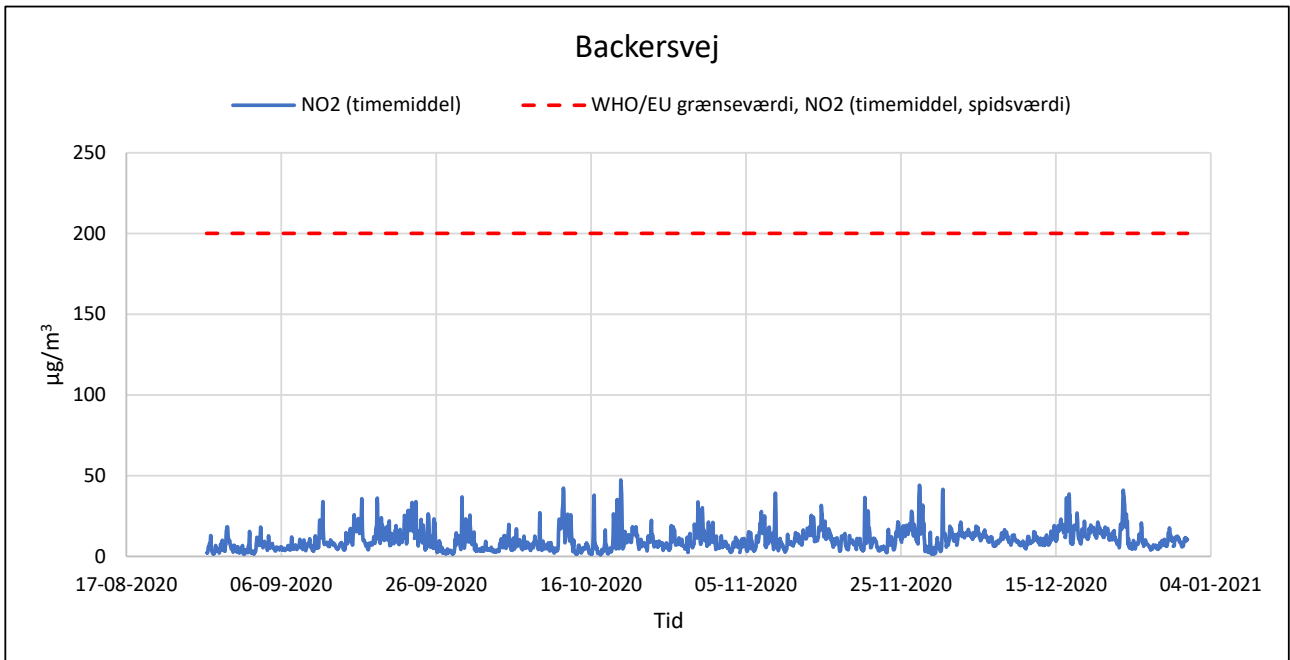
Figur 53. Timemiddelværdier for NO₂ på Søtorvet.



Figur 54. Timemiddelværdier for NO₂ på Hillerødgade.



Figur 55. Timemiddelværdier for NO₂ på Folehaven.



Figur 56. Timemiddelværdier for NO₂ på Backersvej.



Kontakt

Afdeling: Clean Air Technologies

Forfattere:

Frantz Bræstrup
Karsten Fuglsang

FORCE Technology

Park Allé 345
2605 Brøndby
Danmark