

Revidert tiltaksutredning for lokal luftkvalitet i Bergen

Torleif Weydahl og Britt Ann Kåstad Høiskar



NILU rapport 27/2022	ISBN: 978-82-425-3100-1 ISSN: 2464-3327	TILGJENGELIGHET: A – Åpen
DATO 22.08.2022	ANSVARLIG SIGNATUR Ole-Anders Braathen (sign.) Viseadministrerende direktør	ANTALL SIDER 120
TITTEL Revidert tiltaksutredning for lokal luftkvalitet i Bergen	PROSJEKTLEDER Torleif Weydahl	NILU PROSJEKT NR. O-121158
	KVALITETSSIKRER Sam-Erik Walker	
FORFATTER(E) Torleif Weydahl og Britt-Ann Kåstad Høiskar	OPPDRAGSGIVER Bergen kommune v/ Byrådsavdeling for klima, miljø og byutvikling	OPPDRAGSGIVERS REF. André Listhaug
REFERAT Tiltaksutredningen for lokal luftkvalitet i Bergen med handlings- og beredskapsplan skal bidra til at forurensningsnivået holder seg innenfor kravene i forurensningsforskriften. Tiltaksutredningen omfatter en kartlegging av luftkvaliteten i Bergen kommune ved trafikkberegninger og utslipps- og spredningsberegninger for PM ₁₀ , PM _{2,5} og NO ₂ for Dagens situasjon 2019 og Referansesituasjonen 2030 med eksisterende og eventuelle nye tiltak. Utredningen vurderer effekten som tiltakene har for å overholde krav, men ser også på muligheten for ytterligere reduksjon i henhold til anbefalingene til helsemyndighetene. Basert på resultatene fra beregningene og i samarbeid med oppdragsgiver og referansegruppen, er det foreslått en revidert handlings- og beredskapsplan som skal behandles politisk.		
TITLE Revised local air quality assessment in Bergen		
EMNEORD Luftkvalitet	Modellering	Tiltaksutredning
ABSTRACT The air quality assessment for Bergen covers mapping of the air quality through traffic, emission and dispersion calculations of PM ₁₀ , PM _{2,5} and NO ₂ for the present situation (2019) and future scenarios (2030) with existing and possible future measures. Based on the calculations and in coordination with Bergen municipality and the reference group, a plan for improved local air quality and a management plan for periods with high concentration levels is proposed for political processing.		
PUBLISERINGSTYPE: Digitalt dokument (pdf)	FORSIDEBILDE: Håvard Holme, Bergen kommune	

© NILU – Norsk institutt for luftforskning

Sitering: Weydahl, T., Høiskar, B. A. K. (2022). Revidert tiltaksutredning for lokal luftkvalitet i Bergen. (NILU rapport 27/2022). Kjeller: NILU.

NILU er ISO-sertifisert i henhold til NS-EN ISO 9001/ISO 14001 og akkreditert i henhold til NS-EN ISO/IEC 17025.

Forord

NILU – Norsk institutt for luftforskning har utarbeidet en revidert tiltaksutredning for bedre luftkvalitet i Bergen. Utredningen er gjennomført på oppdrag av Bergen kommune.

Byrådsavdeling for klima, miljø og byutvikling ved André Listhaug har ledet arbeidet fra oppdragsgivers side. Arbeidet har foregått i samarbeid med oppdragsgiver og med en prosjektgruppe bestående av representanter fra anleggseierne Statens vegvesen, Bergen havn og Vestland fylkeskommune. Rapporten har vært på høring i kommunens plannettverk og prosjektgruppen.

Tiltaksutredningen omfatter en kartlegging av dagens situasjon og forventet framtidig situasjon, samt en vurdering av eksisterende og eventuelle framtidige tiltak for å bedre luftkvaliteten. Tiltaksutredningen, med handlingsplan og tiltak, skal bidra til å opprettholde et nivå for luftkvalitet som tilfredsstiller kravene til uteluft i forurensningsforskriften. Tiltaksutredningen med handlingsplan skal legges fram for politisk behandling i kommunen, og vil danne grunnlaget for det videre arbeidet med å bedre luftkvaliteten i Bergen.

Torleif Weydahl har vært prosjektleder for oppdraget og har vært ansvarlig for utslippsberegninger, spredningsberegninger, analyser og rapportering. Britt Ann Kåstad Høiskar har hatt ansvaret for kvalitetssikring av arbeidet sammen med Sam-Erik Walker. Ellers har Islen Vallejo og Gabriela Sousa Santos stått for de meteorologiske beregningene, Henrik Grythe med bistand av evaluering av resultat, Susana Lopez-Aparicio for utslippsberegninger fra vedfyring, Paul Hamer for bakgrunns-konsentrasjoner, Dam Vo Than med tilrettelegging av trafikkdata og Miha Markelj med tilpasning av nedbørsdata.

En spesiell takk til Erik Johannessen og Statens vegvesen for å gjøre resultat med transportmodellen (RTM) tilgjengelig for prosjektet. Even Husby ved Bergen havn har vært behjelpelig med å skaffe til veie data for skip og landstrøm, og Arild Jensen i Bergen kommune og Erik Andresen ved NILU har gitt data og informasjon om de passive målerne for NO₂.

Innhold

Forord	2
Innhold	3
Utvidet sammendrag	6
Grenseverdier og nasjonale mål	6
Luftkvaliteten i Bergen i dag og framskrevet mot 2030	7
Effekt av tiltak i handlingsplanen	13
Forslag til revidert handlingsplan	15
1 Innledning	18
1.1 Bakgrunn	18
1.2 Prosjektets målsetting og omfang	18
1.3 Luftforurensning og helseeffekter	18
1.4 Grenseverdier og nasjonale mål for luftkvaliteten	19
1.5 Luftforurensning i arealplanlegging (T1520).....	20
1.6 Arbeid med lokal luftkvalitet i Bergen kommune	21
1.7 Tidligere tiltaksutredning og gjeldende handlingsplan for lokal luftkvalitet	22
1.8 Forhold til andre kommunale planer og initiativer.....	23
2 Måling av luftkvalitet i Bergen	26
2.1 Målenettverk og metode	26
2.2 Datadekning for luftkvalitetsmålingene	28
2.3 Målinger av svevestøv – PM ₁₀ og PM _{2,5}	29
2.4 Målinger av nitrogendioksid – NO ₂	31
2.5 Meteorologiske forhold i 2019	33
3 Utslipps- og spredningsberegninger	35
3.1 Valg av beregningsår	35
3.2 Overordnet beskrivelse av metodikken	35
3.3 Trafikkberegninger for Dagens situasjon 2019 og Referansesituasjonen 2030	37
3.4 Utslippsberegninger for Dagens situasjon 2019 og Referansesituasjonen 2030	38
3.5 Beregning av PM ₁₀ -konsentrasjoner	40
3.5.1 Dagens situasjon 2019 og Referansesituasjonen 2030.....	40
3.5.2 Kildebidrag til PM ₁₀ -konsentrasjoner for Dagens situasjon 2019	43

3.5.3	Befolkningseksponering	44
3.6	Beregning av PM _{2,5} -konsentrasjoner	46
3.6.1	Dagens situasjon 2019 og Referansesituasjonen 2030.....	46
3.6.2	Kildebidrag til PM _{2,5} -konsentrasjoner for Dagens situasjon 2019	47
3.6.3	Befolkningseksponering	48
3.7	Beregning av NO ₂ -konsentrasjoner	48
3.7.1	Dagens situasjon 2019 og Referansesituasjonen 2030.....	48
3.7.2	Kildebidrag til NO ₂ -konsentrasjoner for Dagens situasjon 2019	51
3.7.3	Befolkningseksponering	52
4	Aktuelle tiltak mot luftforurensning.....	53
4.1	Videreføring av piggdekkgebyr	53
4.1.1	Erfaring fra norske byer	53
4.1.2	Dagens situasjon i Bergen	54
4.1.3	Anbefaling for piggdekkgebyr	54
4.2	Støvdemping og renhold.....	55
4.2.1	Renhold og støvdemping for god luftkvalitet i norske byer	55
4.2.2	Rengjøring og støvdemping av veier i Bergen.....	55
4.3	Landstrøm for skipstrafikken	58
4.3.1	Dagens situasjon 2019 i Bergen og framskriving til 2030	58
4.3.2	Utslipsreduksjon ved utvidet implementering av landstrøm i 2030	59
4.3.3	Forskrift om midlertidig begrensning av fartøys opphold i Bergen havn	60
4.4	Tiltak rundt tunnelmunninger.....	61
4.5	Panteordning på vedovner / forbud mot fyring i gamle ovner.....	64
4.5.1	Vedfyringens bidrag til overskridelser av grenseverdien mellom 2017 og 2021.....	65
4.5.2	Beregnet bidrag fra vedfyring i 2019	67
4.5.3	Effekt av innføring av forbud mot ikke-rentbrennende ovner	68
4.5.4	Beregnet effekt av økt vedforbruk.....	70
4.6	Trafikale tiltak	72
4.7	Strakstiltak ved fare for overskridelse av grenseverdier	73
4.8	Oppsummering av tiltak med anbefaling.....	73
5	Anbefalt handlingsplan	75
6	Plan for episoder med høy luftforurensning.....	78
6.1	Innledning fra Bergen kommune	78
6.2	Formål	78
6.3	Varslingsklasser.....	79

6.4 Tiltaksmatrise.....	79
7 Referanser	81
Vedlegg A : Utslipps- og spredningsberegninger – metodikk og forutsetninger.....	83
A1 Spredningsmodellen EPISODE.....	83
A2 Befolkningseksposering	83
A3 Bilparksammensetning.....	84
A4 Utslipp fra veitrafikk	85
A5 Vedfyringsutslipp.....	88
A6 Skipsutslipp.....	91
A7 Vurdering av utslipp fra industri og Bergen lufthavn	95
A8 Bakgrunnsbidrag.....	96
Vedlegg B Meteorologiske data	97
B1 Målt meteorologi.....	97
B2 Beregnet meteorologi	98
Vedlegg C Modellevaluering	99
C1 Trafikkberegninger	99
C2 Meteorologiske beregninger	101
C3 Luftkvalitetsberegninger med EPISODE.....	104
Vedlegg D Beregningsresultat for 2019 og 2030.....	111

Utvidet sammendrag

Miljødirektoratet stiller krav om revisjon av tiltaksutredningen hvert fjerde år på bakgrunn av ESAs grunngitte uttalelse («Reasoned opinion») av 24. mars, se veileder M-252 (2014), og denne revisjonen er utarbeidet på bakgrunn av dette pålegget. Det foreligger dessuten formell plikt til å utarbeide tiltaksutredning fordi øvre vurderingsterskel for NO₂ er overskredet i 3 av de 5 siste årene.

Tiltaksutredningen er delt i tre deler slik det anbefales i Miljødirektoratets veileder (M-252) etter krav i forurensningsforskriften kapittel 7, Vedlegg 5. Det vil si en faglig utredning og kartlegging av forurensningssituasjonen (Del 1: kapittel 1-4), en handlingsplan (Del 2: kapittel 5) og en beredskapsplan knyttet til episoder med høy luftforurensning (Del 3: kapittel 6).

Som et ledd i arbeidet med tiltaksutredningen er det utført luftkvalitetsberegninger for Bergen kommune for PM₁₀, PM_{2.5} og NO₂ for to ulike hovedscenarier:

1. **Dagens situasjon 2019:** viser situasjonen omtrent slik den er i dag.
2. **Referansesituasjonen 2030:** viser situasjonen i 2030 når man antar at eksisterende tiltak videreføres og det tas hensyn til forventet utvikling i sentrale parametere som trafikkmengde, kjøretøysammensetning og befolkningsvekst.

I tillegg til de to hovedscenariene er det utført to beregninger for å se hvilke effekter ulike tiltak har på lokal luftkvalitet for **Framtidig situasjon 2030**. Disse beregningene omfatter landstrøm for skip som ligger til kai og videre utskifting av gamle ikke-rentbrennende vedovner med nye rent-brennende.

Grenseverdier og nasjonale mål

I Norge har vi tre ulike styringsmål for lokal luftkvalitet: forurensningsforskriften, regjeringens nasjonale mål for lokal luftkvalitet og luftkvalitetskriterier.

Forurensningsforskriften er hjemlet i forurensningsloven og angir grenseverdier som er rettslig bindende. Overskridelse av disse minstekravene utløser krav om tiltak. **Nasjonale mål** er ikke juridisk bindende, men angir regjeringens ambisjonsnivå for luftkvaliteten i Norge. **Luftkvalitetskriteriene** er fastsatt av Miljødirektoratet og Folkehelseinstituttet og angir et nivå som de aller fleste kan utsettes for uten at det oppstår skadevirkninger på helse.

Det er overlapp mellom nasjonalt mål for NO₂, PM₁₀ og PM_{2.5} og luftkvalitetskriteriet for disse komponentene. Denne tiltaksutredningen fokuserer derfor kun på de juridiske grenseverdiene og luftkvalitetskriteriene som styringsmål. Oversikt over de norske grenseverdiene og luftkvalitetskriteriene er gitt i Tabell S-1. Etter siste revisjon av forskriften, gjeldende fra januar 2022, er grenseverdien for svevestøv vesentlig strengere enn EUs luftkvalitetsdirektiv.

Brudd på grenseverdiene er ulovlig og medfører umiddelbart krav om tiltak. For å unngå dette har forurensningsforskriften og direktivet også vurderingsterskler som definerer *fare for overskridelse* av grenseverdien dersom disse brytes i 3 av 5 sammenhengende år. Ved *fare for overskridelse* stiller forskriften krav til målinger og utarbeiding av tiltaksutredning.

Tabell S-1: Gjeldende (fra 1.1.2022) grenseverdier, øvre vurderingsterskler (ØVT) og luftkvalitets-kriterier for NO₂ og svevestøv.

Komponent	Midlingstid	Grenseverdi ⁽¹⁾	Øvre vurderingsterskel ⁽¹⁾	Luftkvalitets-kriterier ⁽²⁾
NO ₂	Time	200 µg/m ³ må ikke overskrides mer enn 18 ganger pr. kalenderår	140 µg/m ³ må ikke overskrides mer enn 18 ganger pr. kalenderår	100 µg/m ³
	År	40 µg/m ³	32 µg/m ³	30 µg/m ³ (*)
PM ₁₀	Døgn	50 µg/m ³ må ikke overskrides mer enn 25 ganger pr. kalenderår	35 µg/m ³ må ikke overskrides mer enn 25 ganger pr. kalenderår	30 µg/m ³
	År	20 µg/m ³ (*)	17 µg/m ³	20 µg/m ³ (*)
PM _{2.5}	Døgn			15 µg/m ³
	År	10 µg/m ³	7 µg/m ³	8 µg/m ³ (*)

1: Forskrift om begrensning av forurensning (forurensningsforskriften), Kapittel 7. Lokal luftkvalitet.

2: Folkehelseinstituttet (2013) Luftkvalitetskriterier - Virkninger av luftforurensning på helse. Oslo, Nasjonalt folkehelseinstitutt (Rapport 2013:9)

(*) kriterier som er likt nasjonalt mål fastsatt av det kongelige klima og miljødepartement, Prop. 1 S (2016-2017)

Luftkvaliteten i Bergen i dag og framskrevet mot 2030

Nitrogendioksid - NO₂

Hovedutfordringen i Bergen i forhold til krav i forurensningsforskriften har tidligere vært knyttet til nivåene av nitrogendioksid (NO₂) med overskridelse av grenseverdien i 4 av 6 år fra og med 2010 til og med 2016. Siden 2016 har grenseverdien ikke vært overskredet, men overskridelse av øvre vurderingsterskel (ØVT) i årene 2017, 2018 og 2019 gjør at Bergen fortsatt har et formelt krav til målinger og utarbeiding av tiltaksutredning.

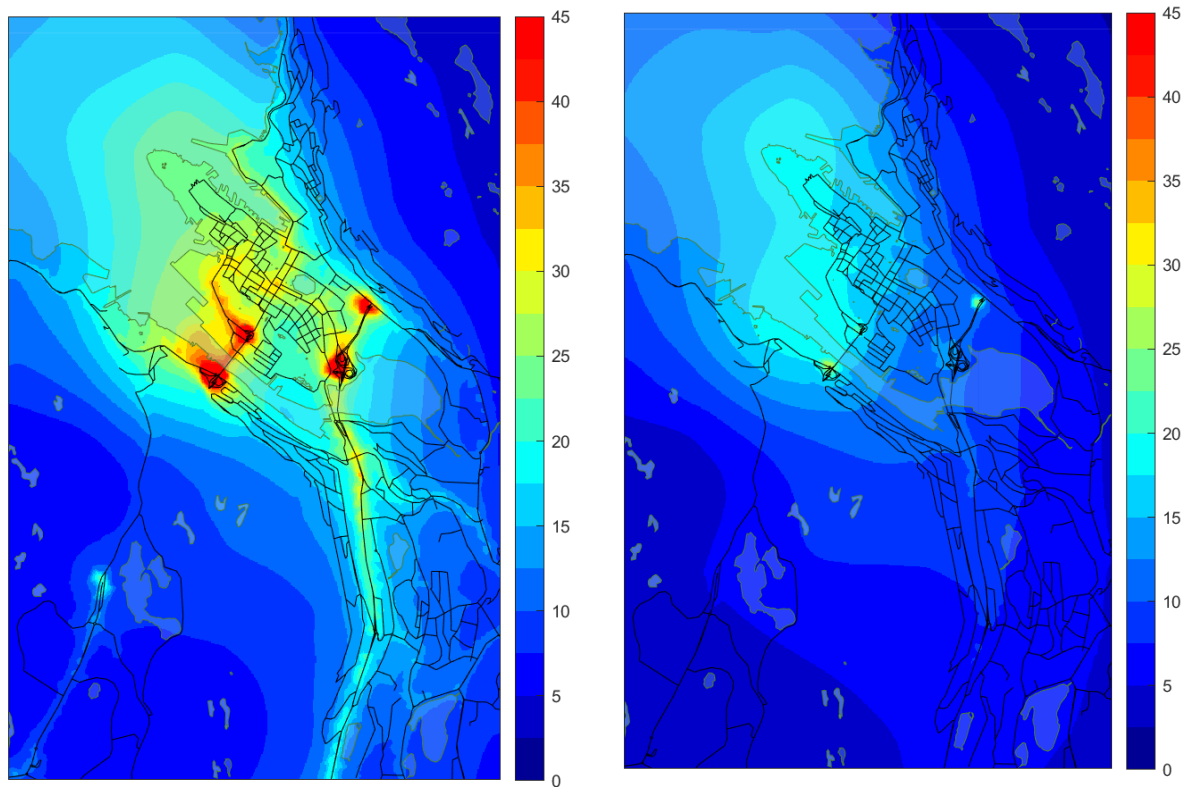
Beregningene viser at utslippene av nitrogenoksider (NO_x = NO₂ + NO) fra veitrafikken forventes redusert med 90% (en faktor 10) i perioden 2019 til 2030 til tross for en generell beregnet trafikkøkning på litt over 9%. Reduksjonen skyldes fornyelse av bilparken ved overgang til Euro-VI teknologi og elektriske kjøretøy. Den forventede reduksjonen i NO_x-utslipp fra veitrafikk, sammen med forventet innføring av landstrøm for skip, gir en betydelig reduksjon i årsmiddelkonsentrasjon (Figur S 1) og i de høyeste timemiddelkonsentrasjonene (Figur S 3)¹. Det er ikke beregnet overskridelse av grenseverdiene i noen områder i 2030.

Kartene viser det teoretisk høyeste potensialet for eksponering rundt tunnelmunningene. Det vil si, det er antatt en situasjon der den eksponerte befinner seg i rett horisontal linje fra tunnelutslippet. Ofte vil i praksis høydeforskjell til munningen og skjerming fra vegetasjon o.l. gi lavere eksponering. Ved sammenligning av beregninger med målinger med passive prøvetakere rundt tunnelmunningene (Figur S 2), er det tatt hensyn til målerens vertikale plassering i forhold til tunnelmunningen. Verken målinger eller beregninger viser overskridelser av årsmiddel for NO₂ der disse er plassert. For beregning av *befolkningseksponering* nærmest tunnelmunningene er det også tatt høyde for boligenes vertikale plassering i forhold til tunnelmunningen.

¹ For kart over øvrige områder i Bergen, se Vedlegg D

Beregnet befolkningseksposering viser at antall som eksponeres for nivåer over grenseverdiene reduseres fra ca. 250 i 2019 til 0 i 2030. Antall som eksponeres for nivåer over luftkvalitetskriteriet reduseres også betydelig .

Beregnet kildeallokering for årsmiddelkonsentrasjoner for NO_x^2 , viser at eksos fra veitrafikk dominerer som kilde nær veiene (Danmarks plass) og i bakgrunnsområder langt unna havna (Rolland, Åsane). I havneområdet (Klosterhaugen) viser beregningene at skip dominerer over øvrige kilder. I timer hvor NO_2 -konsentrasjonen er høy ved Klosterhaugen bidrar generelt skip med fra 70% til opp mot 100% i forhold til andre kilder.

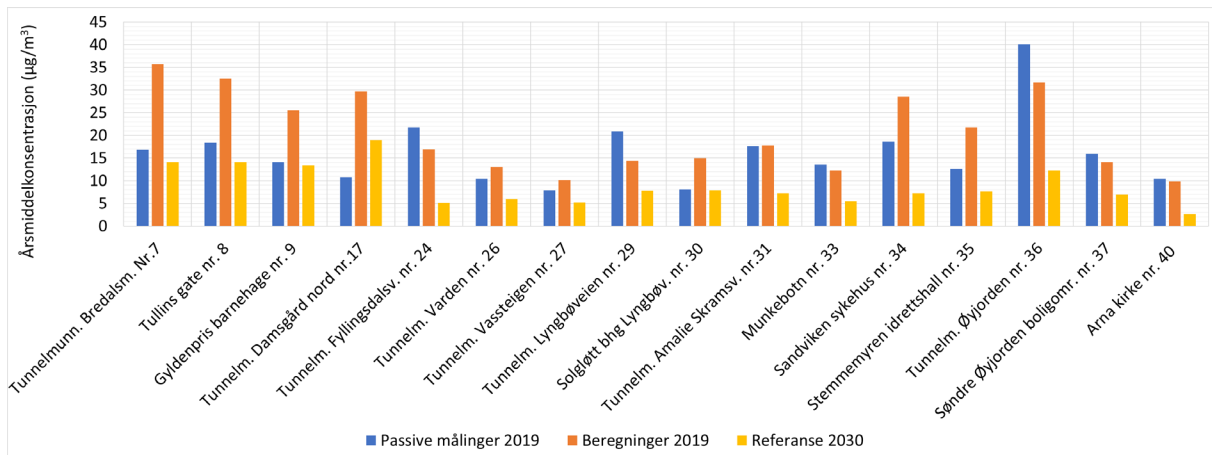


a) Dagens situasjon 2019

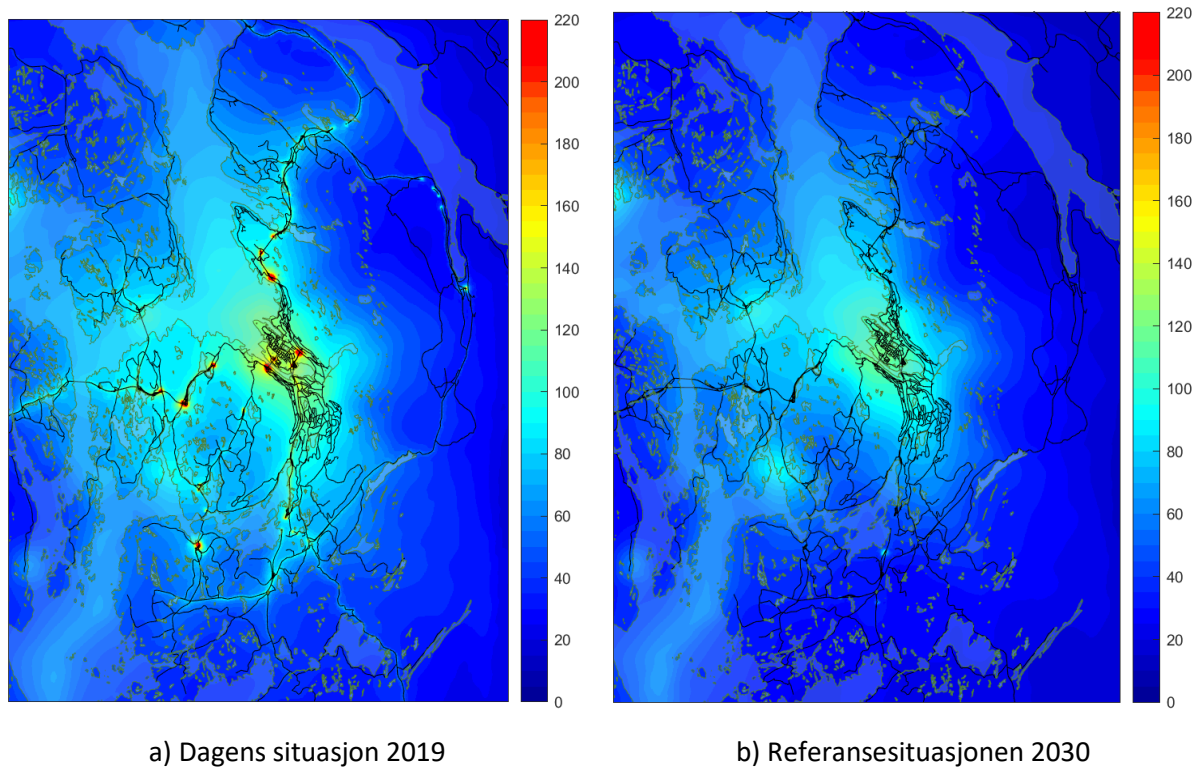
b) Referansesituasjonen 2030

Figur S 1: Beregnet årsmiddelkonsentrasjon for NO_2 i Bergen sentrum for Dagens situasjon 2019 og referansesituasjonen 2030. Grenseverdien for årsmiddelkonsentrasjon av NO_2 er $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mens luftkvalitetskriteriet er på $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (vist som overgangen til gult).

² Kildeallokering kan ikke gjøres direkte på NO_2 fordi konsentrasjonen avhenger av reaksjoner og tilgangen på NO og O_3 fra andre kilder. Konsentrasjon av NO_x ($\text{NO} + \text{NO}_2$) er uavhengig av reaksjoner.



Figur S 2: Sammenligning av årsmiddelskonsentrasjon for NO₂ fra målinger med passive prøvetakere og beregninger ved tunnelmunninger i Bergen i 2019. Grenseverdien i forskriften er 40 µg/m³. Figuren viser også beregningen for Referansesituasjonen 2030. En videre diskusjon av resultatene er gitt i hovedrapporten kap. 4.3 og 4.4.



Figur S 3: Beregnet timesmiddelskonsentrasjon for den 19. høyeste timen for hele beregningsområdet for Dagens situasjon 2019 og referansesituasjonen 2030. Områder over 200 µg/m³ vil etter beregningene ha mer enn 18 timer over denne verdien og dermed være i brudd med grenseverdien.

Risikoen for overskridelse av grenseverdiene for NO₂ anses som liten i dag, og svært liten fram mot 2030, og beregnet befolkningseksponeering gir at ingen blir eksponert for nivåer over juridisk grenseverdi i 2030 der de bor. Tiltak for å redusere utslipp fra skip og veitrafikk vil kunne redusere antall som eksponeres for nivåer over luftkvalitetskriteriet i årene framover. Situasjonen for NO₂ de siste 5 år, samt framskrivningen til 2030, tilsier at det ikke vil være behov for strakstiltak rettet mot skip og veitrafikk.

Svevestøv - PM₁₀

Bergen har aldri overskredet grenseverdiene for svevestøv, men i de siste årene har målingene vist en svakt økende trend for PM₁₀. I 2021 ble ØVT for døgnmiddel overskredet ved Danmarks plass. Med innstramningen av forurensningsforskriften fra og med januar 2022, vil særlig vurderingstersklene kunne overskrides også i årene framover.

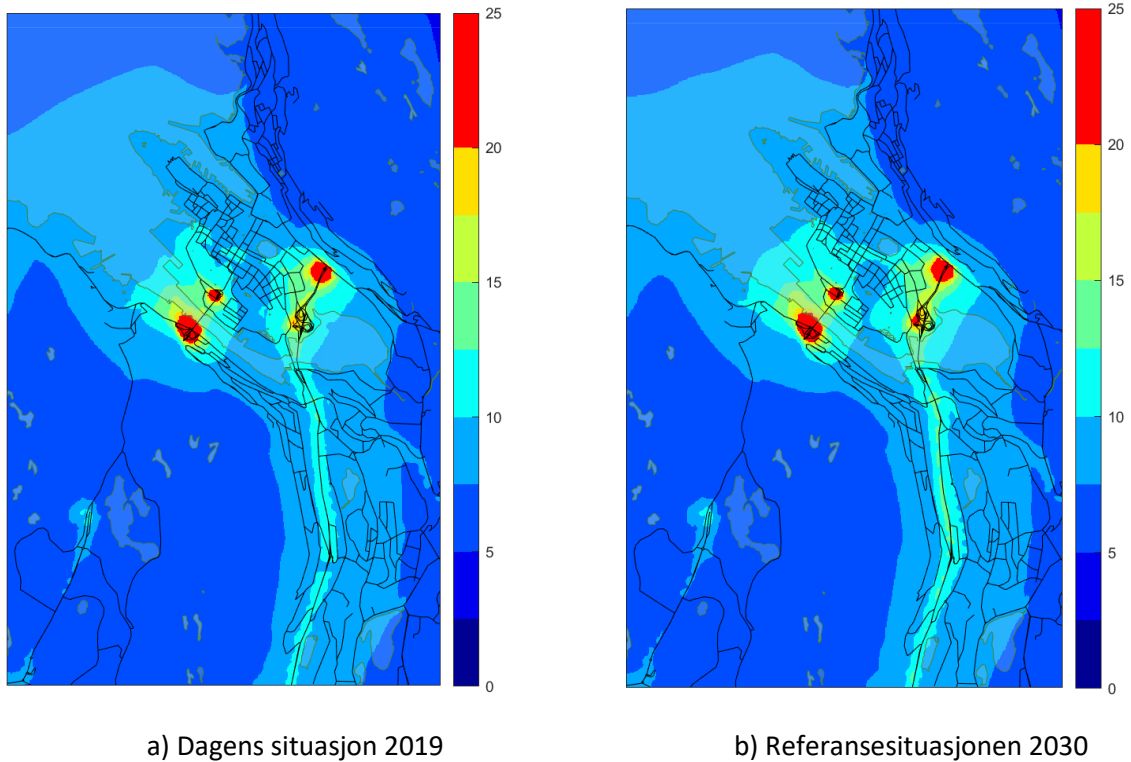
Beregningene viser at veistøvutslippet vil øke med ca. 15% fram mot 2030 ved den forventede trafikkøkningen. Eksosutslippet avtar betydelig i denne perioden ved fornyelse av bilparken, men fordi bidraget til PM₁₀ fra eksos er mindre enn en tiendedel av veistøvbidraget, betyr det lite for den totale utviklingen for PM₁₀. Veistøvutslippet øker også mer i prosent enn trafikkveksten på 9% skulle tilsi fordi trafikkøkningen skjer på veier med høy kapasitet og hastighet, og fordi trafikkveksten for tunge kjøretøy er vesentlig større enn for lette kjøretøy. Det er stor usikkerhet knyttet til framtidig strømpris, noe som kan påvirke vedforbruket. Det er derfor ikke antatt at vedfyringsutslippene reduseres mot 2030 i referansesituasjonen, selv om den forventede utskiftingen av gamle ikke-rentbrennende ovner med nye rentbrennende isolert vil redusere dette utslippet.

På grunn av trafikkøkningen, er det beregnet en økning i konsentrasjonene av PM₁₀ fram mot 2030. Med unntak av akkurat rundt tunnelmunningene, er det ikke beregnet overskridelse av grenseverdiene. Beregnet årsmiddelkonsentrasjon ved Danmarks plass øker med ca. 8% og antall overskridelser av døgn grenseverdien øker fra 3 til 5, antall døgn over ØVT øker fra 12 til 19 og antall døgn over luftkvalitetskriteriet fra 18 til 25.

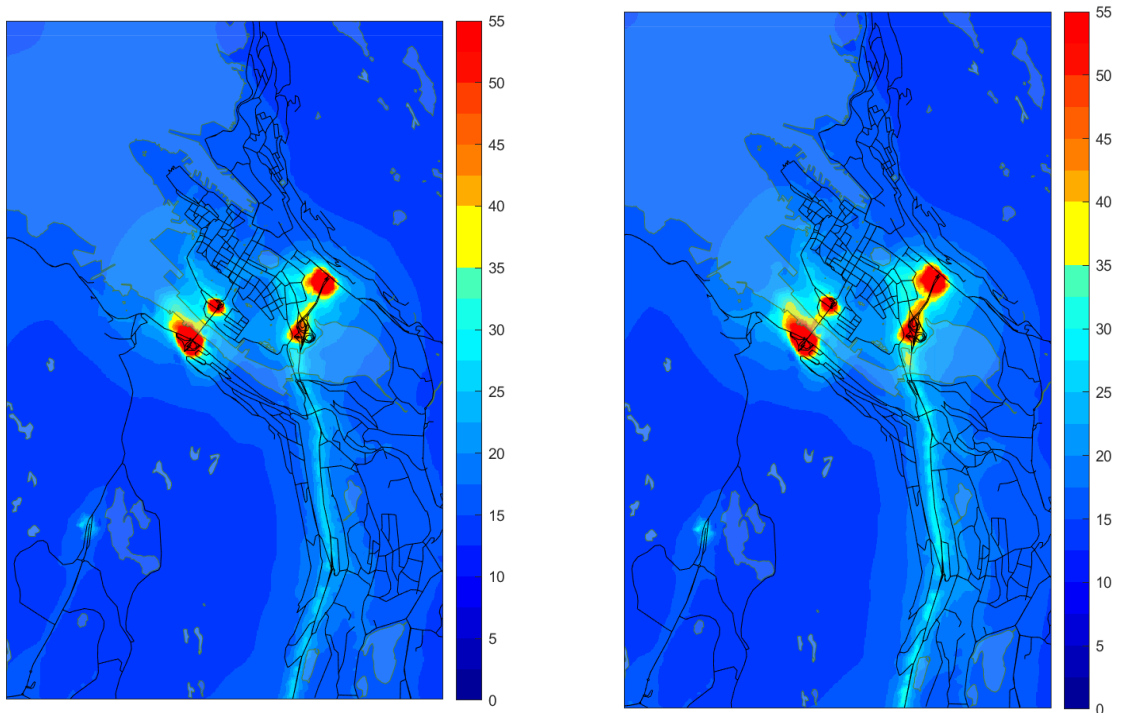
Som for NO₂ viser kartene for PM₁₀ det høyeste potensialet for eksponering rundt tunnelmunningene ved direkte horisontal siktlinje til munningen og uten å anta avsetning av PM₁₀ i tunnelen. Med disse forutsetningene viser kartene overskridelse av grenseverdier for både årsmiddel (Figur S 4) og døgnmiddel (Figur S 5) ved munningene i både 2019 og 2030. Men beregninger for PM₁₀ der de passive målerne er plassert viser, med unntak av måleren plassert ved Øyjorden, ingen overskridelse av grenseverdiene.

Beregnet befolkningseksponeering viser at det er en liten andel av befolkningen som utsettes for nivåer over grenseverdien der de bor, men at denne andelen er høyere i 2030. I stor grad handler det om boliger nær tunnelmunninger hvor det er større usikkerhet knyttet til beregningsresultatene enn ellers. Men det er også en betydelig økning i antall som eksponeres for lavere nivåer (ØVT og luftkvalitetskriteriet) og denne økningen forekommer også langs de mest trafikkerte veiene.

Beregnet kildeallokering viser at veistøv er den viktigste kilden i veinære områder og at eksosbidraget fra veitrafikk kun er ca. 1/10 av veistøvbidraget. For årsmiddelkonsentrasjonen er «bakgrunnen» (dvs. langtransportert forurensning) også vesentlig, men ser vi at på de høyeste døgnene over 35 µg/m³ (ØVT) ved Danmarks plass er bidraget fra veistøv i gjennomsnitt ca. 80%. Ved bakgrunnsstasjonene Klosterhaugen og Rolland, Åsane er «bakgrunnen» dominerende for årsgjennomsnittet, mens vedfyring, skip og veistøv som regel er de kildene som bidrar mest når døgnmiddelkonsentrasjonene er høye.



Figur S 4: Beregnet årsmiddelkonsentrasjon for PM_{10} i Bergen sentrum for Dagens situasjon 2019 og referansesituasjonen 2030. Grenseverdien for årsmiddelkonsentrasjon av PM_{10} er $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figur S 5: Beregnet 26. høyeste døgnmiddel for PM_{10} i Bergen sentrum for Dagens situasjon 2019 og referansesituasjonen 2030. Grenseverdien for døgnmiddelkonsentrasjon av PM_{10} er $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mens $\text{\O}VT$ er på $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (vist som overgangen til gult).

Risikoen for overskridelse av grenseverdiene for svevestøv (PM_{10}) ved målestasjonene er i dag liten, men målingene har vist økende verdier de siste årene. I 2021 ble øvre vurderingsterskel overskredet som angir økt fare for overskridelse av grenseverdiene. Beregningene for 2019 og 2030 viser en vesentlig økning i antall døgn over øvre vurderingsterskel og også en økning i antall som eksponeres for disse nivåene. Dette understreker betydningen av tiltak som kan bremse trafikkveksten, samt viktigheten av å opprettholde en høy piggfriandel og ha et godt regime for renhold av veinett og tunneler.

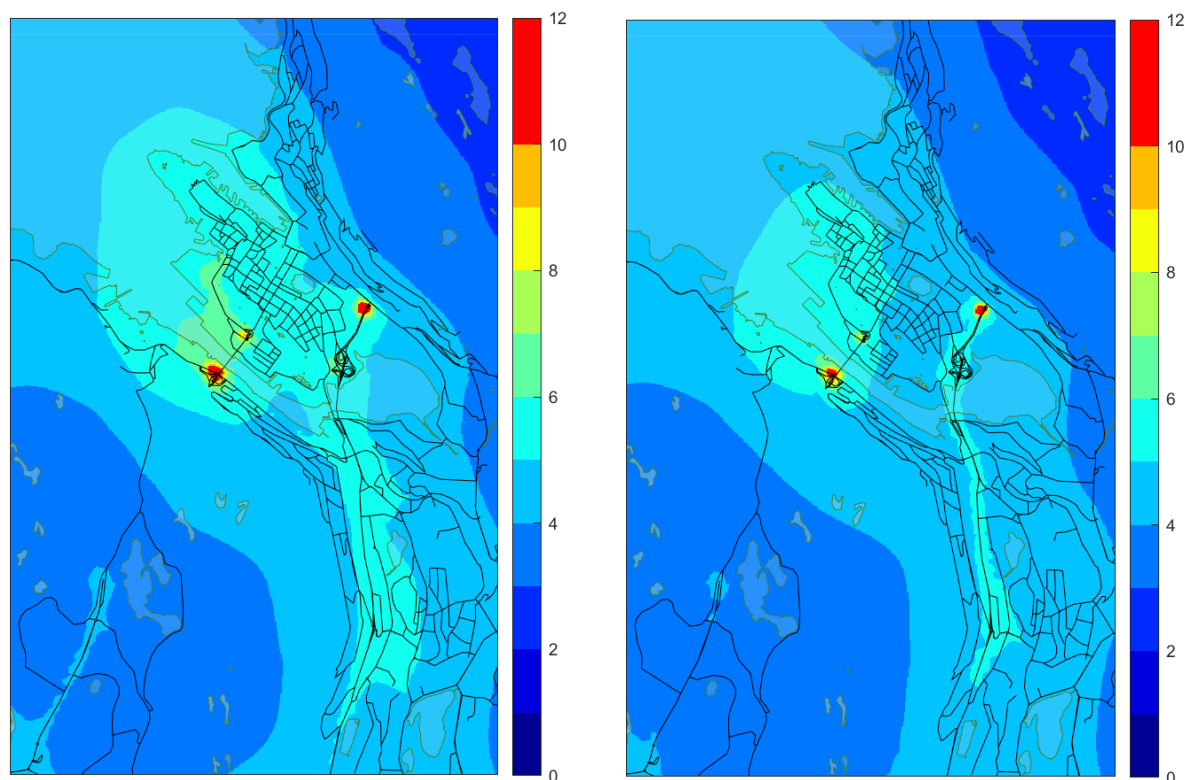
Svevestøv - $PM_{2,5}$

Det har aldri blitt målt overskridelse av grenseverdiene for årsmiddel av $PM_{2,5}$ i Bergen, men antall døgn over luftkvalitetskriteriet har vist en svakt økende trend de siste 5 årene, og i 2021 ble det målt 38 døgn over luftkvalitetskriteriet ved Danmarks plass.

Beregningene viser at eksosutslippet av partikler reduseres med 85% (en faktor 6,5) fra 2019 til 2030, mens bidraget til $PM_{2,5}$ fra veistøv øker med ca. 11%. Dette gir i sum en svak nedgang i konsentrasjonene. Beregningene viser nivåer langt under grenseverdien ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) og luftkvalitetskriteriet ($8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) for årsmiddel, med unntak av i nærheten til de største tunnelene. Det er beregnet enkelte døgn over luftkvalitetskriteriet med tilhørende befolkningseksponering, men det er svært få som eksponeres for mer enn 25 slike døgn.

Beregnet kildeallokering viser at vedfyring generelt er den største lokale bidragsyteren til $PM_{2,5}$ -konsentrasjoner selv i områder hvor veitrafikk dominerer (f.eks. Danmarks plass). Videre viser beregningene at for døgn over luftkvalitetskriteriet utgjør vedfyring som regel 70 til 80% av bidraget.

Nivåene for fint svevestøv ($PM_{2,5}$) ligger langt under grenseverdien for årsmiddel, og det er liten risiko for overskridelse i dag og i 2030. Det er målt og beregnet flere døgn over luftkvalitetskriteriene, og tiltak rettet mot vedfyring kan redusere antall personer som eksponeres for nivåer over helsemyndighetenes anbefalinger.



a) Dagens situasjon 2019

b) Referansesituasjonen 2030

Figur S 6: Beregnet årsmiddelkonsentrasjon for $PM_{2,5}$ i Bergen sentrum for Dagens situasjon 2019 og referansesituasjonen 2030. Grenseverdien for årsmiddelkonsentrasjon av $PM_{2,5}$ er $10 \mu g/m^3$, mens luftkvalitetskriteriet er på $8 \mu g/m^3$ (vist som overgangen til gult).

Effekt av tiltak i handlingsplanen

Tiltakene i eksisterende handlingsplan (Høiskar et al., 2017) er gjennomgått og evaluert i samarbeid med prosjektgruppa. Forslag til revidert handlingsplan er organisert i to deler, hvor del A omfatter tiltak som omfatter piggdekk, rengjøring, kartlegging/varsling, forhold rundt tunnelmunninger, vedfyring og skipsutslipp. Del B er tiltak knyttet til veitrafikk og mobilitet som allerede er forankret i nullvekstavtalen og Grønn strategi for Bergen kommune.

Tiltakene i del A er presentert med ansvar, status, kostnad og anbefaling. I tillegg er det gitt en vurdering av forventet effekt av tiltaket.

Handlingsplanen del A er oppsummert i Tabell S 2 og kommentert i følgende punkt:

1. Videreføring av piggdekkgebyr anbefales på bakgrunn av den store produksjonen av svevestøv som skyldes piggdekk og etter prinsippet om at forurenser skal betale. Piggfriandelen i Bergen ble i 2019 telt til 88%. En økning i piggfriandelen fra 88% til 90% vil teoretisk *redusere* produksjonen av svevestøv med litt over 15%. Det er viktig at piggfriandelen fortsatt dokumenteres gjennom tellinger.
2. Videreføring av gaterengjøring og rengjøring av tunneler etter dagens regime anbefales. Erfaringer fra Bergen og andre byer (Reitan et al., 2018) viser at effekten av renhold er betydelig for å redusere svevestøvnivåene og særlig antall døgn over grenseverdien. Det bør være fortsatt fokus på forebyggende renhold i de periodene det er mulig, og mulighet til å sette inn strakstiltak, som støvbinding, når forurensningsnivåene tilsier det. God samordning mellom anleggseiere (SVV, VF, BK) vil gjøre tiltakene mer effektive. Det anbefales å innarbeide

krav i bestemmelsene til Kommuneplanens arealdel ved at retningslinjen T-1520 tilfredsstilles ved bygge- og anleggsvirksomhet.

3. Bergen kommune i samarbeid med anleggseiere har gjort et godt arbeid med kartlegging av forurensningssituasjonen gjennom de 5 regulære målestasjonene (timeverdier for PM₁₀, PM_{2,5} og NO₂) og ved passive prøvetakere (månedsverdier for NO₂). I tillegg til generell kartlegging og dokumentasjon, er de regulære målestasjonene viktige som beslutningsstøtte ved strakstiltak mot høy luftforurensning. Det anbefales at måleprogrammet opprettholdes med samme antall stasjoner.
4. Modellberegninger viser risiko for overskridelse av grenseverdier rundt tunnelmunningene, selv om det er få boliger som på grunn av sin beliggenhet eksponeres for disse nivåene. Passive prøvetakere plassert i nærheten av tunnelmunningene viser ingen overskridelse av grenseverdiene for NO₂. For svevestøv foreligger det få³ målinger nær tunnelmunninger i Bergen og det er generelt behov for å øke kunnskapsgrunnlaget for den faktiske svevestøvsbelastningen rundt tunnelmunninger under nordiske forhold. Dette bør gjøres gjennom et større nasjonalt/tverrkommunalt initiativ ledet av de viktigste anleggseiere.
5. Landstrøm til skip i havn er et viktig bidrag til å redusere den største utslippskilden til NO_x og en stor kilde til klimagasser i Bergensområdet. Per i dag har Bergen Havn 21 tilkoblingspunkter for landstrøm. Det vil være krav til landstrøm for cruiseskip fra 2026 og det er planlagt et tilsvarende krav for offshore supplyskip. Utvidet innføring av landstrøm gir etter beregningene en betydelig reduksjon i høye timeverdier og en reduksjon av årsmiddelkonsentrasjonene med inntil 50%, fra en situasjon uten bruk av landstrøm. Men verken beregningene for 2019 eller målingene i perioden 2017-2021 indikerer overskridelse av grenseverdiene for NO₂ med gjeldende bruk av landstrøm. Målinger ved Klosterhaugen og med passive prøvetakere de siste 5 år, samt beregninger for 2019, viser at det sannsynligvis ikke er grunnlag for en forskrift som begrenser opphold av skipsfartøy for å unngå overskridelse av grenseverdiene for NO₂.
6. Bergen kommune etablerte en utvidet panteordning i 2017 for utskifting av gamle vedovner til nye rentbrennende. Fra og med 1.1.2021 trådte en forskrift⁴ i kraft som forbyr bruk av gamle ikke-rentbrennende ovner. Dette har sannsynligvis forsert utskiftingen til nye rentbrennende ovner. Effekten av tiltaket kan være god gitt at forbruket i de nye rent-brennende ovnene ikke øker vesentlig. En studie (Lopez-Aparicio & Grythe, 2019) antyder at utskifting til nye rentbrennende ovner har gitt økt vedforbruk i enkelte kommuner. Vedfyring bidrar ikke til overskridelse av grenseverdiene for PM₁₀ og PM_{2,5} og sjelden til nivåer over døgn-grenseverdien for PM₁₀, men kan gi opphav til døgnverdier over luftkvalitetskriteriet for PM_{2,5}. Etter beregningene medfører en utskifting av alle eldre ovner med nye at det blir færre døgn over luftkvalitetskriteriet. Økningen i strømpris som vi har sett det siste året, sammen med kalde perioder, vil kunne medføre en betydelig økning i vedforbruket. En følsomhetsberegning med doblet vedforbruk viser stor økning i antall personer som eksponeres for døgnmiddelkonsentrasjoner over luftkvalitetskriteriet, men ingen overskridelse av grenseverdiene. Panteordningen og forskriften kan dermed få økt aktualitet, selv om dagens forhold tilsier at grunnlaget for forskriften ikke er tilstede. I perioder med høye PM_{2,5}-konsentrasjoner anbefales det å intensivere informasjonsarbeidet om å begrense vedfyringen.

Handlingsplanen del B (Tabell S 3) omfatter tiltak som er forankret i Byvekstavtalen herunder prosjekter under Miljøløftet som er gjennomføringsorganet til Byvekstavtalen, samt tiltak relatert til transport og mobilitet i Grønn strategi som er Klima- og energihandlingsplanen for Bergen.

³ Bergen kommune utførte én målekampanje ved Øyjorden tunnelmunning i første halvdel av 2018

⁴ <https://lovdata.no/dokument/LF/forskrift/2017-11-22-2473>

Bypakke Bergen med nye bomstasjoner fra 2019 med tids- og miljødifferensierte takster er inkludert i både 2019 og 2030-beregningen. Tids- og miljødifferensierte takster bidrar til utslippsreduksjon (eksos), samt å redusere veitrafikken i de periodene av døgnet hvor fossilt drevne kjøretøy har de høyeste utslippene relativt sett. Det er fordi eksosutslipp per km i kø er vesentlig mye høyere enn utslipp i fri flyt. Miljødifferensieringen har liten effekt på svevestøv fordi elektriske kjøretøy bidrar like mye til produksjon og oppvirvling av veistøv, og kjøring med elektriske kjøretøy til dels er favorisert gjennom lave takster.

Framskrivningen til 2030 tar høyde for Bybane til Fyllingsdalen som er et stort prosjekt under Miljøløftet. Ellers tar ikke framskrivningen av trafikk til 2030 høyde for øvrige trafikale tiltak som er nedfelt i Byvekstavtalen/Miljøløftet og Grønn strategi. Beregningen viser en økning i personbiltrafikken med ca. 9% og en økning i transport med tunge kjøretøy på ca. 34%. Referansesituasjonen 2030 blir slik sett et mål på situasjonen gitt at ytterligere trafikale tiltak i Byvekstavtalen/Miljøløftet og Grønn strategi *ikke* gjennomføres⁵. Selv om antall eksponerte for nivåer over grenseverdien er forventet å være lavt, understreker økningen i nivået av PM₁₀ i Referansesituasjonen 2030, med tilhørende antall eksponerte, behov for tiltak som forhindrer trafikkvekst.

Bergen kommune har en forskrift om midlertidig trafikkregulering ved akutt luftforurensning⁶ som gir hjemmel for «datokjøring» ved verdier som overskrider grenseverdiene i forskrift. Siden 2016 har det ikke vært nivåer av luftforurensning som har gjort forskriften gjeldende. Datokjøring som tiltak mot svevestøv er forventet å være lite egnet fordi svevestøv er et resultat av støvproduksjon gjennom hele piggdekkseasonen og oppvirvlingen er sterkt avhengig av hastigheten på kjøretøyene. Ved datokjøring vil hastigheten i rushtid øke, fordi det blir færre biler på veien og mindre kø. En gjennomgang av perioder med høy luftforurensning i Bergen de siste 5 årene viser at veistøv og vedfyring sannsynligvis er de viktigste kildene i disse periodene.

Forslag til revidert handlingsplan

⁵ Innføring av fossilfri personbil-, kollektiv- og godstrafikk er tatt høyde for etter et konservativt estimat. Se Vedlegg A3.

⁶ <https://lovdata.no/dokument/LF/forskrift/2012-01-30-103>

Tabell S 2: Anbefalt handlingsplan for lokal luftkvalitet i Bergen kommune, del A. BK: Bergen kommune, VF: Vestland fylkeskommune, SVV: Statens vegvesen, BH: Bergen Havn

Tiltak	Forventet effekt	Ansvar	Status	Anbefaling / kostnad
1. Videreføring av piggdekkgebyr	Stor effekt på PM ₁₀	BK VF (telling)	Innført.	Det anbefales å opprettholde gebyret og arbeide for å øke piggfriandelen ytterligere. Inntektene fra piggdekkgebyret beløp seg til 13,7 mill. kroner i 2021. Piggdekkteilingene bør fortsette.
2. Gaterengjøring og rengjøring av tunneler. Støvbinding. Krav til luftkvalitet i bygge- og anleggsfasen.	Stor effekt på PM ₁₀ , reduserer antall døgn med høye verdier	SVV / VK / BK for respektive veianlegg	SVV og VF utfører forebyggende renhold og om nødvendig støvdemping på prioritert veinett. BK utfører årlig renhold på hele veinettet, 8 ganger i året på gang og sykkelveier, samt hyppigere renhold på veier i sentrum.	Det anbefales å opprettholde gaterengjøring og støvbinding på dagens nivå. I.h.t. regnskapet brukte BK 24,6 mill. NOK på gaterengjøring i fjor og årets budsjett er på 25,3 mill. NOK. Det anbefales å stille krav i bestemmelsene til Kommuneplanens arealdel til at retningslinjen T-1520 tilfredsstilles ved bygg- og anleggsvirksomhet.
3. Måling, kartlegging, varsling og informasjon	Beslutningsstøtte for strakstiltak mot svevestøv	BK er utfører, men deler ansvar / kostnad med VK og SVV	Miljørettet helsevern måler og overvåker, utarbeider årsrapport og månedlig informasjon om resultater av målingene. Infoavdelingen informerer også ved forurensningsepisoder og ved varslet høy luftforurensning.	Det anbefales å opprettholde dagens stasjoner. Kostnadene ved måleprogrammet er nå på 2,5 mill. som deles likt mellom BK, VF og SVV
4. Målinger i og rundt tunellene i Bergen sentrum.	Bidrar til kartlegging og å øke kunnskapsgrunnlaget	SVV, VK BK	BK startet målinger av NO ₂ med passive målere rundt tunnelmunninger i 2016. Per i dag er det 59 slike målere ute. Det ble utført én målekampanje for svevestøv ved Øyjorden tunnelmunning i første halvdel av 2018.	Det anbefales å opprettholde målingene med passive prøvetakere og å øke kunnskapsgrunnlaget for svevestøv ved tunnelmunninger ved et større måleprogram som bør gjennomføres med SVV gjennom et tverrkommunalt/nasjonalt samarbeid. Kostnaden for målinger med 59 passive prøvetakere er i dag ca. 420 000 kroner i året.
5. Landstrøm til skip i havn	Middels til stedvis stor effekt på NO ₂	BH	Bergen Havn har per i dag 21 ladepunkt/tilkoblingsmuligheter for landstrøm i Bergen.	Det anbefales å øke investeringen i landstrøm for å redusere den største kilden til NO _x -utslipp i Bergen. Så langt er det investert for 230 millioner kroner i tillegg til støtte fra Enova på over 60 millioner kroner.
6. Tilskudd til utskifting av gamle vedovner og forbud fra 2021. Informasjonskampanjer ved episoder med høye PM _{2,5} -konsentrasjoner på vinteren.	Middels effekt på PM _{2,5} , relativt liten effekt på PM ₁₀ .	BK	Forskrift trådte i kraft 1.1.2021, gjelder inntil videre. Utvidet panteordningen ble etablert i 2017 og er fortsatt gjeldende.	50 mill. NOK som totalramme til panteordning, pluss tilsynskostnader. Fikk ytterligere 1,5 mill. NOK til fondet i inneværende budsjett. Ca. 4 mill. tilgjengelig totalt i år. Tiltaket kan anbefales for å redusere antall overskridelser av luftkvalitetskriteriet, men betinger at vedforbruket ikke øker vesentlig. I perioder med høye PM _{2,5} -konsentrasjoner anbefales det å intensivere informasjonsarbeidet om riktig og måteholden vedfyring.

Tabell S 3: Handlingsplan del B. Tiltak relatert til veitrafikk og mobilitet nedfelt i Byvekstavtalen og Grønn strategi. BK: Bergen kommune, VF: Vestland fylkeskommune, SVV: Statens vegvesen, BV: Partene i Byvekstavtalen (kommunene Bergen, Askøy, Øygarden, Alver, Bjørnarfjorden, Vestland fylkeskommune og Staten)

Tiltak	Ansvar	Mål og tiltak	Generelt om effekt på luftkvalitet
7. Følge opp forpliktelsene i byvekstavtalen om nullvekst i personbiltrafikken	BV	Bypakke Bergen: Bomstasjoner med tids- og miljødifferensierte avgifter Prosjekter under Miljøløftet.	Trafikkbegrensende tiltak og miljødifferensiering reduserer utslipp av eksos (NO _x , PM _{2,5}) og svevestøv (PM ₁₀ , PM _{2,5}). Sterk miljødifferensiering som øker trafikken med elektriske kjøretøy på bekostning av nullvekstmålet kan øke utslipp og konsentrasjoner av svevestøv.
8. Følge opp forpliktelsene i Grønn strategi (Klima- og energihandlingsplan for Bergen)	BK	Relevante mål i Grønn strategi relatert til transport og mobilitet: Redusere personbiltrafikken med 20 prosent innen 2030 sammenlignet med 2013 Øke antall passasjerer per kjøretøy i rushtid Fremme fossilfri biltrafikk og kollektivtrafikk	
9. Utbygging av innfartsparkering	VF	«Strategisk styringsdokument for innfartsparkering 2022-2029» er etablert innenfor rammene av byvekstavtalen. Etablering av innfartsparkeringsplasser er slik sett et virkemiddel i målsetningen om nullvekst i personbiltrafikken.	

Revidert tiltaksutredning for lokal luftkvalitet i Bergen

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

I «Forskrift om begrensning av forurensning (forurensningsforskriften)» Del 3 Kapittel 7 stilles det lovfestede krav til lokal luftkvalitet. Forskriften har som formål å fremme menneskers helse og trivsel og beskytte vegetasjon og økosystemer.

I forskriften er det juridisk bindende grenseverdier og målsetningsverdier for konsentrasjoner av ulike luftforurensningskomponenter. Grenseverdiene og målsetningsverdiene er minstekrav til akseptabel luftkvalitet. Dersom disse verdiene overskrides eller det er fare for overskridelse av disse verdiene, skal det utarbeides en tiltaksutredning. Tiltaksutredningen har som hensikt å forankre en handlingsplan med tiltak som vil redusere luftforurensningen til et nivå som tilfredsstillende kravene i forskriften. Handlingsplanen må være vedtatt i kommunen og av anleggseierne.

Tiltaksutredningen for lokal luftkvalitet i Bergen ble sist revidert i 2017 etter pålegg fra Miljødirektoratet. Bakgrunnen for pålegget var at tiltaksutredningen fra 2015 i for liten grad utredet effekten av tiltakene i handlingsplanen. Miljødirektoratet stiller krav om revisjon av tiltaksutredningen hvert fjerde år på bakgrunn av ESAs grunngitte uttalelse («Reasoned opinion») av 24. mars, se veileder M-252 (2014). Denne revisjonen er utarbeidet på bakgrunn av dette pålegget. Det foreligger dessuten formell plikt til å utarbeide tiltaksutredning fordi øvre vurderingsgrense for NO_2 er overskredet i 3 av de 5 siste årene.

1.2 Prosjektets målsetting og omfang

Prosjektets målsetning er å utarbeide en revidert tiltaksutredning med handlingsplan for lokal luftkvalitet for Bergen kommune, som tilfredsstillende kravene gitt i forurensningsforskriftens kapittel 7, vedlegg 5. Miljødirektoratets veileder M-252 (2014) skal legges til grunn for arbeidet med revidert tiltaksutredning. Tiltaksutredningen skal gi informasjon om dagens forurensningssituasjon, forventet forurensningssituasjon i 2030, og vise hvilken effekt tiltakene i handlingsplanen vil ha på luftkvaliteten. Effekten av tiltakene gitt i handlingsplanen for luftkvalitet skal beregnes og presenteres i tiltaksutredningen.

Arbeidet omfatter utslipps- og konsentrasjonsberegninger av $\text{PM}_{2,5}$, PM_{10} og NO_x (NO_2 og NO) for Dagens situasjon 2019, Referansesituasjonen 2030 og Framtidig situasjon med tiltak knyttet til vedfyring og skipsutslipp.

Tiltaksutredningen er delt i tre deler slik det anbefales i Miljødirektoratets veileder (M-252) etter krav i forurensningsforskriften kapittel 7, Vedlegg 5. Det vil si en faglig utredning og kartlegging av forurensningssituasjonen (Del 1: kapittel 1-4), en handlingsplan (Del 2: kapittel 5) og en beredskapsplan knyttet til episoder med høy luftforurensning (Del 3: kapittel 6).

1.3 Luftforurensning og helseeffekter

Luftforurensning representerer et betydelig helseproblem verden over, og påvirker også helsen til befolkningen i norske byer og tettsteder (Folkehelseinstituttet, 2022). De viktigste forurensningskomponentene i norske byer er nitrogendioksid (NO_2) og svevestøv (PM_{10} og $\text{PM}_{2,5}$).

Svevestøv er partikler som er så små at de oppfører seg som gass og blandes og transporteres med lufta. Svevestøv deles inn i to størrelsesfraksjoner: $\text{PM}_{2,5}$ er de minste partiklene, med diameter mindre enn 2,5 mikrometer, mens PM_{10} er partikler opp til 10 mikrometer i diameter. $\text{PM}_{2,5}$ kommer i all hovedsak fra forbrenning (vedfyring, bileksos), mens de større partiklene kommer hovedsakelig fra

oppvirvling av veistøv og dekkslitasje. Sjøsalt kan også noen ganger gi et betydelig bidrag. De minste partiklene kan også transporteres langveisfra fra andre områder og land med luftmassene og kan bidra betydelig til konsentrasjonene av PM_{2,5} i norske byer.

Svevestøv kan gi ulike helseeffekter avhengig av partiklenes fysiske og kjemiske egenskaper. For eksempel vil størrelsen ha betydning for hvor dypt partiklene inhaleres i luftveiene. Eksponering for svevestøv kan sette i gang betennelsesreaksjoner som kan medføre utvikling og forverring av lungesykdommer og hjerte-kar sykdommer. Forskning tyder også på sammenheng mellom svevestøveksposering og effekter på fosterutvikling, nervesystem og stoffskifte.

Undersøkelser fra hele verden viser sammenheng mellom økte nivåer av svevestøv i luften og antall sykehusinnleggelses og dødsfall i befolkningen. Ifølge den siste luftkvalitetsrapporten fra det europeiske miljøbyrået (European Environment Agency, 2020) sto PM_{2,5} for rundt 417 000 for tidlige dødsfall⁷ i Europa i 2019. For Norge anslås det i rapporten at eksponering for PM_{2,5} resulterer i cirka 1400 for tidlige dødsfall.

Nitrogenoksider (NO og NO₂, omtalt som NO_x) er reaktive gasser som dannes ved forbrenning ved høy temperatur. I norske byer er utslipp fra veitrafikk (eksos) den viktigste kilden til NO_x. NO er i seg selv ikke helseskadelig i de konsentrasjonene som forekommer i norske byer, men NO vil reagere med tilgjengelig bakkenært ozon og danne et ytterligere bidrag (det største) til NO₂ som er langt mer helseskadelig.

De viktigste helseeffektene av NO₂ er nedsatt lungefunksjon og forverring av luftveissykdommer, som for eksempel astma og bronkitt. Personer med nedsatt lungefunksjon og kroniske luftveissykdommer er mest utsatt for helsevirkninger av NO₂.

1.4 Grenseverdier og nasjonale mål for luftkvaliteten

I Norge har vi tre ulike styringsmål for lokal luftkvalitet; forurensningsforskriften, regjeringens nasjonale mål for lokal luftkvalitet og luftkvalitetskriterier fastsatt av Miljødirektoratet og Folkehelseinstituttet.

Forurensningsforskriften er hjemlet i forurensningsloven, og ble vedtatt i 2002 med bakgrunn i EUs direktiv om luftforurensning (European Commission, 2008). Grenseverdiene i forurensningsforskriften er rettslig bindende, og overskridelse av disse minstekravene utløser krav om tiltak. **Nasjonale mål** er ikke juridisk bindende, men angir regjeringens ambisjonsnivå for luftkvaliteten i Norge. **Luftkvalitetskriteriene** er fastsatt av Miljødirektoratet og Folkehelseinstituttet basert på eksisterende kunnskap, blant annet fra verdens helseorganisasjon (WHO), om hvilke helseeffekter eksponering for luftforurensning kan medføre. Kriteriene er satt til et nivå som de aller fleste kan utsettes for uten at det oppstår skadevirkninger på helse.

Det er overlapp mellom nasjonalt mål for NO₂, PM₁₀ og PM_{2,5} og luftkvalitetskriteriet for disse komponentene. Denne tiltaksutredningen fokuserer derfor kun på de juridiske grenseverdiene og luftkvalitetskriteriene som styringsmål. Oversikt over de norske grenseverdiene og luftkvalitetskriteriene er gitt i Tabell 1-1. Etter siste revisjon av forskriften, gjeldende fra januar 2022, er grenseverdien for svevestøv vesentlig strengere enn EUs luftkvalitetsdirektiv. Direktivet er også under revisjon og det kan forventes en viss innstramming av grenseverdier basert på de oppdaterte retningslinjene fra WHO (Hoffmann et al., 2021).

Brudd på grenseverdiene er ulovlig og medfører umiddelbart krav om tiltak. For å unngå dette har forurensningsforskriften og direktivet også vurderingsterskler som definerer *fare for overskridelse* av

⁷ For tidlige dødsfall, er definert som dødsfall som skjer før en person når en forventet alder. Denne forventede alderen er basert på gjennomsnittlig levetid, i et land og for hvert kjønn. Slike for tidlige dødsfall kan forebygges om man kan fjerne årsaken til at de skjer.

grenseverdien dersom disse brytes i 3 av 5 sammenhengende år. Ved fare for overskridelse stiller forskriften krav til målinger og utarbeiding av tiltaksutredning.

Tabell 1-1: Gjeldende (fra 1.1.2022) grenseverdier og luftkvalitetskriterier for NO₂ og svevestøv.

Komponent	Midlingstid	Grenseverdi ⁽¹⁾	Luftkvalitetskriterier ⁽²⁾
NO ₂	Time	200 µg/m ³ må ikke overskrides mer enn 18 ganger pr. kalenderår	100 µg/m ³
	År	40 µg/m ³	30 µg/m ³ (*)
PM ₁₀	Døgn	50 µg/m ³ må ikke overskrides mer enn 25 ganger pr. kalenderår	30 µg/m ³
	År	20 µg/m ³ (*)	20 µg/m ³ (*)
PM _{2,5}	Døgn		15 µg/m ³
	År	10 µg/m ³	8 µg/m ³ (*)

1: Forskrift om begrensning av forurensning (forurensningsforskriften), Kapittel 7. Lokal luftkvalitet.

2: Folkehelseinstituttet (2013) Luftkvalitetskriterier - Virkninger av luftforurensning på helse. Oslo, Nasjonalt folkehelseinstitutt (Rapport 2013:9)

(*) kriterier som er likt nasjonalt mål fastsatt av det kongelige klima og miljødepartement, Prop. 1 S (2016-2017)

Forurensningsforskriften § 7 angir også et forurensningsnivå lavere enn grenseverdien som ikke utløser krav om tiltak, men som angir krav til målenettverk og tiltaksutredning: «Det skal gjennomføres målinger og tiltaksutredning ved overskridelse av øvre vurderingsterskel. Mellom øvre og nedre vurderingsterskel reduseres kravet om målinger. Under nedre vurderingsterskel vil det ikke være behov for målinger.» Øvre og nedre vurderingsterskel for de aktuelle stoffene er spesifisert i vedlegg 3 til forskriften og gjengitt i Tabell 1-2.

Tabell 1-2: Gjeldende vurderingsterskler som angitt i forurensningsforskriftens §7, vedlegg 3, hvor øvre vurderingsterskel angir krav til tiltaksutredning.

Komponent	Midlingstid	Øvre vurderingsterskel	Nedre vurderingsterskel
NO ₂	Time	140 µg/m ³ må ikke overskrides mer enn 18 ganger pr. kalenderår	100 µg/m ³ må ikke overskrides mer enn 18 ganger pr. kalenderår
	År	32 µg/m ³	26 µg/m ³
PM ₁₀	Døgn	35 µg/m ³ må ikke overskrides mer enn 25 ganger pr. kalenderår	25 µg/m ³ må ikke overskrides mer enn 25 ganger pr. kalenderår
	År	17 µg/m ³	15 µg/m ³
PM _{2,5}	År	7 µg/m ³	5 µg/m ³

1.5 Luftforurensning i arealplanlegging (T1520)

Retningslinje for behandling av arealplanlegging T-1520 (Miljødirektoratet, 2012) er statlige anbefalinger for hvordan luftkvalitet bør håndteres i kommunenes arealplanlegging. Hensikten er å forebygge helseeffekter av luftforurensninger gjennom god arealplanlegging.

Luftforurensning forebygges gjennom en langsiktig areal- og transportplanlegging og det er derfor viktig å vurdere hensyn til luftkvalitet når man vurderer arealbruksformål i overordnede planer og i en tidlig fase i reguleringsplanarbeidet. Anbefalingene i retningslinjen skal legges til grunn av kommuner,

regionale myndigheter og berørte statlige etater ved planlegging og behandling av overordnede planer og enkeltsaker etter plan- og bygningsloven.

Retningslinjene gir anbefalte luftforurensningsgrenser for inndeling i gul og rød sone, som vist i Tabell 1-3. I den røde sonen er hovedregelen at ny bebyggelse som er følsom for luftforurensning unngås, mens den gule sonen er en vurderingssone der ny bebyggelse bør tilfredsstillende visse minimumskrav. Det anbefales at kommunene i samarbeid med anleggseiere kartlegger luftkvaliteten i henhold til de anbefalte luftforurensningsgrensene ved planlegging av ny virksomhet eller bebyggelse.

Retningslinjen har ikke status som en statlig planretningslinje etter plan- og bygningslovens §6-2. Anbefalingene i retningslinjen er veiledende, men vesentlige avvik fra anbefalingene kan imidlertid gi grunnlag for innsigelser til planen fra offentlige myndigheter.

Det pågår et arbeid med revisjon av T-1520. Miljødirektoratet opplyser at de skal levere forslag til revidert retningslinje til departementet innen desember 2022, men at videre saksgang med eventuelt offentlig høring ikke er fastsatt p.t.

Tabell 1-3: Anbefalte grenser for luftforurensning og kriterier for soneinndeling ved planlegging av virksomhet eller bebyggelse. Alle tall i $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (mikrogram/ m^3) luft.

Komponent	Luftforurensningszone ¹	
	Gul sone	Rød sone
PM ₁₀	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 7 døgn pr. år	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 7 døgn pr. år
NO ₂	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ vintermiddel ²	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ årsmiddel
Helserisiko	Personer med alvorlig luftveis- og hjertekarsykdom har økt risiko for forverring av sykdommen. Friske personer vil sannsynligvis ikke ha helseeffekter.	Personer med luftveis- og hjertekarsykdom har økt risiko for helseeffekter. Blant disse er barn med luftveislidelser og eldre med luftveis- og hjertekarlidelser mest sårbare.

¹ Bakgrunnskonsentrasjonen er inkludert i sonegrensene.

² Vintermiddel defineres som perioden fra 1.nov til 30. april.

1.6 Arbeid med lokal luftkvalitet i Bergen kommune

Ifølge forurensningsforskriftens kapittel 7 er det kommunen som er forurensningsmyndighet for lokal luftkvalitet og som skal sørge for at de ulike bestemmelsene i forskriften følges opp. Dette innebærer blant annet at Bergen kommune skal ha oversikt over luftkvaliteten i sin kommune, sørge for gjennomføring av målinger/beregninger, månedlig rapportering av måledata, utarbeidelse av tiltaksutredninger og at allmenheten er informert om luftkvaliteten i kommunen. Ansvaret som forurensningsmyndighet innebærer også tilsynsansvar og ansvar for å gi pålegg til anleggseiere for å sikre at kravene overholdes.

Kommunen har også ansvar som planmyndighet og lokal helsemyndighet. I tråd med § 9 i folkehelseloven skal kommunen føre tilsyn med de faktorer og forhold i miljøet som kan ha en direkte eller indirekte innvirkning på befolkningens helse. Ett av disse forholdene er lokal luftkvalitet. Det innebærer at den kommunale helsemyndigheten kan treffe vedtak etter folkehelseloven.

Anleggseiere som bidrar til konsentrasjon av luftforurensning i et område skal medvirke til å gjennomføre målinger, beregninger og tiltaksutredninger. De viktigste anleggseierne i denne forbindelse er Statens vegvesen (europaveier og riksveier), Vestland fylkeskommune (fylkesveier), Bergen Havn AS (utslipp fra skip og havn, eies av Bergen, Øygaarden, Alver, Bjørnarfjorden, Askøy, Austrheim og Fedje kommuner) og Bergen kommune (kommunale veier og private fyringsanlegg).

Anleggseiere skal også sørge for gjennomføring av nødvendige tiltak for å sikre at grenseverdier og krav blir overholdt og dekke sin del av kostnadene ved dette.

1.7 Tidligere tiltaksutredning og gjeldende handlingsplan for lokal luftkvalitet

Tabellen nedenfor gir en oversikt over politiske vedtatte tiltak og planer, samt status for disse.

Tabell 1-4: Gjeldende handlingsplan for bedre luftkvalitet. For komplett versjon se (Høiskar et al., 2017).

Tiltak	Effekt på	STATUS
1. Tids- og miljødifferensierte takster m/nytt takstregime og nye bomsnitt	NO ₂ PM ₁₀	Fra 1. januar 2016 ble det innført rushtidsavgift i Bergen. Ny bypakke/bompengoordning for Bergen, behandlet i bystyret juni 2017 (sak 146/17), senere vedtatt av Stortinget på grunnlag av Prop 11 S (2017-2018), inkludert etablering av 15 nye stasjoner spredt rundt i kommunen, i tillegg til de eksisterende 14 bomstasjonene.
2. Styrking av kollektivtilbudet - bybane til Fyllingsdalen, i tillegg til tilrettelegging for flere trolleybusser og elektriske busser	NO ₂ PM ₁₀	Arbeidet er nå i byggefase. Bybanen til Fyllingsdalen åpner årsskiftet 22/23. Trolleybusslinje 6 fra Birkelundstoppen blir utvidet til Gravdal høsten 22
3. Landstrøm til skip i havn og maks grense for antall cruiseskipsanløp pr. døgn	NO ₂	Bergen Havn har 21 ladepunkt / tilkoblingsmuligheter for landstrøm i Bergen. Forskrift på høring om midlertidig bortvisning av skip. Omdirigering av skip ved høy luftforurensning (tiltakskort Bergen havn). Bystyrevedtak om begrensning av antall cruiseskip til 4 (2022)
4. Tiltak i og rundt tunellene i Bergen sentrum	NO ₂ PM ₁₀	Målekampanje for NO ₂ rundt flere av tunnelmunningene i Bergen siden 2016. Utvidelse til flere målepunkt i 2018.
5a. Parkeringsrestriksjoner	NO ₂ PM ₁₀	Parkeringskrav i KPA 2018 senket minimumskrav for parkering for tiltak etter plan- og bygningsloven. Lokal forskrift om avgiftsbelagt boligsoneparkering i Bergen kommune (Boligsoneparkeringsforskriften) § 4 tredje ledd reduserer maks antall parkeringstillatelser (på kommunal vei) fra 2 til 1 per boenhet i boligsonene vil bli iverksatt 1. oktober 22. Samtidig utvides antall områder i Bergen hvor boligsoneparkering innføres.
5b. Utbygging av innfartsparkering	NO ₂ PM ₁₀	Vedtaket i Hordaland fylkeskommune i mars 2015 om å økte antall plasser til 6000 i 2030. Siste optelling i 2. kvartal 2020 viste omtrent 4200 plasser. Det anslås liten endring til i dag. «Strategisk styringsdokument for innfartsparkering 2022-2029» er etablert innenfor rammene av byvekstavtalen hvor innfartsparkering er ett av flere virkemiddel for nullvekst. Vedtaket om 6000 plasser er i sin helhet ikke lenger styrende for det strategiske arbeidet med innfartsparkering.
6. Videreføring av piggdekkgebyr	PM ₁₀	Fast årlig piggdekkgebyr fra 1. november til og med første søndag etter 2. påskedag.
7. Gaterengjøring og støvbinding	PM ₁₀	Omfattende rengjøringsregime. Se beskrivelse i kapittel 4.2.2
8. Tilskudd til utskifting av gamle vedovner og forbud fra 2021	PM _{2.5} PM ₁₀	Lokal forskrift om forbud mot bruk av ildsteder uten dokumentert sikkerhet mot forurensning, vedtatt av Bergen bystyre den 22. november 2017. Trådte i kraft 1. januar 2021. 50 millioner bevilget til panteordning. Fikk ytterligere 1,5 mill NOK til fondet i inneværende budsjett.
9. Varsling og informasjon	NO ₂ , PM ₁₀ , PM _{2.5}	Miljørett helsevern måler og overvåker, utarbeider årsrapport og månedlig informasjon om resultater av målingene. Infoavdelingen informerer også ut ved forurensningsepisoder og ved varslet høy luftforurensning. Kostnadene ved måleprogrammet er nå på 2,5 mill som deles likt mellom kommunen, Statens vegvesen og Vestland Fylkeskommune.
10. Mobilitet og kommunale tiltak, med spesielt fokus på tilrettelegging for sykling og samkjøring.	NO ₂ , PM ₁₀	Ny handlingsplan for sykkelsatsning på kommunalt veinett 2021-2024, vedtatt 27.10.21. Følgende investeringsmidler er inne i kommunens handlings- og økonomiplan for 2021-2024 (millioner kr), 2021: 8,9; 2022: 5,2; 2023: 8,5; 2024: 15,0

1.8 Forhold til andre kommunale planer og initiativer

Bergen kommune har ulike strategier og planer som direkte eller indirekte støtter opp om arbeidet for bedre luftkvalitet.

Kommuneplanens samfunnsdel (2015)⁸

Kommuneplanens samfunnsdel adresserer blant annet hvordan vi som samfunn kan nå målene om reduksjon av klimagassutslipp og hvordan kan vi føre en arealpolitikk som reduserer transportbehovet. «Satsing 4» spesifiserer at innbyggere skal sikres luft av god kvalitet og at tiltak «...som gir god effekt på kort sikt for å redusere utslipp av klimagasser, NO_x og svevestøv må tas i bruk.» Planen refererer til handlingsplanen for luftkvalitet.

Grønn strategi (2016)⁹

Grønn strategi er navnet på den gjeldende klima- og energihandlingsplanen for Bergen kommune. Grønn strategi beskriver hvordan kommunen skal redusere utslipp av klimagasser og effektivisere energibruk. En av målsetningene i planen er at transportsektoren i Bergen skal være fossilfri i 2030, og biltrafikken reduseres med 20 prosent, sammenlignet med 2013. Planen skisser også strategi for reduksjon i utslipp fra skipstrafikk, økt fokus på sykkel, kollektiv gange, avfallshåndtering m.m. Ny grønn strategi for 2022-2030 er til høring og kunnskapsgrunnlaget til høringen foreligger¹⁰.

Kommuneplanens arealdel (2018, vedtatt i 2019)¹¹

Kommuneplanens arealdel legger opp til et konsentrert utbyggingsmønster som vil dempe transportbehovet. Ved å utnytte infrastrukturen bedre og mer effektivt bidrar konsentrert utbyggingsmønster også til å redusere kapasitetsutfordringer. Tett og konsentrert arealbruk gjør det i tillegg enklere å gå, sykle og reise kollektivt. Det tilrettelegges for deleordninger for bil og etablering av mobilitetspunkt.

Byrådsplattform (2019-2023)¹²

Byrådsplattformen angir at Bergen kommune vil ta en aktiv rolle gjennom reguleringer, miljødifferensierte avgifter og innkjøps- og anbudsprosesser som bidrar til reduserte utslipp. Om byluft i plattformen: «... byrådet vil derfor opprettholde gode støtteordninger for tiltak som bedrer bylufta». Biltrafikk, sjøfart og eldre fyringsovner nevnes som de viktigste kildene i denne sammenhengen. Klimabudsjetten¹³ er det viktigste verktøyet for å oppnå utslippsmålene og inkluderer i dag sektorene transport, avfall og oppvarming. Byrådet vil videreutvikle klimabudsjetten som styringsverktøy og inkludere flere områder som luft- og sjøfart. Det er et mål at Bergen skal være fossilfri i 2030 og byrådet har mål om å redusere klimagassutslippene i Bergen med 50 prosent innen 2023, sammenlignet med 1991-nivå. Dette vil også redusere utslippene av eksos fra veitrafikk og sjøfart.

Byvekstavtalen¹⁴

Byvekstavtalen er en gjensidig forpliktende avtale mellom stat, fylke og kommunene Alver, Askøy, Bergen, Bjørnafjorden og Øygarden. Avtalen sikrer gjensidige forpliktelser for å nå nullvekstmålet og

⁸ <https://www.bergen.kommune.no/api/rest/filer/V104565>

⁹ <https://www.bergen.kommune.no/api/rest/filer/V304556>

¹⁰ <https://www.bergen.kommune.no/politikk/politiskeutvalg/900102/mote/4423619/sak/238997>

¹¹ <https://www.bergen.kommune.no/hvaskjer/tema/kommuneplanens-arealdel-2018>

¹² <https://www.bergen.kommune.no/api/rest/filer/V68673>

¹³ <https://www.bergen.kommune.no/api/rest/filer/V106716>

¹⁴ <https://www.regjeringen.no/contentassets/66644bf4b3e642acaf10bea324af42b8/signert-byvekstavtale-for-bergensomradet-2019-20291957830.pdf>

skal bidra til å skape et storbyområde som er planlagt og tilrettelagt for framtidens grønne transportløsninger. Avtalen sikrer finansiering av bedre kollektivtilbud, sykkelveier og mer midler til å legge til rette for gange. Avtalen inneholder også mer midler til Bybanen. Byvekstavtalen sikrer over 16 milliarder til investeringer i bergensområdet fram til 2029.

Miljøløftet¹⁵

Miljøløftet er et samarbeidet om byvekstavtalen for Bergensområdet, som er inngått mellom Samferdselsdepartementet med Statens vegvesen og Jernbanedirektoratet og Kommunal- og moderniseringsdepartementet med Statsforvalteren i Vestland, og Vestland fylkeskommune og kommunene Bergen, Alver, Askøy, Bjørnafjorden og Øygarden. Finansieringen av de ulike tiltakene for å oppnå nullvekst i personbiltrafikken kommer frem i handlingsplan for Miljøløftet.

Regional transportplan¹⁶

Regional Transportplan for Hordaland konkretiserer de nasjonale målene om ny reisemiddelfordeling og nullvekst i privatbilismen for Bergensområdet. Regional transportplan omtaler alle deler av samferdsel og transport i fylket, som vedlikehold og utbygging av fylkesveg, skredsikring, sykkel- og gangstier, Bybanen, Miljøløftet, trafiksikkerhet, båt og ferge. Planen blir rullert hvert fjerde år, med årlig rullering av handlingsprogrammet som viser prioriterte prosjekt hvert år.

Sykelstrategi (2020-2030)

Sykelstrategi for Bergen 2020-2030 er et styringsverktøy for planlegging og bygging av infrastruktur for sykkel i Bergen. Strategien gir føringer for drift og vedlikehold av sykkeltraseer, for utbygging av parkering og tiltak som muliggjør sykkelbruk. Hovedmålet for strategiperioden er at flere skal sykle mer. Planen legger til grunn et ambisjonsnivå på 10 % sykkelandel i kommunen, og 20 % i det indre byområdet. Når privatbilismen reduseres, øker fremkommeligheten for alle og det blir enklere å velge bort personbilen til fordel for andre transportformer som kollektiv, sykkel og gange.

Gåstrategi¹⁷

Gåstrategien legger opp til en 30% gangandel innen 2030, som er en økning på 6 prosentpoeng i løpet av perioden. En gangandel på 30 % vil være betydelig høyere enn i alle andre byer i Norge, med unntak av Oslo som ligger på ca. 30 % i dag. Gåstrategi, sykkelstrategi og kollektivstrategi legger samlet opp til å gi en reduksjon i personbiltrafikken tilsvarende målene i Grønn strategi. Kommunen vil imidlertid gjennom aktiv porteføljestyling, god byplanlegging med bilfrie bydeler og gjennomføre flere av tiltakene som virker, arbeide aktivt for å redusere personbiltrafikken ytterligere.

Kollektivstrategi¹⁸

Omlag 90 prosent av kollektivreisene i gamle Hordaland fylke skjer i dag i Bergensområdet, her definert som Bergen, Fjell, Sund, Øygarden, Askøy, Meland, Lindås, Radøy, Osterøy, Vaksdal, Samnanger og Os. Det er også her veksten i folketallet ventes å øke mest, og behovet for kollektive trafikkløsninger er størst. Målet om nullvekst i privatbilismen og økte markedsandeler for kollektivtrafikken er også et svar på miljøutfordringene i Bergensområdet. Kollektivplanen inneholder mål og satsinger for at flere skal reise kollektivt.

¹⁵ <https://www.miljoloftet.no/>

¹⁶ https://www.hordaland.no/globalassets/for-hfk/plan-og-planarbeid/regionale-planar-under-arbeid/regional-transportplan/rtp-2018-2029_vedteke.pdf

¹⁷ <https://www.bergen.kommune.no/politikere-utvalg/api/fil/3124447/Gastrategi-for-Bergen-2020-2030>

¹⁸ <https://www.skyss.no/globalassets/om-skyss/strategiar-og-fagstoff/strategiar-og-handlingsprogram/kollektivstrategi/kollektivstrategi-for-hordaland-2014.pdf>

Nullutslippssone

I Grønn strategi er det vedtatt å etablere nullutslippssone i deler av Bergen sentrum innen 2020 og å gjøre hele sentrumsområdet til nullutslippssone innen 2030. Tiltaket er utredet gjennom et forprosjekt utført av Sweco (Wisting, 2020). Veitransporten utgjør 40% av de totale klimagassutslippene i Bergen, og er den største kilden til utslipp i kommunen. Målsettingen er at nullutslippssoner skal bidra til raskere omstilling til utslippsfri teknologi i veitransporten. Nullutslippssone i Bergen er per dags dato til videre utredning i samarbeid med Statens vegvesen og Oslo kommune.

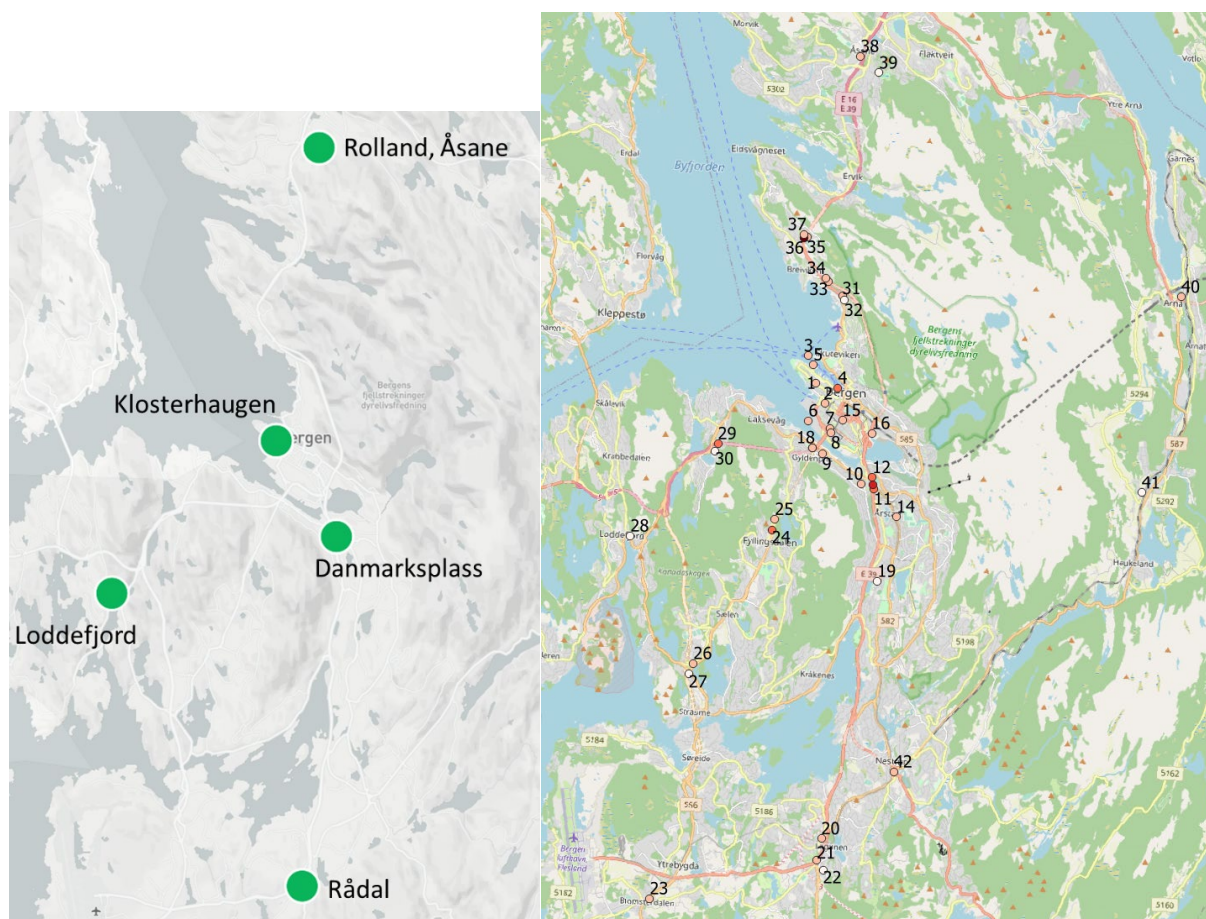
I tillegg arbeides det med ny klimaplan for Bergen og ny trafikkplan for sentrum som fjerner store deler av personbiltrafikken fra Bergen sentrum, leder trafikk utenom sentrum, og gir plass til prioritering av gående, syklende og kollektivtransport.

2 Måling av luftkvalitet i Bergen

2.1 Målenettverk og metode

I dag er det fem målestasjoner som driftes på permanent basis av kommunen i samarbeid med anleggseiere. En oversikt over måleprogrammet er gitt i Tabell 2-1. Kart som viser plassering av målestasjonene er gitt i Figur 2-1. Stasjonene er fordelt på tre veinære stasjoner som skal representere de antatt høyeste konsentrasjonene og to bakgrunnstasjoner som skal være representative for luftkvaliteten i et større område unna de største kildene. Stasjonene er plassert i bynære strøk og noen områder utenfor bykjernen.

I tillegg har det vært plassert ut passive prøvetakere for NO₂ som hentes inn og analyseres månedlig. Målingene fra de passive prøvetakerne er ikke så nøyaktige som de man får med akkrediterte metoder, men gir en god indikasjon på nivåene. Resultatene fra de passive prøvetakerne er også benyttet i evalueringen av modellen. Hensikten med disse målingene er ellers å gi et bedre bilde av hvordan luftkvaliteten varierer over et større geografisk område. I tillegg har det blitt plassert prøvetakere i nærheten av tunnelmunninger som en oppfølging av tiltak i handlingsplanen i gjeldende tiltaksutredning p.t. (Høiskar et al., 2017). Plasseringen av målerne som ble eksponert i 2019 er vist i Figur 2-1 og navngitt i Tabell 2-2.



Figur 2-1: Venstre: Plassering av målestasjoner for luftkvalitet i Bergen (kartutsnitt hentet fra <https://luftkvalitet.nilu.no/kart>). Høyre: Plassering av passive prøvetakere. Fargen på symbolet indikerer årsmiddelkonsentrasjonen NO₂ for 2019. De regulære målestasjonene er lokalisert ved Klosterhaugen (1), Danmarks plass (11), Rådalen (21), Loddefjord (28) og Rolland, Åsane (39).

Tabell 2-1: Oversikt over måleprogram for luftkvalitet i Bergen med akkrediterte målere som er aktive i dag.

Stasjon	Stasjonstype	Komponent	Start
Danmarks plass	Veinær, by	NO ₂	1.1.2003
		PM ₁₀	1.1.2003
		PM _{2,5}	1.1.2003
Klosterhaugen	Bakgrunn, by	NO ₂	31.10.2017
		PM ₁₀	31.10.2017
		PM _{2,5}	31.10.2017
		O ₃	31.10.2017
Loddefjord	Veinær, forstad	NO ₂	16.10.2015
		PM ₁₀	16.10.2015
		PM _{2,5}	16.10.2015
Rådal	Veinær, forstad	NO ₂	15.9.2017
		PM ₁₀	13.9.2017
		PM _{2,5}	13.9.2017
Rolland, Åsane	Bakgrunn, forstad	NO ₂	16.10.2015
		PM ₁₀	16.10.2015
		PM _{2,5}	16.10.2015

Tabell 2-2 Liste over steder hvor passive prøvetakere har blitt plassert ut i 2019. Passive prøvetakere som er plassert ut ved de regulære målebodene er uthevet. (Tunnelm. Kalfaret nr. 18 er tatt ut grunnet usikkerhet i plasseringen).

Målebod, Klosterhaugen nr. 1	Nygård/Fosswinckelsgt nr.15	Solgløtt bhg Lyngbøv. nr. 30
Teatergaten nr. 2	Amalie Skram vgs. nr 16	Tunnelm. Amalie Skramsv. nr.31
Skolten nr. 3	Tunnelm. Damsgård nord nr.17	Amalie Skrams vei nr. 32
Strandkaiteminalen nr. 4	Kristianborg barneh. nr. 19	Munkebotn nr. 33
Tollbodkaien nr. 5	Nordahl Grieg vgs nr. 20	Midtun skole nr. 42
Dokken nr. 6	Målebod Rådal nr. 21	Sandviken sykehus nr. 34
Tunnelmunn. Bredalsm. Nr.7	Rådalslien skole nr. 22	Stemmemyren idrettshall nr. 35
Tullins gate nr. 8	Blomsterdalen nr. 23	Tunnelm. Øyjorden nr. 36
Gyldenpris barnehage nr. 9	Tunnelm. Fyllingsdalsv. nr. 24	Søndre Øyjorden boligomr. nr. 37
Ny Krohnborg skole nr. 10	Møllergården nr. 25	Åsane senter nr. 38
Målebod. Danmarks plass nr. 11	Tunnelm. Varden nr. 26	Målebod Åsane nr. 39
Drosjeh. Danmarkspl. nr. 12	Tunnelm. Vassteigen nr. 27	Arna kirke nr. 40
Danmarks plass 1.etg nr. 13	Målebod Loddefjord nr. 28	Lonehallen/Lone skole nr. 41
Høgskulen i Bergen nr. 14	Tunnelm. Lyngbøveien nr. 29	Midtun skole nr. 42

De akkrediterte stasjonene måler svevestøv (PM₁₀ og PM_{2,5}) med en Palas Fidas 200 støvmonitor (optisk måleprinsipp). Rådal måler NO₂ med en Ecotech Serinus 40, mens øvrige stasjoner måler NO₂ med API 200 monitor. Klosterhaugen har også en API 400 O₃-monitor for måling av ozon.

2.2 Datadekning for luftkvalitetsmålingene

For målinger som brukes til å vise overholdelse av grenseverdiene for NO₂, PM₁₀ og PM_{2,5} er det et krav at datadekningen skal være minimum 85% for kalenderåret. For kartlegging av luftkvaliteten på bakgrunn av målinger bør datadekningen være minimum 75% for å gi et rimelig bilde av situasjonen.

I Bergen har det vært kontinuerlige luftkvalitetsmålinger siden 2003. I henhold til EU-direktiv 2008/50/EC skal vurdering av konsentrasjoner mot øvre og nedre vurderingsterskel gjøres på bakgrunn av data fra siste 5 år. Det er derfor tatt utgangspunkt i data fra de 5 siste kalenderårene som er endelig kvalitetssikret, det vil si 2017-2021. I perioden har datadekningen i store trekk vært god. Datadekning i prosent for luftkvalitetsmålingene i Bergen fra 2017 til 2021 er gitt i Tabell 2-3. I 2019 var datadekningen for lav for NO₂ på Klosterhaugen og akkurat tilstrekkelig for svevestøv ved Loddefjord. Dette skyldtes lav dekning i mars til mai for Klosterhaugen og i august/september for Loddefjord (se Tabell 2-4).

Tabell 2-3: Datadekning på årsbasis for luftkvalitetsmålinger i Bergen 2017-2021 (tall i %). Dekningsgrad under 85% er merket med røde tall.

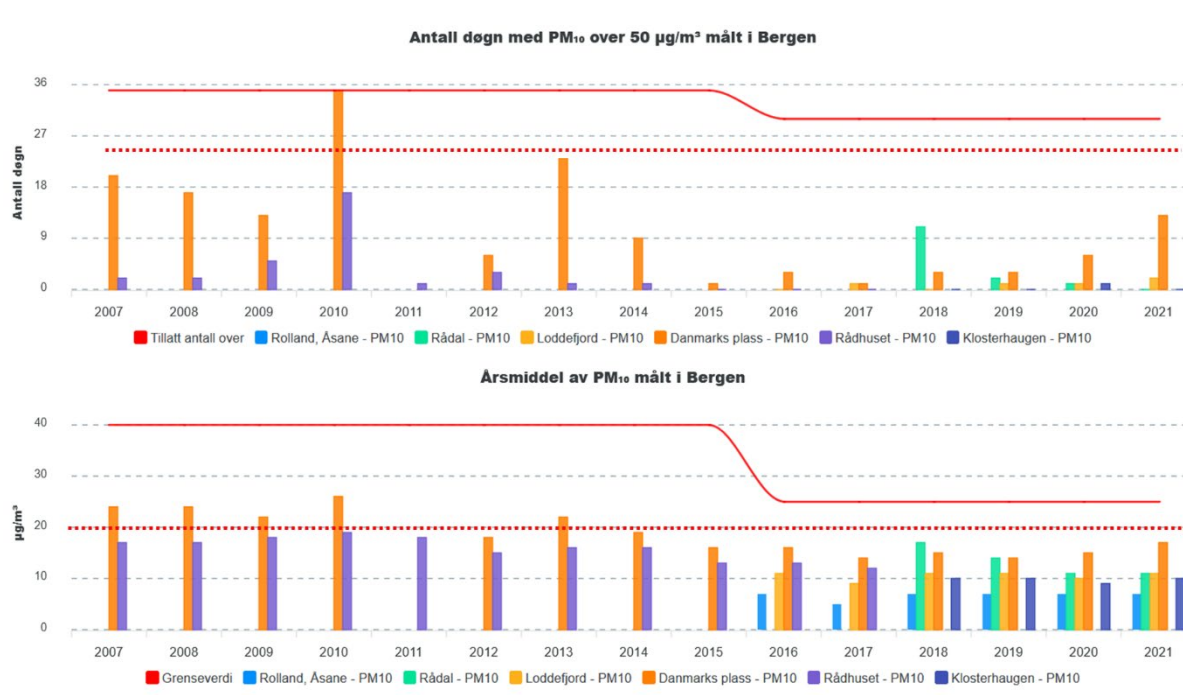
Stasjon	Komponent	2017	2018	2019	2020	2021
Danmarks plass	NO/NO ₂ /NO _x	98	99	98	99	99
	PM ₁₀	99	99	100	100	100
	PM _{2,5}	99	99	100	100	100
Klosterhaugen	NO/NO ₂ /NO _x		96	80	99	93
	PM ₁₀		99	100	100	99
	PM _{2,5}		99	100	100	99
Loddefjord	NO/NO ₂ /NO _x	99	97	97	99	99
	PM ₁₀	100	100	85	100	100
	PM _{2,5}	100	100	85	100	100
Rådal	NO/NO ₂ /NO _x		99	99	99	99
	PM ₁₀		100	100	100	100
	PM _{2,5}		100	100	100	100
Rolland, Åsane	NO/NO ₂ /NO _x	95	99	98	98	99
	PM ₁₀	99	99	95	99	100
	PM _{2,5}	99	99	95	99	100

Tabell 2-4 Datadekning per måned for 2019. Måneder med dekningsgrad under 85% er uthevet.

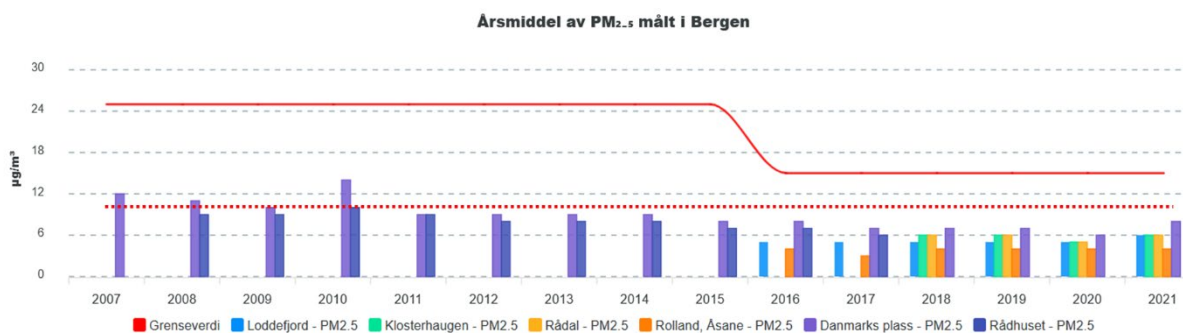
Stasjon	Komponent	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des
Danmarks plass	NO/NO ₂ /NO _x	99	99	99	99	97	89	99	99	96	99	99	99
	PM ₁₀	100	100	100	100	100	100	100	100	97	99	100	100
	PM _{2,5}	100	100	100	100	100	100	100	100	97	99	100	100
Klosterhaugen	NO/NO ₂ /NO _x	99	96	40	0	37	99	99	99	99	99	99	99
	PM ₁₀	100	100	100	100	100	100	100	100	99	100	100	100
	PM _{2,5}	100	100	100	100	100	100	100	100	99	100	100	100
Loddefjord	NO/NO ₂ /NO _x	99	99	83	100	99	99	99	99	99	92	99	99
	PM ₁₀	100	99	99	100	100	100	88	0	39	100	100	100
	PM _{2,5}	100	99	99	100	100	100	88	0	39	100	100	100
Rådal	NO/NO ₂ /NO _x	99	99	99	100	99	99	99	99	96	99	99	99
	PM ₁₀	100	100	100	100	100	100	100	100	99	100	100	100
	PM _{2,5}	100	100	100	100	100	100	100	100	99	100	100	100
Rolland, Åsane	NO/NO ₂ /NO _x	96	99	99	99	99	92	99	99	99	99	99	99
	PM ₁₀	97	100	100	97	66	85	100	100	99	100	99	100
	PM _{2,5}	97	100	100	97	66	85	100	100	99	100	99	100

2.3 Målinger av svevestøv – PM₁₀ og PM_{2,5}

Måleresultater for PM₁₀ fra målestasjonene i Bergen fra 2007 til 2021 er oppsummert og sammenlignet med grenseverdiene i Figur 2-2 og Figur 2-3. Gjeldende fra 1.1.2022 er norske grenseverdier for årsmiddel av svevestøv senket til 20 µg/m³ for PM₁₀ og 10 µg/m³ for PM_{2,5}. Samtidig er grensen for tillatt antall døgn med PM₁₀ konsentrasjon over 50 µg/m³ senket til 25 døgn. Nye grenser fra 2022 er vist som stiplet linje for hele perioden i figurene. Figurene viser at grenseverdiene for svevestøv har blitt overholdt i hele perioden siden 2007. Årsmiddel eller antall døgn har heller ikke vært over de nyeste skjerpede grenseverdiene etter 2013. Allerede ved innskjerpingen 1.1.2016 var den norske grenseverdien strengere enn EU-direktivet, og med justeringen fra og med 2022 er grenseverdien ytterligere innskjerpet.



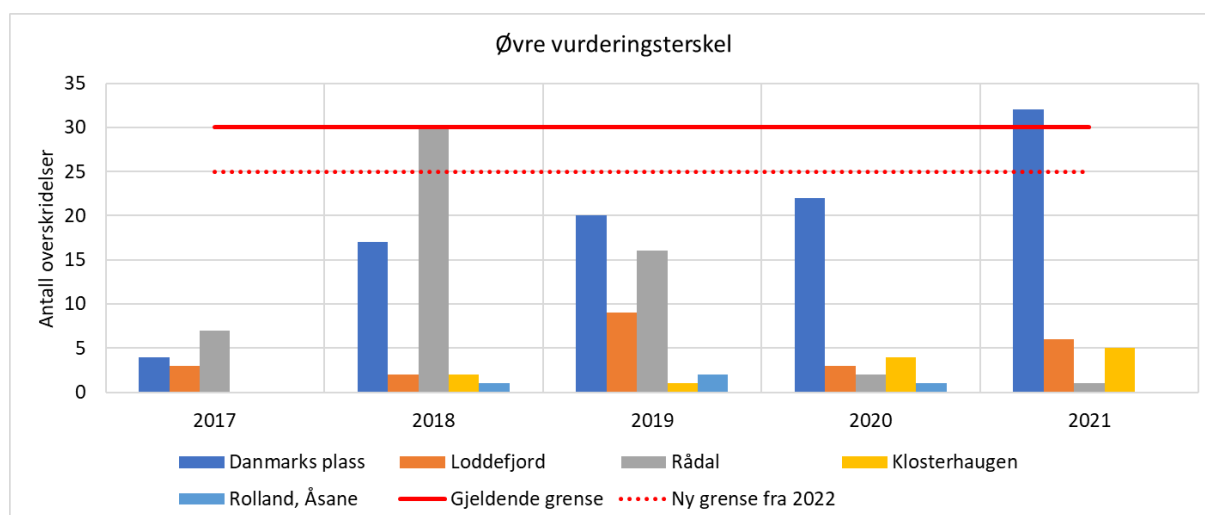
Figur 2-2 Viser antall døgn over $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og årsmiddel opp mot gjeldende grenseverdi for perioden. Ny grenseverdi gjeldende fra og med 1.1.2022 er vist som stiplet linje for hele tidsserien selv om den ikke gjelder for perioden tom 2021. Figurer er hentet fra <https://luftkvalitet.nilu.no/overskridelse>.



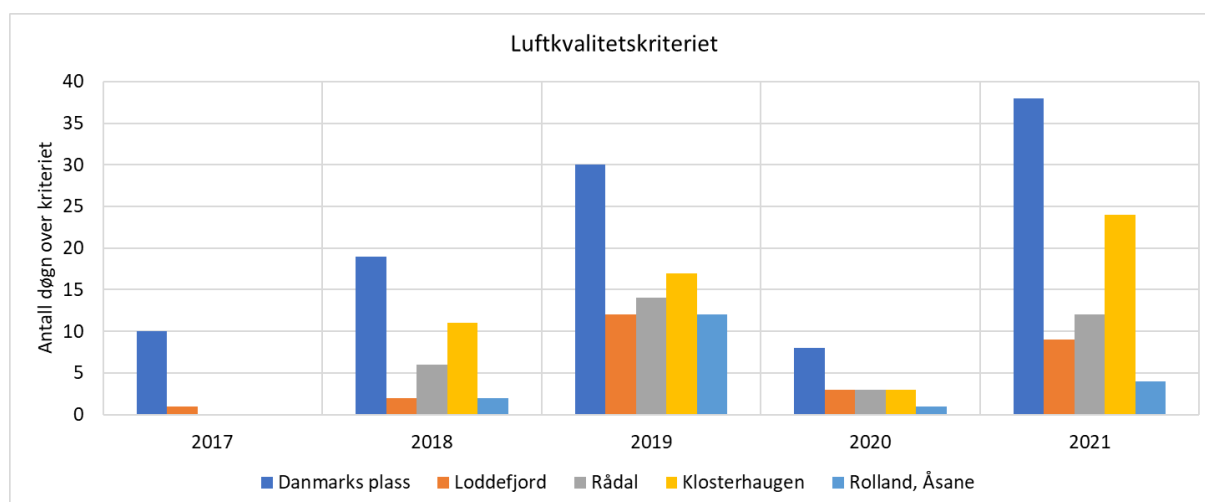
Figur 2-3 Ny grenseverdi for årsmiddel grenseverdien på $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gjeldende fra og med 1.1.2022 er vist som stiplet linje for hele tidsserien selv om den ikke gjelder for perioden tom 2021. Hentet fra <https://luftkvalitet.nilu.no/overskridelse>.

Som vist i figurene over lå årsmiddel for PM_{10} under øvre vurderingsterskel (ØVT var $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mellom 2016 og 2021) i de siste 5 år. Det er heller ikke målt årsmiddel over ny ØVT gjeldende fra 2022 ($17 \mu\text{g}/\text{m}^3$) disse årene. Øvre vurderingsterskel for årsmiddel $\text{PM}_{2,5}$ ($12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fra 2016 til 2021) var heller ikke overskredet i denne perioden, men årsmiddel lå over ny ØVT for $\text{PM}_{2,5}$ ($7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i 2021.

Ser vi på ØVT for døgnmiddel (Figur 2-4) ble denne kun formelt overskredet i 2021. Det var mer enn 25 døgn over ØVT (ny grense fra 2022) i både 2018 og 2021. Figur 2-5 viser at antall døgn over luftkvalitetskriteriet for $\text{PM}_{2,5}$ har, med unntak av 2020, vært stigende ved Danmarks plass og Klosterhaugen. I 2021 var det flest døgn over luftkvalitetskriteriet i vintermånedene (januar, februar og desember), mens det i 2019 var flest overskridelser i april og november.



Figur 2-4: Antall døgn over øvre vurderingsterskel for PM₁₀ (35 µg/m³) ved målestasjonene sett opp mot gjeldende grense og ny grense gjeldende fra 2022.



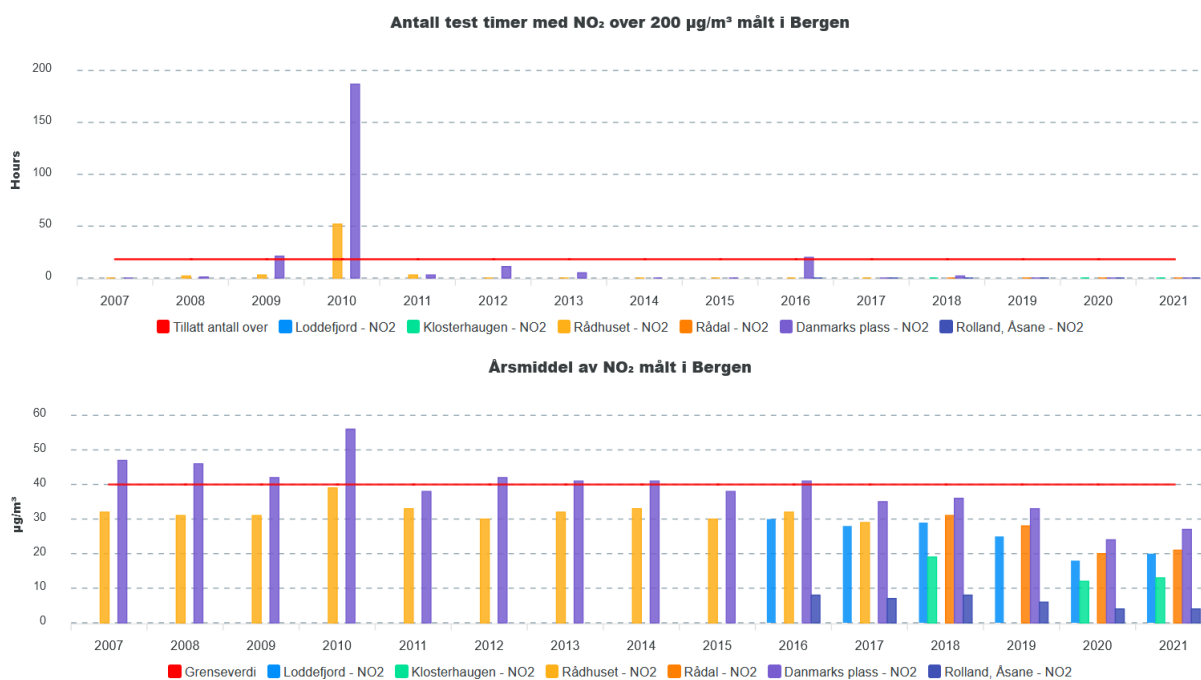
Figur 2-5: Antall døgn over luftkvalitetskriteriet for PM_{2,5} (15 µg/m³) ved målestasjonene.

2.4 Målinger av nitrogendioksid – NO₂

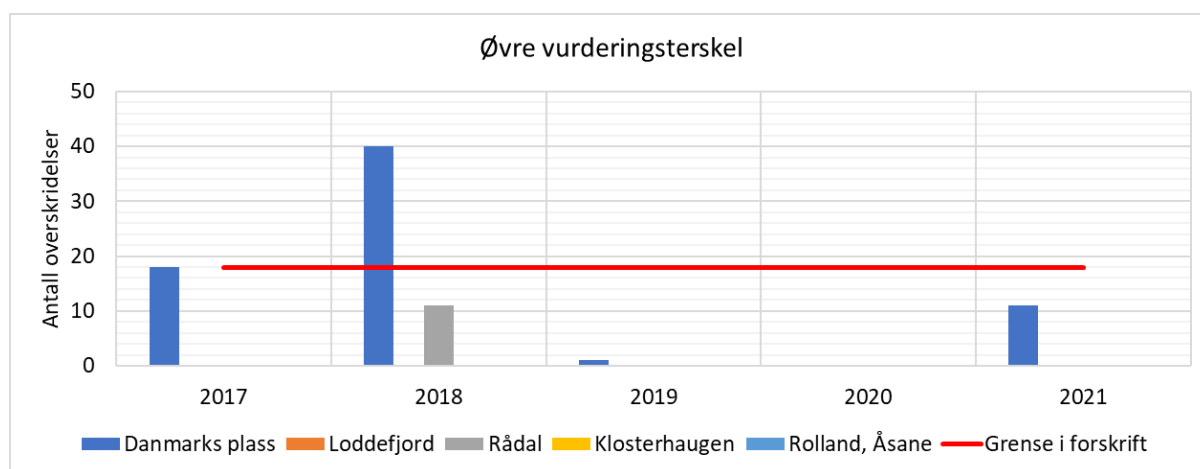
Måleresultat for NO₂ fra målestasjonene i Bergen i årene 2007 til 2021 er oppsummert og sammenlignet med grenseverdier i Figur 2-6. Øverste del av figuren viser at det kun har vært overskridelser av antall timer med NO₂ over 200 µg/m³ i 2010 og 2016. I den siste femårsperioden er det kun målt 2 timer over 200 µg/m³ nivå (i 2018 ved Danmarks plass). For årsmiddel NO₂ var det sist overskridelse i 2016, siden da har det ikke vært overskridelser, og verdiene har generelt gått nedover.

NO₂ årsmiddel ved Danmarks plass lå over øvre vurderingsterskel i 2017 (35 µg/m³), 2018 (36 µg/m³) og 2019 (33 µg/m³). Dette utløser plikt til tiltaksutredning og måling av luftkvalitet etter EU-direktivet og veileder M-252 (Miljødirektoratet, 2014). Det har også vært overskridelse av nasjonalt mål på 30 µg/m³ i 2017, 2018 og 2019.

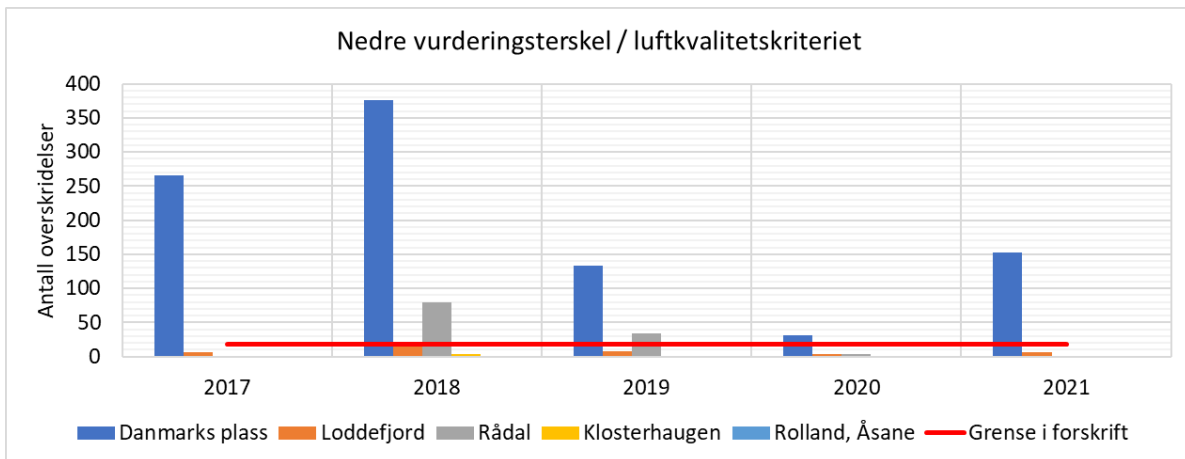
Figur 2-7 viser at det kun var overskridelse av øvre vurderingsterskel for antall timemiddel over 140 µg/m³ i 2018, mens nedre vurderingsterskel for antall timemiddel over 100 µg/m³ har vært overskredet i alle år (Figur 2-8). Luftkvalitetskriteriet for NO₂ timesmiddel er også satt til 100 µg/m³.



Figur 2-6: Antall timer over gjeldende grenseverdi (200 µg/m³) og årsmiddel for NO₂. Det har ikke vært overskridelse av årsmiddel NO₂ siden 2016. Heltrukket rød linje angir grenseverdien.



Figur 2-7: Antall timer over øvre vurderingsterskel for NO₂ (140 µg/m³ som timesmiddel) de siste 5 år. Heltrukket rød linje angir grenseverdien.



Figur 2-8 Antall overskridelser av nedre vurderingsterskel ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som timesmiddel) for NO_2 de siste 5 år. Dette nivået er sammenfallende med luftkvalitetskriteriet.

Bergen har også i en årrekke utført målinger av månedsmiddel NO_2 med passive prøvetakere ved en rekke steder av interesse i Bergen. Resultatet fra disse for 2019 er presentert sammen med beregningsresultat i kapittel 3.7 og 4.

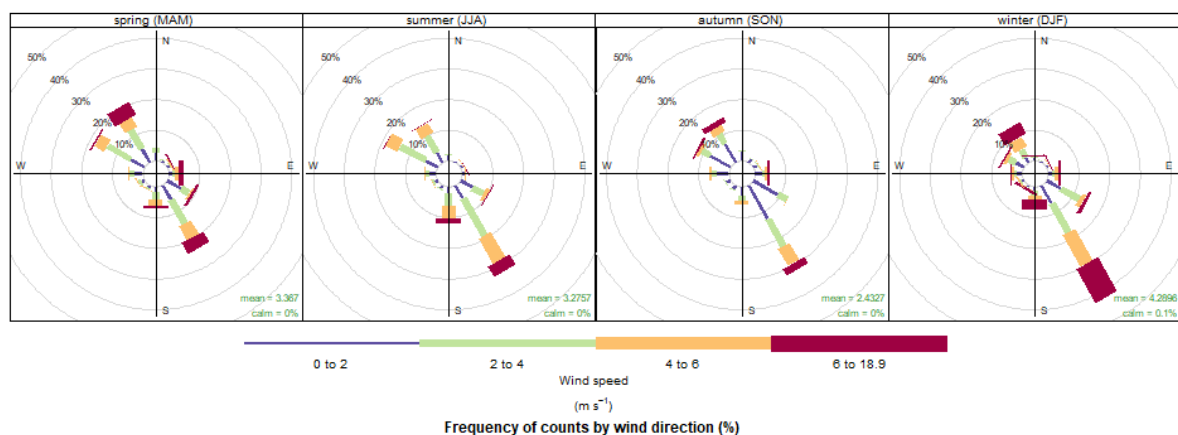
2.5 Meteorologiske forhold i 2019

Bergen har et mildt kystklima med vind og nedbør som bidrar til spredning og utvasking av luftforurensende utlipp. Det kan likevel forekomme vær-situasjoner med dårlige spredningsforhold og inversjon som kan gi høy luftforurensning.

Målinger av luftforurensning presentert i foregående kapitler viser at 2019 verken utpeker seg som et år med spesielt høy eller spesielt lav svevestøvsbelastning.

Meteorologisk institutt har flere målestasjoner i området. Bergen – Florida ligger i sentrum ved Bjerknessenteret, mens målestasjonen på Flesland, Bergen Lufthavn ligger ca. 12 km sør-sørvest for sentrum.

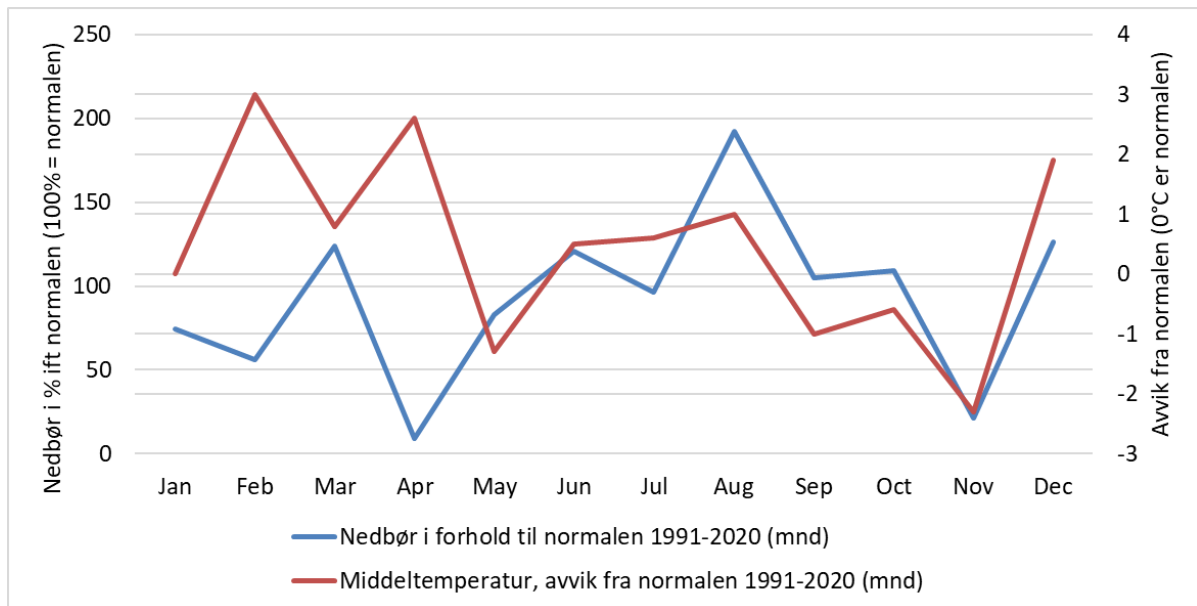
Observasjoner fra Bergen – Florida viser en markert hovedvindretning fra sør-sørøst i vintermånedene og noe mer spredning med vinder fra sør, vest og vest-nordvest i sommermånedene. Vindretningsfordelingen i 2019 skiller seg ikke vesentlig fra fordelingen som er typisk for sesongene (se diskusjon i Høiskar (2017)).



Figur 2-9: Vindretningsfordeling målt ved Bergen Florida i 2019 for de fire årstidene.

Figur 2-10 viser månedsmiddel for nedbør og temperatur ved Florida målestasjon i forhold til normalen 1991 – 2020. Denne viser at april og november var uvanlig tørre måneder i Bergen med henholdsvis

10% og 20% av normal nedbørsmengde ved Florida. Disse månedene hadde henholdsvis kun 2 og 7 nedbørsdager (se figur i vedlegg B). Middelttemperaturen for november lå også noe under normalen, mens april lå noe over. Midlere vindstyrke i november var også vesentlig lavere enn hva som ble observert i perioden 2017 til 2021 (se figur i vedlegg B).



Figur 2-10: Hentet fra seklima.met.no. Månedsnedbør og -temperatur i 2019 i forhold til normalen ved Florida i perioden 1991-2020.

3 Utslipps- og spredningsberegninger

3.1 Valg av beregningsår

Det er utført utslipps- og spredningsberegninger for Bergen kommune for PM₁₀, PM_{2,5} og NO₂ for to ulike hovedscenarier:

1. **Dagens situasjon 2019:** viser situasjonen omtrent slik den er i dag
2. **Referansesituasjonen 2030:** viser situasjonen i 2030 når man antar at eksisterende tiltak videreføres og det tas hensyn til forventet utvikling i sentrale parametere som trafikkmengde, kjøretøysammensetning og befolkningsvekst.

For dagens situasjon er året 2019 valgt. Generelt vil man søke å velge et år som er så representativt som mulig for dagens situasjon. Det vil si at det ikke er for langt tilbake i tid og at det ikke skiller seg vesentlig meteorologisk fra et «normalt» år. April og november i 2019 var unormalt tørre og november unormalt kald og vindstille, men slike forhold vil kunne opptre for enkeltmåned i enkelte år. Ser vi på målinger av svevestøv var 2019 verken et år med svært høye eller svært lave nivåer sammenlignet med siste 5-årsperiode.

I tillegg bør aktivitetsdataene også representere normal aktivitet. Dette utelukker å bruke pandemiåret 2020. Det foreligger ikke inngangsdata til å kunne beregne for 2021, som for øvrig også var preget av pandemien.

For Referansesituasjonen er analyseåret 2030 valgt fordi det finnes en rekke andre planer og ambisjoner som er knyttet til dette året. Nasjonal transportplan benytter seg av framskrivninger mot 2030 og det foreligger beregninger med Regional transportmodell (RTM) med framskrivninger for befolkning og kjøretøypark (andel elektrisk) som er benyttet. «Grønn strategi» har som overordnet mål at Bergen skal være tilnærmet utslippsfri i 2030, og nullvekstmålet i Byveksttalen er relatert til tidsperioden 2019 – 2029. Kommuneplanens samfunnsdel har også 2030 som sitt framskrivningsår. Merk at Referansesituasjonen 2030 ikke tar hensyn til eventuelle framtidige tiltak som settes inn for å oppnå nullvekstmålet eller ambisjonene i Grønn strategi.

Siden det ikke er målt eller beregnet overskridelser i 2019, og framskrivingene ikke gir overskridelse i 2030, kan det tillates å ha en lang framskrivingshorisont.

Det er utført følgende beregninger for å se hvilke effekter ulike tiltak har på lokal luftkvalitet for framtidig situasjon 2030:

- Innføring av landstrøm for alle fartøy av typen offshore supplyskip, cruiseskip og passasjerskip.
- Utskifting av alle ovner i 2019 til rentbrennende teknologi.
- To scenarioer med økt utslipp fra vedfyring.

Dette kapitlet gir videre en overordnet beskrivelse av metodikken, inngangsdata og forutsetninger som er benyttet i utslipps- og spredningsberegningene for de ulike scenarioene. En mer detaljert beskrivelse av inngangsdata og utslippsberegningene er gitt i vedlegg A.

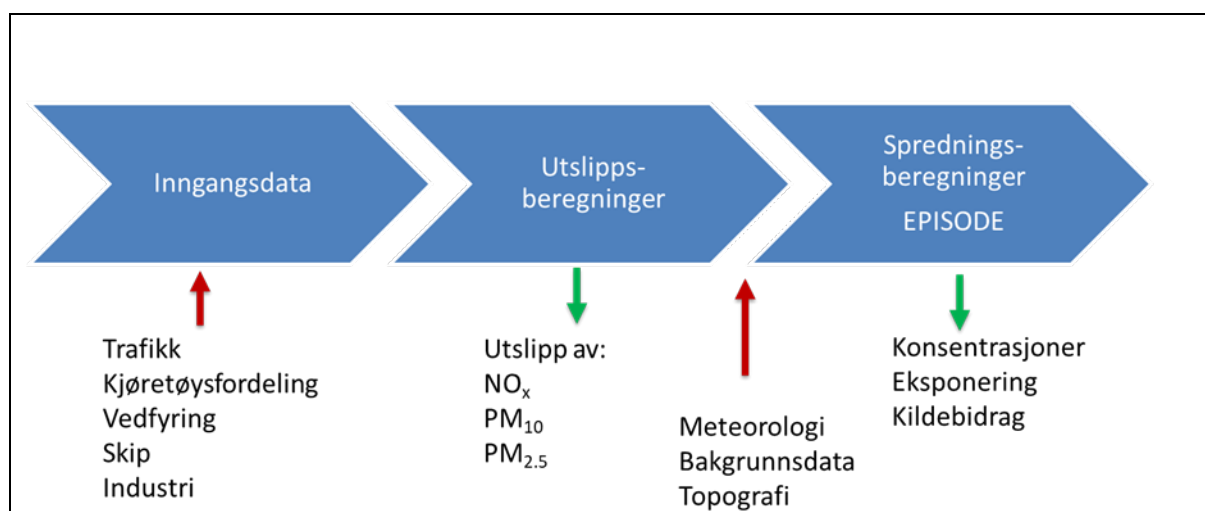
I det følgende vil Dagens situasjon 2019 også omtales som «**2019**» og Referansesituasjonen 2030 også som «**2030**».

3.2 Overordnet beskrivelse av metodikken

For å kunne framstille luftforurensningskart trenger man spredningsmodeller. Disse modellene bruker beregnede utslipp fra alle relevante kilder (trafikk, skip, vedfyring, industri) og kombinerer disse med meteorologiske data, som vind, temperatur og nedbør, for å estimere den romlige og tidsmessige konsentrasjonsfordelingen av forurensende stoffer i atmosfæren.

Figur 3-1 gir en skjematisk framstilling av arbeidsprosessen for utslipps- og spredningsberegninger. For å beregne utslipp fra ulike kilder må det samles inn relevante inngangsdata som f.eks. vedforbruk, trafikkmengde, kjøretøysfordeling med utslippsfaktorer, industri- og skipsaktivitet med utslippsfaktorer. I dette prosjektet kommer mange av inngangsparameterne knyttet til veitrafikk fra en egen trafikkmodell (RTM).

Utslippsmodellen fordeler utslippene fra de ulike kildene geografisk og angir også tidsvariasjonene i utslippene. Basert på de beregnede utslippene og informasjon om topografi, meteorologi og bakgrunnskonsentrasjoner, beregner spredningsmodellen konsentrasjonsfordelingen ved bakken. Beregningene vil også vise hvor mye de enkelte utslippskildene bidrar til konsentrasjonen av PM og NO₂ ved bakken, samt hvor mange personer som bor i områder med nivåer over gjeldende grenseverdier.

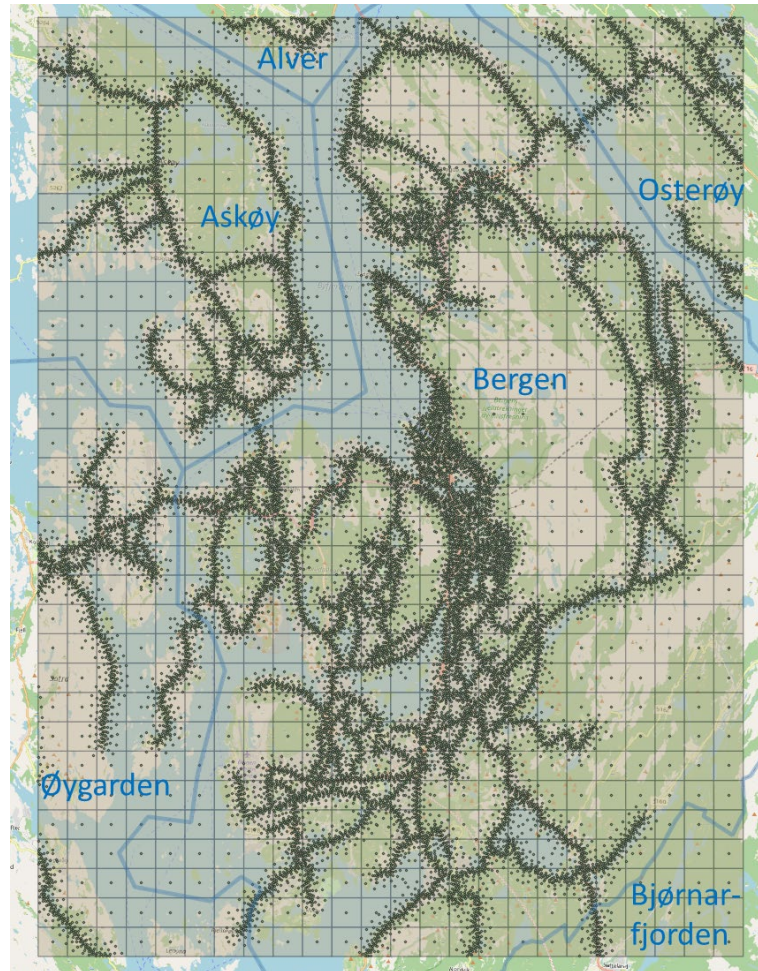


Figur 3-1: Skjematisk framstilling av arbeidsprosessen med utslipps- og spredningsberegningene i tiltaksutredningen. Trafikkberegninger foretas separat og disse leverer informasjon om trafikken som f.eks. trafikkvolum, fart og veibredde som er viktige inngangsdata for utslippsberegningene. Meteorologiske data inngår også i utslippsberegningene for vedfyring og veistøv.

NILU har utviklet utslippsmodeller for hver kildegruppe som benyttes i utredningen. Metodikken og grunnlaget for utslippsberegningene for trafikk, skip, vedfyring, industri og flytrafikk¹⁹ er nærmere beskrevet i Vedlegg A både for 2019 og for framskrivingen til 2030. Resultatene fra utslippsberegningene for 2019 og 2030 fra hver enkelt hovedkilde er oppsummert i kapittel 3.4.

I dette prosjektet er det utført egne meteorologiske beregninger for 2019 med WRF (Weather Research and Forecasting model), se Vedlegg B. Spredningsmodellen, EPISODE, som er brukt her er utviklet ved NILU over flere tiår (Hamer et al., 2020). Modellen har vært benyttet i mange ulike studier, både i tidligere tiltaksutredninger, blant annet for Bergen (Høiskar et al., 2017) og for beregning av luftsonekart og tidligere for bruk i varslings-tjenesten for de største byområdene i Norge. Utslipps- og spredningsberegningene er utført på et domene (Figur 3-2) som dekker Bergen kommune med unntak av østlige områder mot Trengereid og sørlige områder mot Krokeide hvor konsentrasjonene vil være lave. I tillegg omfattes store deler av Askøy, deler av Øygarden og en begrenset del av Osterøy og Alver.

¹⁹ Basert på en vurdering gitt i Vedlegg A7 er utslipp fra fly ikke inkludert i spredningsberegningene



Figur 3-2: Modellområdet som er benyttet i utslipps- og spredningsberegningene for Bergen omfatter et rutenett på 24 x 32 ruter på 1x1 km og de ca. 25 000 beregningspunktene hvor også konsentrasjonen beregnes

3.3 Trafikkberegninger for Dagens situasjon 2019 og Referansesituasjonen 2030

Trafikken er modellert med Regional Transportmodell (RTM) Delområdemodell Bergen og omegn. Resultat fra trafikkmодellen for årene 2019²⁰ og 2030 er levert til prosjektet av Statens Vegvesen.

Resultatene av modellkjøringen for 2030 gir en økning i totalt trafikkarbeid (km kjørt på veinettet) på litt mer enn 9% i forhold til 2019 i modellområdet hvor spredningsmodellen benyttes, se Figur 3-2. Økningen i lett trafikkarbeid er på litt under 9% og tung trafikk på 34%. Det er forsiktig antatt at veksten i busstrafikken er den samme som veksten i personbiltrafikken. I modellberegningene for RTM i 2030 er SSBs prognose for befolkningsvekst²¹ lagt til grunn. Denne gir en vekst på 5,2% i Bergen og 3,4% i Vestland fylke mellom 2020 og 2030. I tillegg kommer økning i trafikkarbeid som skyldes økt tilgang til elbiler og generell økning i bilhold (antall biler per husstand). Se Vedlegg C1 for en mer detaljert gjennomgang av den beregnede trafikøkningen og evaluering av trafikken.

²⁰ Beregningen er egentlig for «2020» med arealdata for 2020, men er kalibrert mot tellinger for 2019 og med 2019-infrastruktur.

²¹ <https://www.ssb.no/statbank/table/12882>

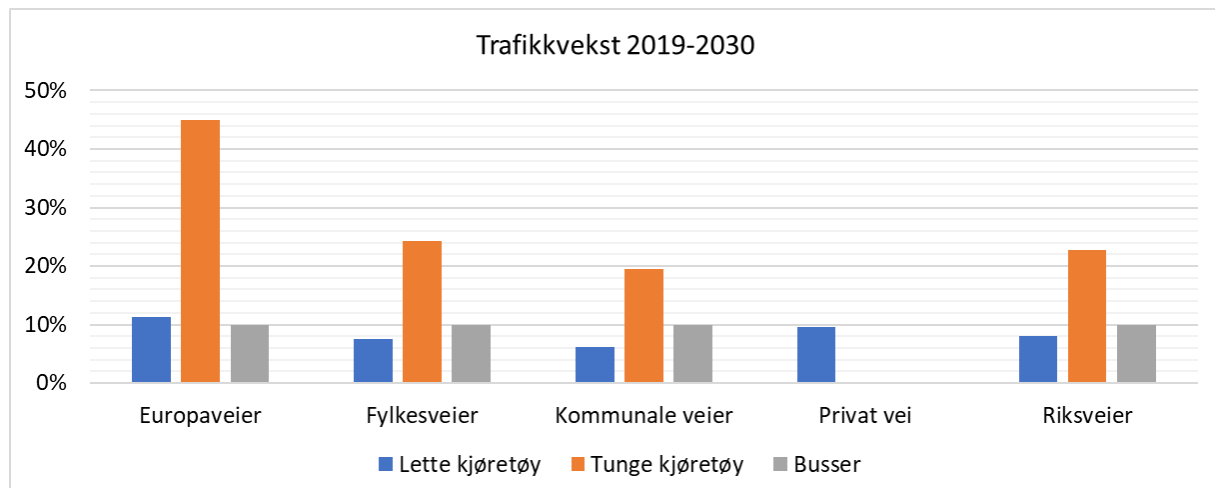
Det foreligger ingen offisiell dokumentasjon av RTM 2030 beregningen. SVV opplyser at følgende prosjekter av trafikal betydning er inkludert:

- Bybane til Fyllingsdalen
- Sotrasambandet
- Os-Rådal

Bergen sammen med kommunene Alver, Askøy, Bjørnarfjorden og Øygarden har inngått byvekstavtale²² med tilhørende tiltak som har nullvekst for personbiltrafikken mellom 2019 og 2029 som mål. I tillegg har Bergen egne ambisjoner om at personbiltrafikken skal reduseres med 20% innen 2030 sammenlignet med 2013 (Grønn strategi).

Trafikkberegningene som er benyttet for 2030 tar ikke hensyn til eventuelle framtidige tiltak som settes inn for å oppnå nullvekstmålet eller ambisjonene i Grønn strategi. Slik sett er trafikkberegningen for 2030 et estimat på forventet trafikkvekst gitt dagens virkemidler rettet mot biltrafikken.

Figur 3-3 viser trafikkveksten for modellområdet (se Figur 3-2) gitt av de to RTM-kjøringene for 2019 og 2030. Beregningene viser at økningen i større grad er forventet å komme på europaveier, riksveier og fylkesveier enn på kommunale og private veier. Dette betyr at veksten i større grad kommer på veier med høyere hastighet enn lavere hastighet. Omtrent 60% av veksten er på veier med hastighet over 60km/t, mens ca. 40% er på veier med lavere hastighet.



Figur 3-3: Trafikkvekst summert over hele beregningsområdet fordelt på lette kjøretøy (personbil og varebil), tunge kjøretøy og busser. Veksten er basert på beregning med RTM for 2030 (SVV).

3.4 Utslippsberegninger for Dagens situasjon 2019 og Referansesituasjonen 2030

Tabell 3-1 oppsummerer totale utslipp fra de kjente kildegruppene innenfor modellområdet for 2019 og 2030. Overordnet er det en betydelig reduksjon i NO_x-utslipp, en liten nedgang i PM_{2,5}-utslipp og ingen endring i PM₁₀-utslippene.

For 2030 er det ikke tatt høyde for en videre reduksjon i vedfyringsutslippene som følge av forbudet som er innført. Det er tatt høyde for landstrøm til skip i 2019 basert på elektrisitetsforbruk og en større grad av innføring i 2030 etter konkrete planer (se kap. 4.3 for nærmere beskrivelse).

²² <https://www.regjeringen.no/contentassets/66644bf4b3e642acaf10bea324af42b8/signert-byvekstavtale-for-bergensområdet-2019-20291957830.pdf>

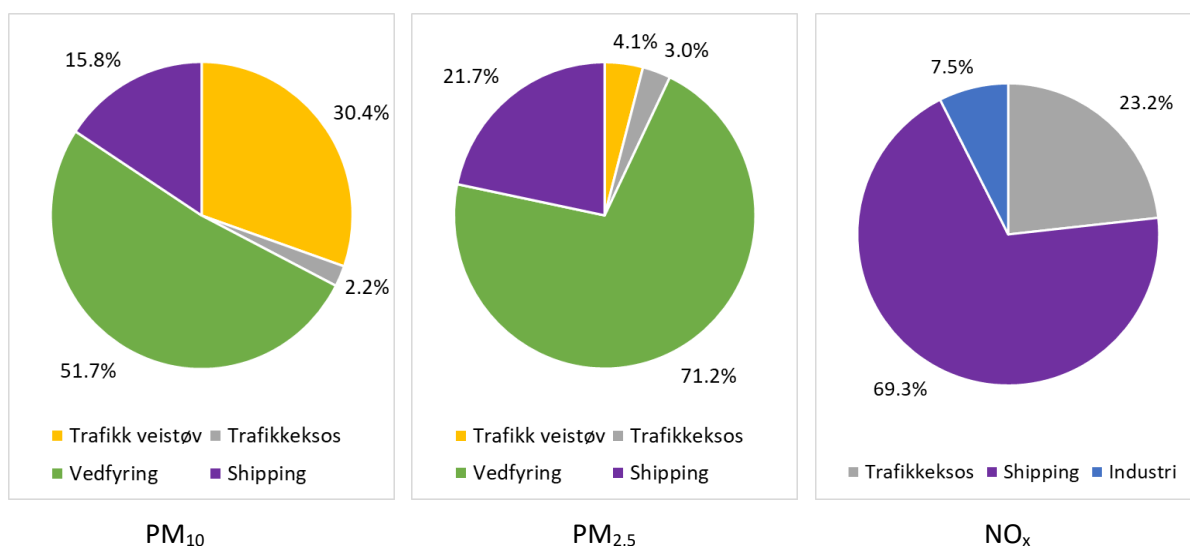
Utslipet av veistøv øker med ca. 16%. At veistøv øker mer enn den generelle trafikkøkningen på ca. 9% skyldes at trafikkveksten i større grad er på veier med høy hastighet enn med lav hastighet og at trafikkveksten for tunge kjøretøy er vesentlige større enn for lette. Produksjon av veistøv er 10 ganger høyere for tunge kjøretøy enn for lette, og både produksjon og oppvirvling av veistøv øker med hastigheten.

Tabell 3-1: Totalt utslipp (i tonn/år) av PM₁₀, PM_{2,5} og NO_x fra de kjente kildegruppene innenfor modellområdet som benyttes i beregningene for 2019 og 2030. I kolonnene lengst til høyre vises forventet prosentvis endring fra 2019 til 2030. Eksosutslippene fra trafikk er differensiert på lette biler, tunge (lastebiler og trekkbiler) og busser. Industriutslippet av NO_x er bidragene fra Bergens Engines Foundry og BIR avfallsenergi, hvor kun sistnevnte er inkludert i spredningsberegningene.

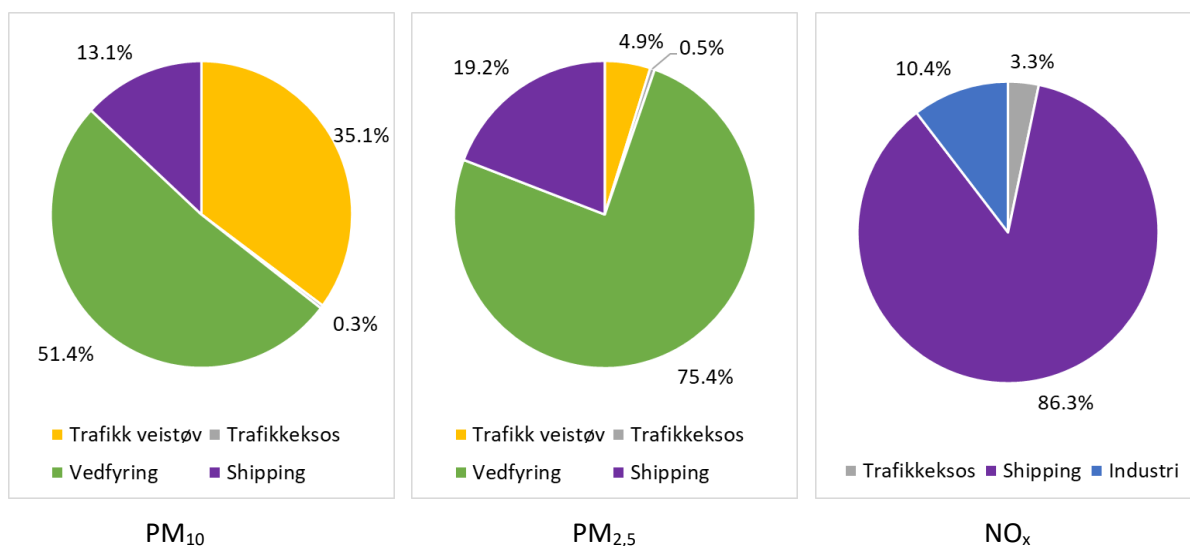
Kilde (tonn/år)	Dagens situasjon 2019			Referansesituasjonen 2030			%vis endring i utslipp fra 2019 til 2030		
	PM ₁₀	PM _{2,5}	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	NO _x	PM ₁₀	PM _{2,5}	NO _x
Trafikk veistøv	189,5	18,6	-	220,1	20,8	-	+16%	+12%	-
Trafikkeksos	13,7	13,7	764	2,3	2,3	77,4	-85%	-85%	-90%
-Lette biler	11,1	11,1	591	1,02	1,02	21,3			
-Tunge	1,6	1,6	100	0,86	0,86	50,4			
-Busser	1,0	1,0	73	0,21	0,21	5,7			
Vedfyring	322	322	-	322	322	-	0%	0%	0%
Skip og havn	98	98	2278	82	82	2032	-17%	-17%	-11%
Industri	0,4	0,4	245	0,4	0,4	245	0%	0%	0%
Totalt	624	453	3287	627	428	2354	+0%	-6%	-28%

Figur 3-4 og Figur 3-5 viser det relative bidraget (i prosent) fra de ulike kildegruppene til totalt utslipp av PM₁₀, PM_{2,5} og NO_x (NO+NO₂) for henholdsvis 2019 og 2030 i hele modellområdet. Det er lette biler som gir det største bidraget til eksosutslipp (PM og NO_x) selv om utslippsfaktorene per kjøretøy er større for tunge biler. Når det gjelder veistøv er det vanskelig å kvantifisere bidraget fra tunge kjøretøy isolert, fordi tunge kjøretøy også bidrar til oppvirvling av støvet som er produsert fra *alle* kjøretøy.

Det er viktig å understreke at utslippsfordelingen i Figur 3-4 og Figur 3-5 ikke gir et representativt bilde av bidragene fra de ulike kildene til **bakkekonsentrasjonene**, dvs. det vi eksponeres for ved bakken. Hvor mye en utslippskilde bidrar til konsentrasjonen ved bakken avhenger bl.a. hvor utslippet finner sted (høyde over bakken) og når utslippet finner sted. For eksempel, selv om vedfyring er den største kilden til svevestøv og skip er den største til NO_x i tonn per år, så vil ikke disse utslippskildene nødvendigvis bidra mest der konsentrasjonen er høyest. Høyest konsentrasjon er typisk langs de mest trafikkerte veiene hvor avstanden til bilene er mye mindre enn avstanden til skip og piper på hustak. Hvor mye de ulike utslippskildene bidrar til bakkekonsentrasjonen beskrives i påfølgende kapitler.



Figur 3-4: Figurene viser hvor mye de ulike kildegruppene bidrar (i prosent) til totalt utslipp (tonn per år) innenfor modellområdet i 2019. Bidraget fra industri til svevestøv er ikke vist i figurene.



Figur 3-5: Figurene viser hvor mye de ulike kildegruppene bidrar (i prosent) til totalt utslipp (tonn per år) innenfor modellområdet i 2030. Bidraget fra industri til svevestøv er ikke vist i figurene.

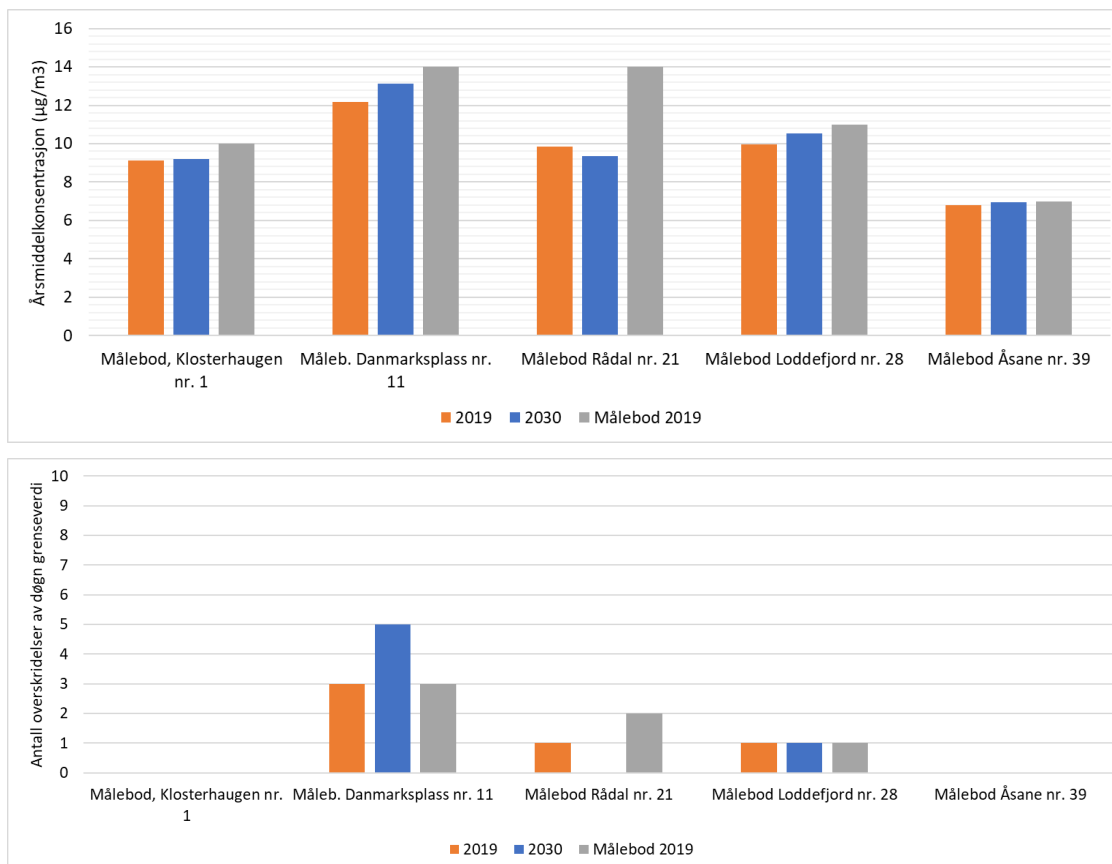
For NO_x reduseres totalutslippet fra 2019 til 2030 med 28%. Utslippet fra veitrafikken reduseres med 90 prosent alene, noe som skyldes reduserte utslipp fra lastebiler/trekkbiler og busser som følge av overgang til Euro VI og utfasing av eldre Euroklasser samt introduksjon av elektriske person- og varebiler og busser. Skip er den største kilden til NO_x-utslipp i beregningsområdet i 2019 og 2030. Hver skipskategori sitt bidrag er gitt i Vedlegg A6 og viser at offshore supplyskip er den desidert største bidragsyteren etterfulgt av passasjerskip.

3.5 Beregning av PM₁₀-konsentrasjoner

3.5.1 Dagens situasjon 2019 og Referansesituasjonen 2030

Figur 3-6 viser målte og beregnede årsmiddelværdier for 2019 og beregninger for 2030. Sammenlignet med målingene viser beregningene en liten underestimering av årsmiddel og godt treff på antall overskridelser av grenseverdien. Det er en underestimering av antall døgn over ØVT på veinære

stasjoner som er vist i Vedlegg C. Avviket er størst ved Rådal målestasjon og kan skyldes anleggsvirksomhet i perioden, som både gir mer tungtrafikk og mer transport av støv inn i veibanen enn det som er antatt i modellen (se evaluering i Vedlegg C). Modellen som brukes i varslingstjenesten til Miljødirektoratet og Meteorologisk institutt viser en tilsvarende underestimert for Rådal²³.



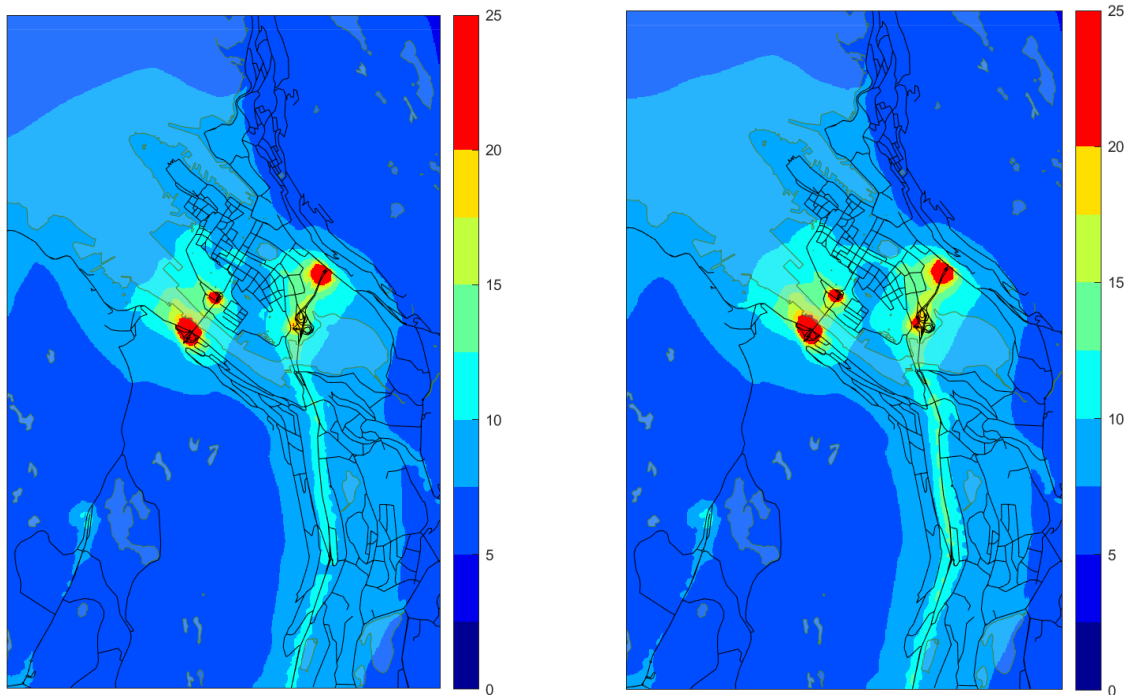
Figur 3-6: Beregnet for 2019 og 2030 og målinger for 2019, øverst: Årsmiddel PM₁₀, nederst: antall overskridelser av grenseverdien for døgnmiddel.

Danmarks plass har den største beregnede økningen fra 2019 til 2030 med ca. 8% for årsmiddel, mens Rådal har størst nedgang på -5% som skyldes redusert trafikk ved åpning av tunnelen Os-Rådal.

Figur 3-7 viser kart over Bergen sentrum for de beregnede årsmiddelveidene for PM₁₀ for henholdsvis 2019 og 2030. Kart over flere områder er gitt i Vedlegg D. Røde felt indikerer områder over den juridiske grenseverdien for årsmiddel på 20 µg/m³. Kartene viser det høyeste potensialet for eksponering rundt tunnelmunningene ved direkte horisontal siktlinjje til munningen og uten å anta avsetning av støv i tunnelen. Under disse forutsetningene er det beregnet overskridelse av grenseverdier for årsmiddel ved munningene i både 2019 og 2030. Men beregninger for PM₁₀ der de passive målerne er plassert i horisontal og vertikal avstand til munningen viser, med unntak av måleren plassert ved Øyjorden, ingen overskridelse av grenseverdiene (se kap. 4.4). For beregnet befolkningseksponering (kap. 3.5.3) er boligens høyde over munningen hensyntatt, noe som gjør at tallet på eksponerte er mer realistisk. Se ellers diskusjon i kap. 4.4 om usikkerheten i beregningen rundt tunnelmunninger.

²³ Se evalueringsrapport for 2019 her: <https://www.met.no/prosjekter/luftkvalitet/evaluering-av-luftkvalitets-modellen>

På grunn av trafikkøkningen er det beregnet en økning i konsentrasjonene av PM₁₀ fram mot 2030. Men med unntak av akkurat rundt tunnelmunningene, er det ikke beregnet overskridelse av grenseverdiene.



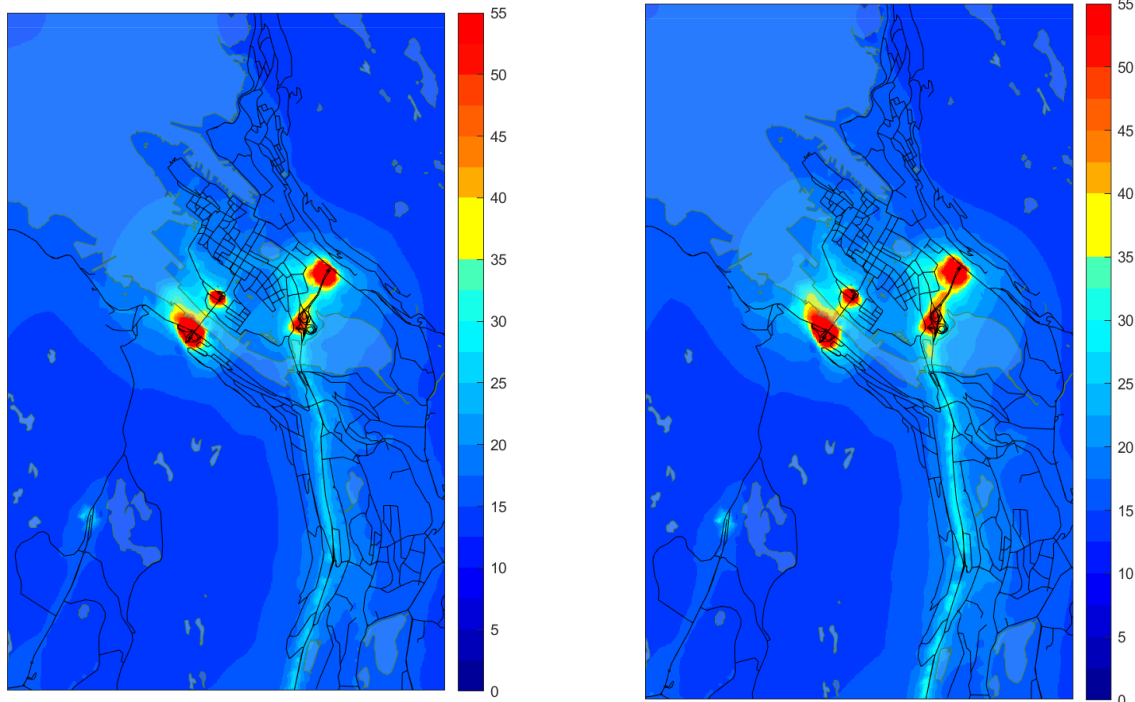
a) Dagens situasjon 2019

b) Referansesituasjonen 2030

Figur 3-7: Beregnet årsmiddelkonsentrasjon for PM₁₀ for et utsnitt av modellområdet for 2019 og 2030. Grenseverdien for årsmiddelverdi er på 20 µg/m³ (markert som overgangen til rødt)

Beregningsresultatene for 2019 og 2030 i forhold til forskriftens krav til døgnmiddelverdier for PM₁₀ er vist i Figur 3-8. Siden forskriftens krav til døgnmiddelverdier tillater 25 døgn med overskridelser av grenseverdien på 50 µg/m³ vises her den geografiske fordelingen av den 26. høyeste døgnmiddelkonsentrasjonen av PM₁₀. De røde feltene er områder som har mer enn 25 døgn med PM₁₀ nivåer over juridisk grenseverdi, mens de gule feltene viser områder som har mer enn 25 døgn med PM₁₀ nivåer over øvre vurderingsterskel for døgnmiddel (35 µg/m³).

Antall overskridelser av grenseverdien for døgnmiddel er i langt større grad avhengig av meteorologiske forhold og vil variere fra ett år til et annet. Får man et år med store støvdepot og lite nedbør i vårmånedene kan antall dager med høye PM₁₀ nivåer bli høyere enn beregnet her. Tilsvarende vil mye nedbør gi færre overskridelser.



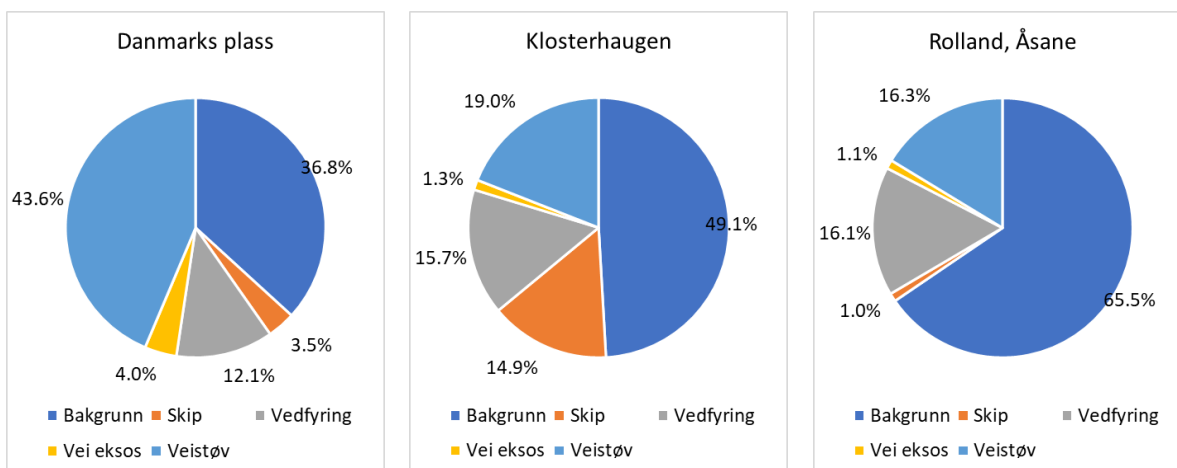
a) Dagens situasjon 2019

b) Referansesituasjonen 2030

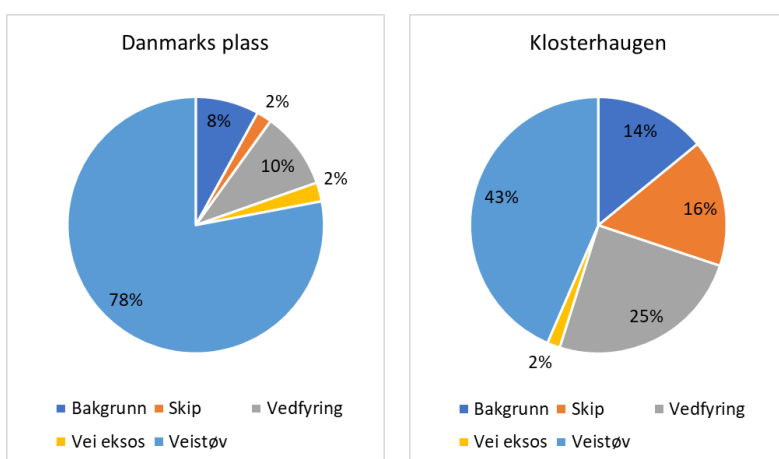
Figur 3-8: Kartet viser den 26. høyeste døgnmiddelkonsentrasjonen for PM_{10} for henholdsvis 2019 og 2030. Røde felt er områder med 26 eller flere døgn over juridisk grenseverdi, mens overgangen mellom blå og gul fargeskala markerer områder med 26 eller flere døgn over øvre vurderingsterskel ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

3.5.2 Kildebidrag til PM_{10} -konsentrasjoner for Dagens situasjon 2019

Beregnet relativt bidrag til årsmiddelkonsentrasjonen for PM_{10} (Figur 3-9) viser at veistøv er den viktigste kilden i veinære områder og at eksosbidraget fra veitrafikk kun er ca. 1/10 av veistøvbidraget. Ser vi kun på døgnene over luftkvalitetskriteriet ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ved Danmarks plass er bidraget fra veistøv i gjennomsnitt ca. 80% (Figur 3-10). Ved bakgrunnsstasjonene Klosterhaugen og Rolland, Åsane er bakgrunnen, dvs. langtransportert forurensning, dominerende for årsgjennomsnittet, men vedfyring, skip og veistøv er som regel de kildene som bidrar mest når døgnmiddelkonsentrasjonene er høye.



Figur 3-9: Beregnet bidrag fra de ulike kildene til årsmiddelkonsentrasjonen for PM₁₀ i 2019 ved Danmarks plass, Klosterhaugen og Rolland, Åsane målestasjoner.



Figur 3-10: Beregnet bidrag fra de ulike kildene i når døgnmiddelverdien er over luftkvalitetskriteriet for PM₁₀ i 2019.

3.5.3 Befolkningseksponering

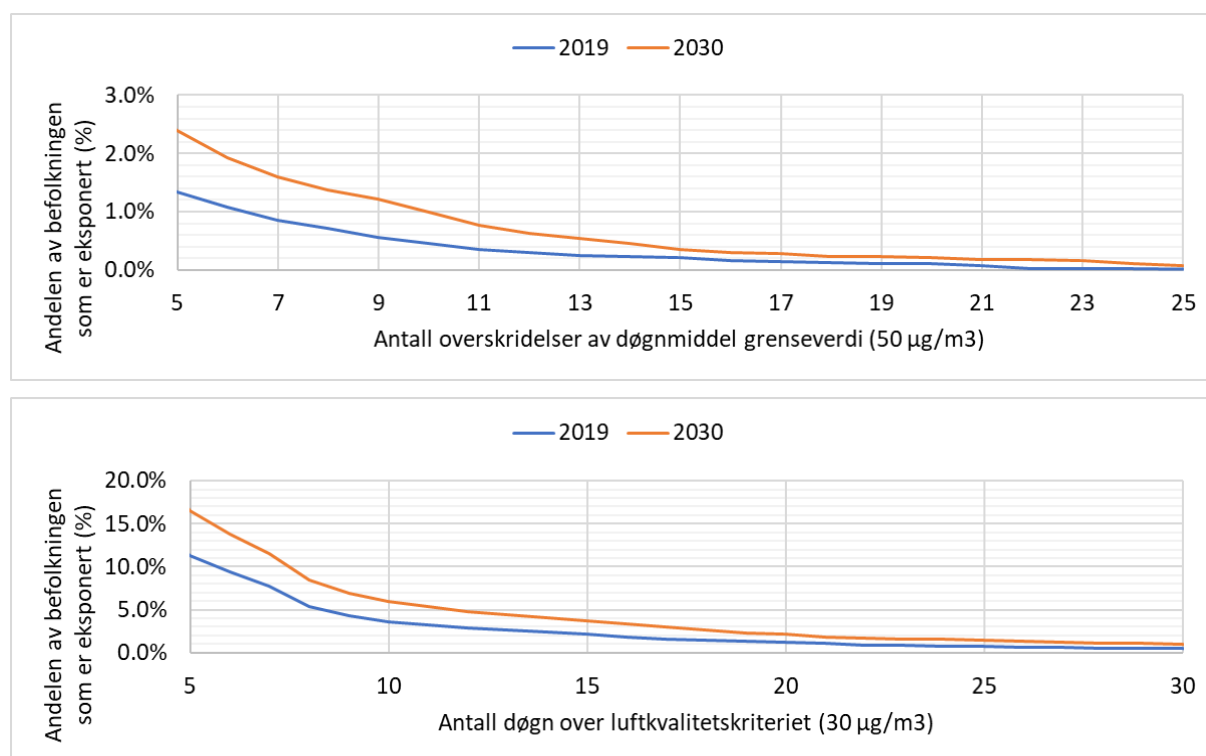
Tabell 3-2 viser antall personer som etter beregningene bor i områder med overskridelse av grenseverdiene for PM₁₀ i forurensningsforskriften. I tillegg viser tabellen antall som eksponeres for nivåer over ØVT og antall som eksponeres for 26 eller flere døgn over luftkvalitetskriteriet.

Beregnet befolkningseksponering viser at det er en liten andel av befolkningen som utsettes for nivåer over grenseverdien der de bor, men at denne andelen er høyere i 2030. I stor grad handler det om boliger nær tunnelmunninger hvor det er større usikkerhet knyttet til beregningsresultatene enn ellers. Men det er også en betydelig økning i antall som eksponeres for lavere nivåer (ØVT og luftkvalitetskriteriet) og denne økningen forekommer også langs de mest trafikkerte veiene.

Tabell 3-2: Antall personer i Bergen som forventes å bo i områder med PM_{10} -nivåer over grenseverdiene gitt i forurensningsforskriften for 2019 og 2030. Antall som eksponeres for øvre vurderingsterskel og 26 døgn over luftkvalitetskriteriet for døgnmiddel er også oppgitt. Tallene er avrundet.

Scenario	Antall som eksponeres for årsmiddel over juridisk grenseverdi ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	Antall som eksponeres for døgnmiddel over juridisk grenseverdi (26 døgn eller mer over $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	Antall som eksponeres for døgnmiddel over øvre vurderingsterskel (26 døgn eller mer over $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	Antall som eksponeres for 26 døgn eller mer over luftkvalitetskriteriet (døgnmiddel $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
2019	10	40	800	1800
2030	30	90	1600	3800

Figur 3-11 viser prosentandelen av total befolkning i 2019, som er eksponert for nivåer over døgnmiddel grenseverdi og luftkvalitetskriteriet.



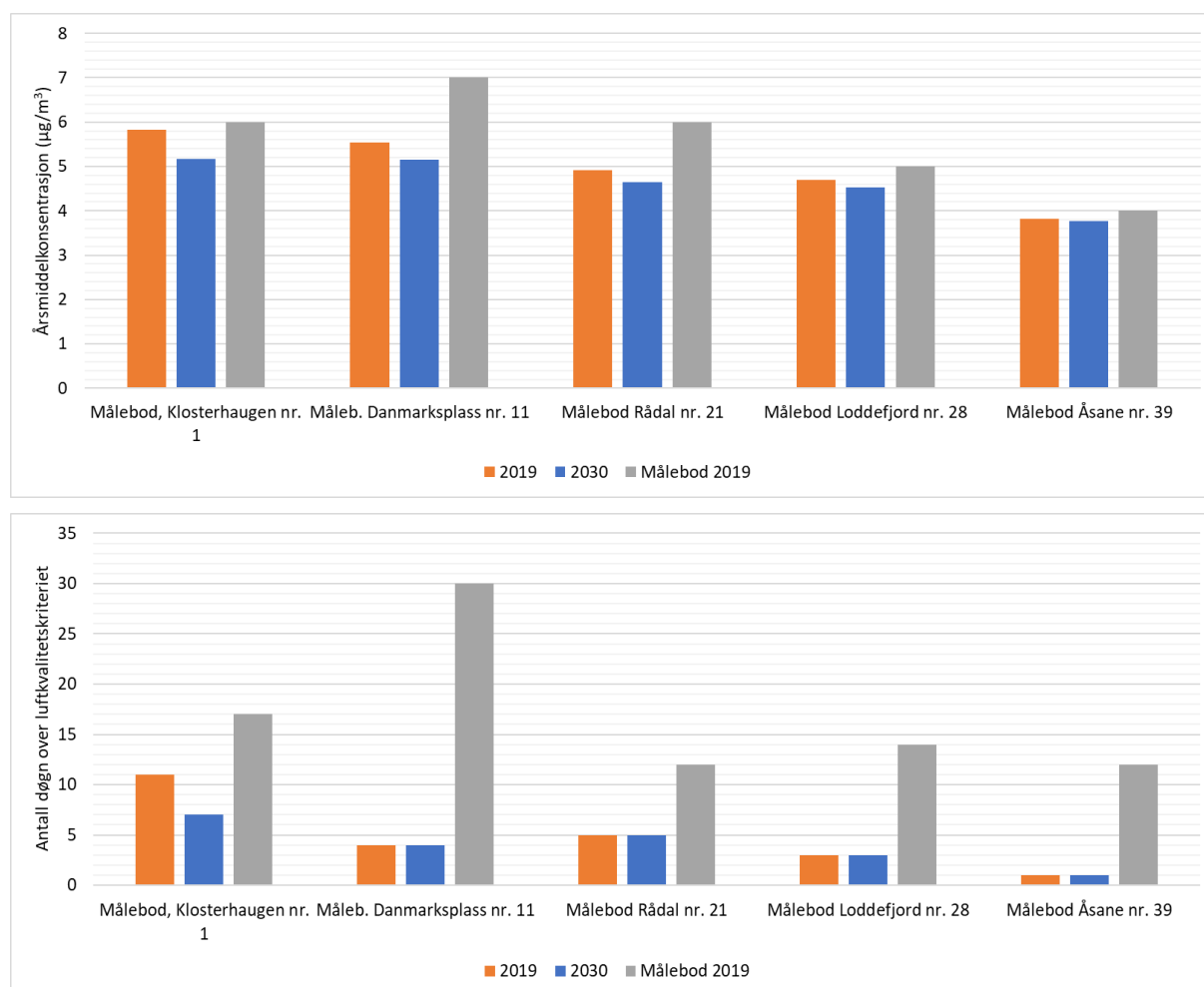
Figur 3-11 Andel av befolkningen som er eksponert for x antall overskridelser av døgnmiddel grenseverdi (øverst) og x antall døgn over luftkvalitetskriteriet (nederst) i 2019 og 2030.

3.6 Beregning av PM_{2,5}-konsentrasjoner

3.6.1 Dagens situasjon 2019 og Referansesituasjonen 2030

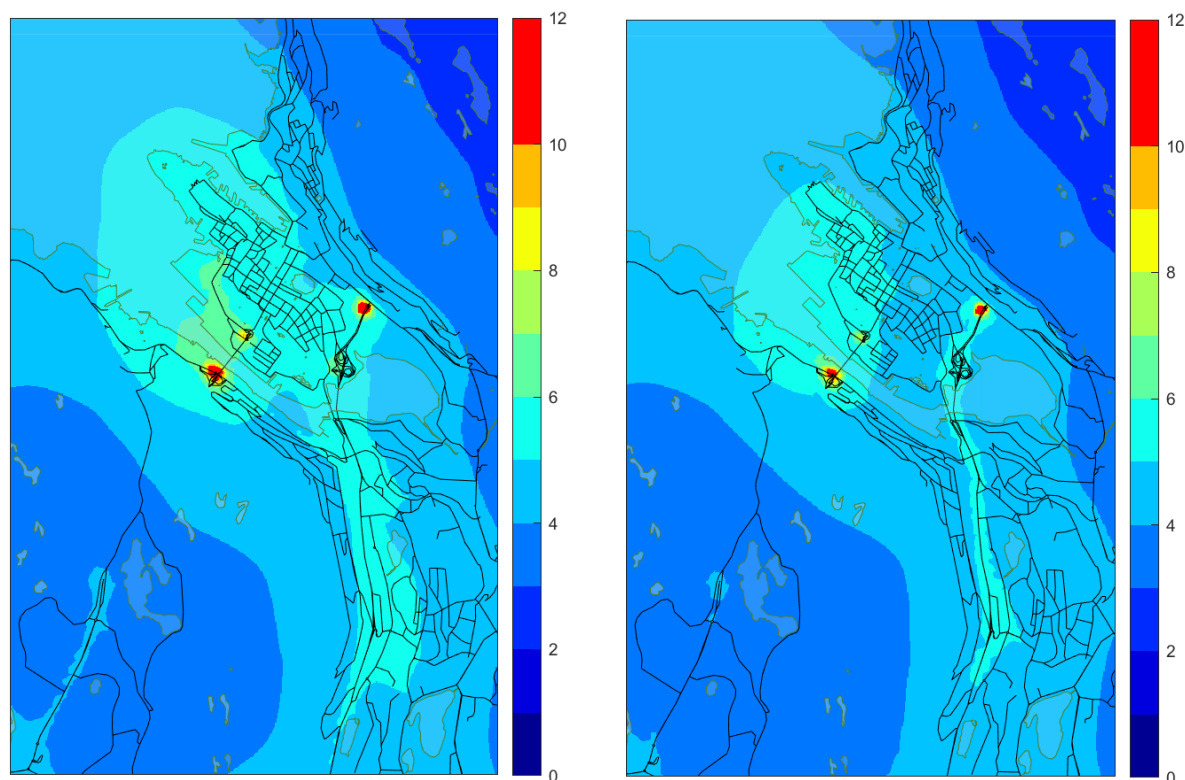
Figur 3-12 viser målte og beregnede årsmiddelverdier for 2019 og beregninger for 2030. Sammenlignet med målingene viser beregningene en liten underestimering av årsmiddel, i større grad ved de veinære stasjonene enn ved bakgrunnsstasjonene. Beregnet antall overskridelser av luftkvalitetskriteriet (15 µg/m³) er generelt underestimert (se evaluering i Vedlegg C).

Det er beregnet nedgang i årsmiddelkonsentrasjon ved alle målestasjoner fra 2019 til 2030, noe som skyldes reduksjon i skipsutslipp og eksosutslipp. Nedgangen er størst ved Klosterhaugen og ved Danmarks plass.



Figur 3-12: Beregnet for 2019 og 2030 og målinger for 2019, øverst: Årsmiddel PM_{2,5}, nederst: antall overskridelser av luftkvalitetskriteriet.

Figur 3-13 viser kart over Bergen sentrum for beregnede årsmiddelverdier for PM_{2,5} for henholdsvis 2019 og 2030. Kart over flere områder er gitt i Vedlegg D. Røde felt indikerer områder over den juridiske grenseverdien for årsmiddel på 10 µg/m³. Også for PM_{2,5} viser kartene det høyeste potensialet for eksponering rundt tunnelmunningene ved direkte horisontal siktlinje til munningen, og det er beregnet overskridelse av grenseverdier for årsmiddel ved munningene i både 2019 og 2030. For beregnet befolkningseksponering er boligens høyde over munningen hensyntatt, noe som gjør at tallet på eksponerte er mer realistisk. Se ellers diskusjon i kap. 4.4.



a) Dagens situasjon 2019

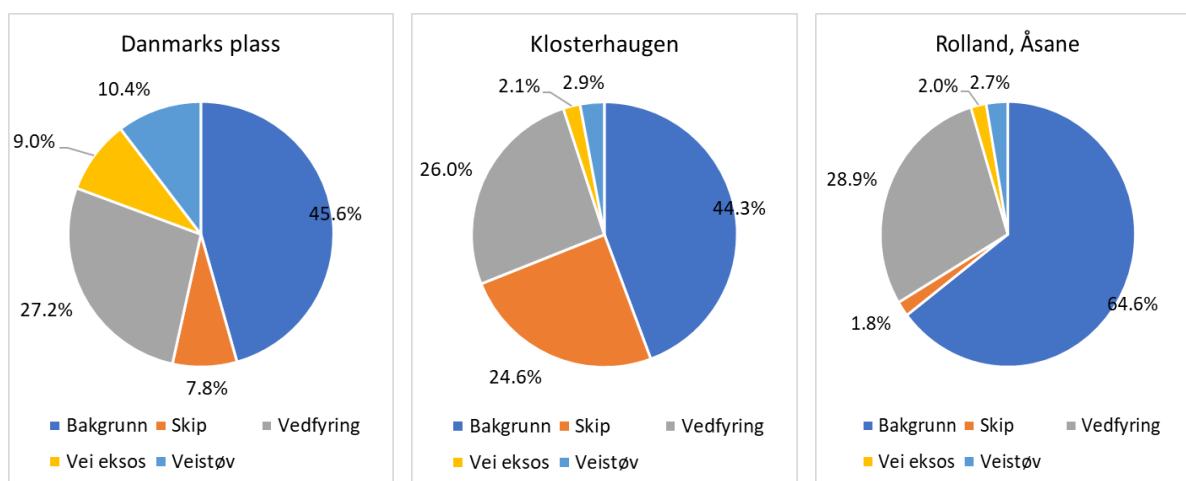
b) Referansesituasjonen 2030

Figur 3-13: Beregnet årsmiddelkonsentrasjon for $PM_{2,5}$ for et utsnitt av modellområdet for 2019 og 2030. Grenseverdien for årsmiddelverdi er på $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (markert som overgangen til rødt), luftkvalitetskriteriet er ved overgangen til gult.

3.6.2 Kildebidrag til $PM_{2,5}$ -konsentrasjoner for Dagens situasjon 2019

Beregnet relativt bidrag til årsmiddelkonsentrasjonen for $PM_{2,5}$ (Figur 3-14) viser at «bakgrunn» (langtransportert forurensning) bidrar mest til årsmiddelkonsentrasjonen. Vedfyring er den viktigste lokale kilden til $PM_{2,5}$ også langs de trafikkerte veiene. Veistøv og eksos bidrar omtrent like mye til konsentrasjonen av $PM_{2,5}$.

Videre viser beregningene at ved overskridelse av luftkvalitetskriteriet er bidraget fra vedfyring som regel høyt, typisk rundt 80%.



Figur 3-14: Beregnet bidrag fra de ulike kildene til årsmiddelkonsentrasjonen for $PM_{2,5}$ i 2019 ved Danmarks plass, Klosterhaugen og Rolland, Åsane målestasjoner.

3.6.3 Befolkningseksposering

Beregnet befolkningseksposering viser at det er tilnærmet ingen som utsettes for nivåer over grenseverdien og 26 eller flere døgn over luftkvalitetskriteriet i både 2019 og 2030. Antall eksponert for 14 eller flere døgn over luftkvalitetskriteriet er ca. 1100 i 2019 og ca. 900 i 2030.

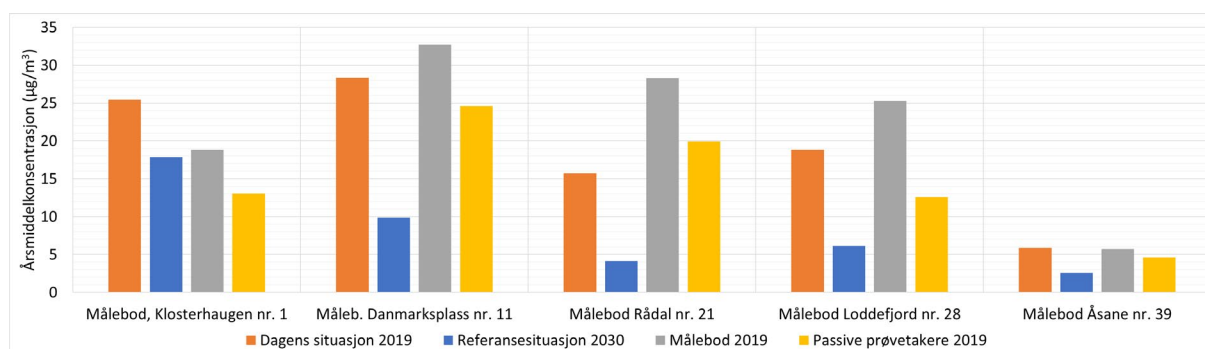
3.7 Beregning av NO_2 -konsentrasjoner

3.7.1 Dagens situasjon 2019 og Referansesituasjonen 2030

Figur 3-6 viser målte og beregnede NO_2 -årsmiddelverdier for 2019 og beregninger for 2030. Målingene er både med passive prøvetakere og med akkrediterte instrumenter i målebodene. På alle målesteder viser de passive prøvetakerne lavere årsmiddelverdier enn verdiene målt i målebodene. Ved Danmarks plass og Loddefjord ligger beregnet årsmiddel mellom verdien fra målebod og passiv prøvetaker. Ved Klosterhaugen ligger beregnet NO_2 -årsmiddel høyere enn begge målinger. Dette tyder på at det er en generell overestimering av skipsutslippet i beregningene (se diskusjon i kapittel 4.3). Ved Rådal ligger beregningene under begge målingene (se evaluering i Vedlegg C). For flere sammenligninger mot passive prøvetakere se diskusjonen rundt landstrøm i kap. 4.3 og tunnelmunninger i kap. 4.4.

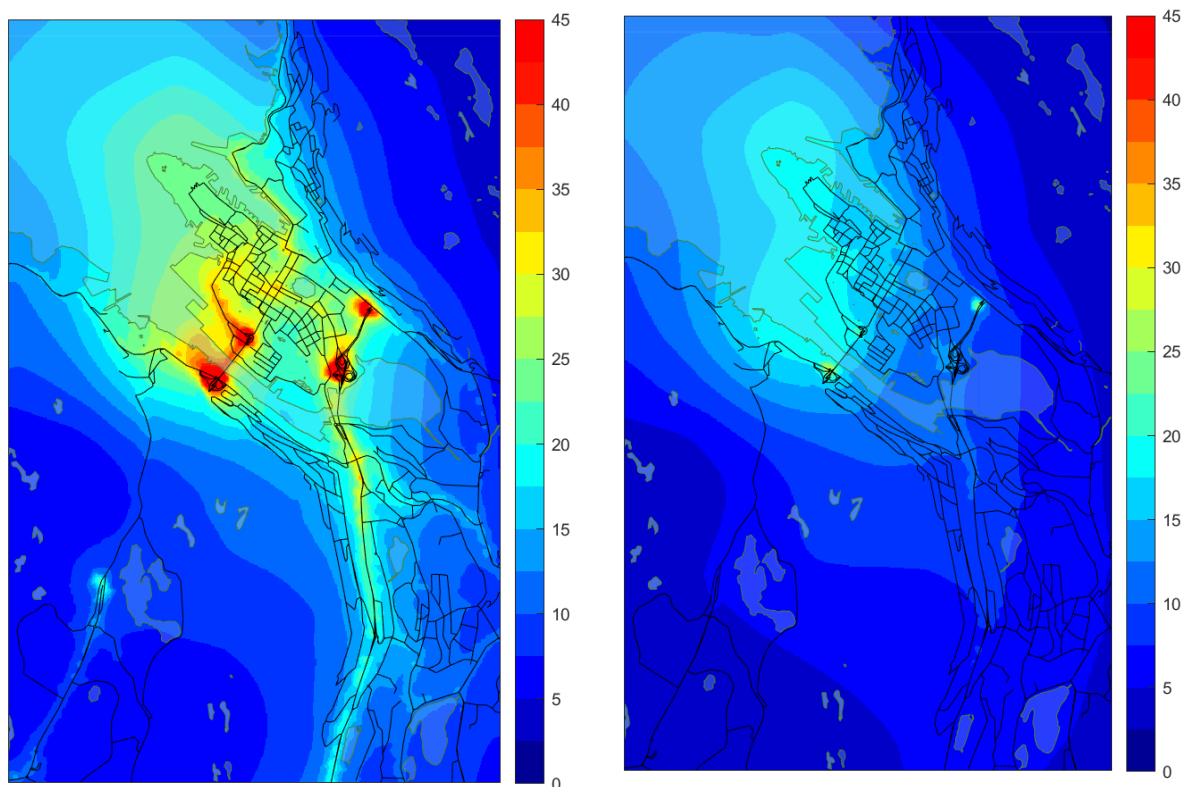
Resultat for korttidsmiddel er ikke vist fordi det er ingen overskridelser av timesmiddelverdier i målingene eller beregningene for 2019. Det er noen flere overskridelser enn målt av ØVT ved Danmarks plass og Klosterhaugen (se Vedlegg C3).

Fra 2019 til 2030 reduseres årsmiddelkonsentrasjonen av NO_2 ved alle målestasjoner. Særlig ved de veinære stasjonene er reduksjonen betydelig (på tross av trafikkøkningen), men også verdiene på bakgrunnsstasjonen i Åsane går betydelig ned. Den minste nedgangen er på Klosterhaugen og er i stor grad begrenset av antatt innføring av landstrøm i 2030.



Figur 3-15: Beregnet NO_2 årsmiddelkonsentrasjon for 2019 og 2030 sammenstilt med målinger i 2019 med passive prøvetakere og akkrediterte instrumenter (målebod).

Figur 3-16 viser kart over Bergen sentrum for de beregnede årsmiddelverdiene for NO_2 for henholdsvis 2019 og 2030. Røde felt indikerer områder over den juridiske grenseverdien for årsmiddel på $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mens gule områder er verdier over luftkvalitetskriteriet på $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kartene viser det høyeste potensialet for eksponering rundt tunnelmunningene ved direkte horisontal siktlinje til munningen, og med denne forutsetningen er det beregnet overskridelse av grenseverdier for årsmiddel rundt munningene i 2019. Kart over flere områder og tunnelmunninger er gitt i Vedlegg D. Kapittel 4.4 sammenligner beregnet og målt konsentrasjon med passive prøvetakere rundt tunnelmunningene og diskuterer usikkerheter rundt beregningene. Verken målinger eller beregninger viser overskridelser av årsmiddel for NO_2 der de passive prøvetakerne er plassert. I 2030 er konsentrasjonene så mye redusert at det heller ikke beregnes overskridelse rundt tunnelmunningene med den konservative forutsetningen med direkte siktlinje.



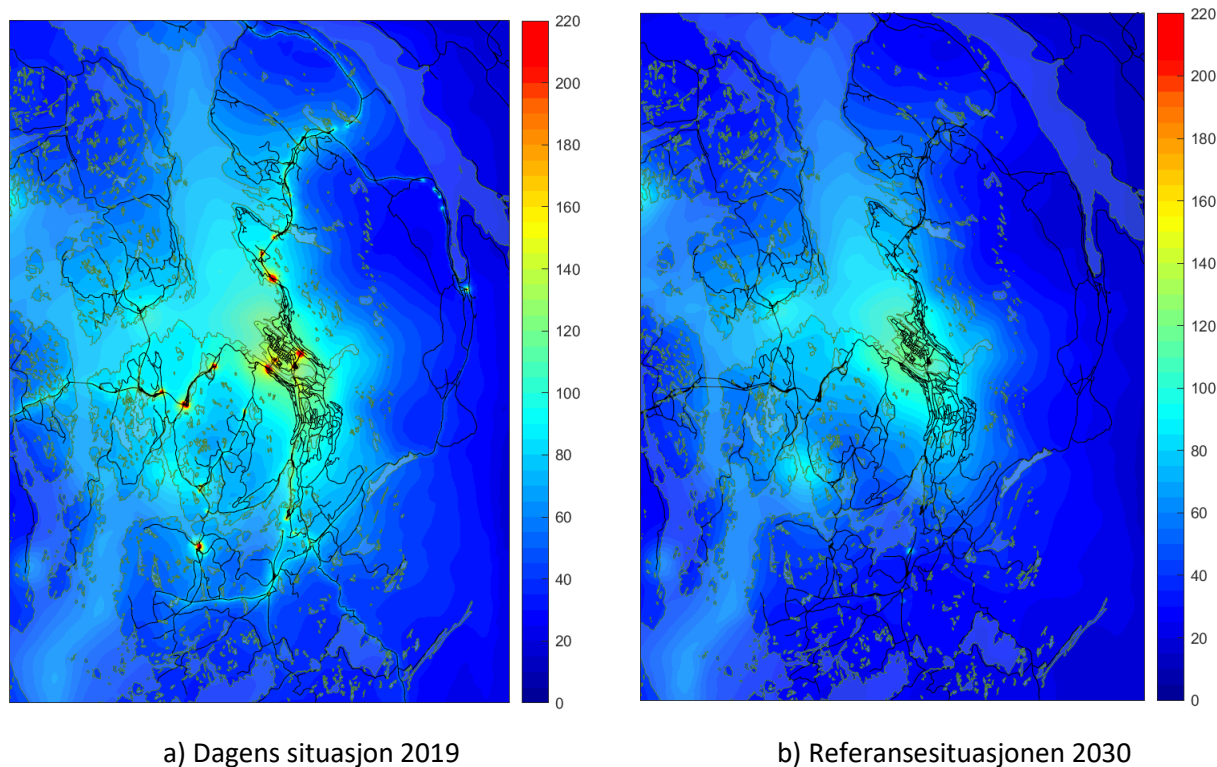
a) Dagens situasjon 2019

b) Referansesituasjonen 2030

Figur 3-16: Beregnet årsmiddelkonsentrasjon for NO_2 for et utsnitt av modellområdet for 2019 og 2030. Grenseverdien for årsmiddelverdi er på $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (markert som overgangen til rødt)

Beregningsresultatene for 2019 og 2030 i forhold til forskriftens krav til timemiddelverdier for NO_2 er vist for hele beregningsområdet i Figur 3-17. Siden forskriftens krav til timemiddelverdier tillater 18 timer med overskridelser av grenseverdien på $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vises her den geografiske fordelingen av den 19. høyeste timemiddel-konsentrasjonen. De røde feltene er områder som har mer enn 18 timer med nivåer over juridisk grenseverdi, mens de gule feltene viser områder som har mer enn 25 døgn med PM_{10} nivåer over øvre vurderingsterskel for døgnmiddel ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

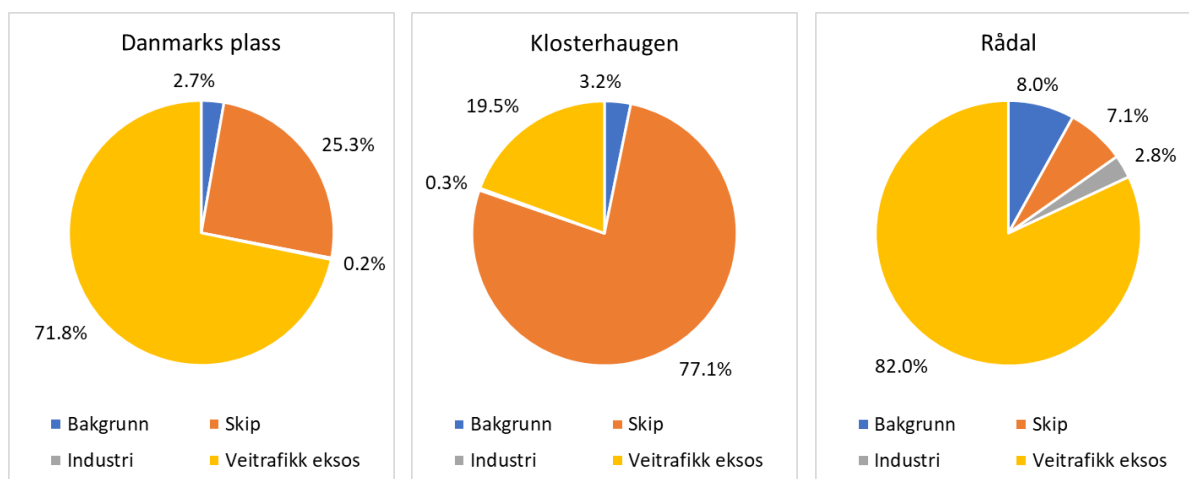
Tilsvarende som for årsmiddel er det beregnet overskridelse rundt tunnelmunningene. For Referansesituasjonen 2030 viser beregningene ingen overskridelser.



Figur 3-17: Kartet viser den 19. høyeste timemiddelkonsentrasjonen for NO₂ for henholdsvis 2019 og 2030. Røde felt er områder med 19 eller flere timer over juridisk grenseverdi. Kartet viser hele beregningsområdet.

3.7.2 Kildebidrag til NO₂-konsentrasjoner for Dagens situasjon 2019

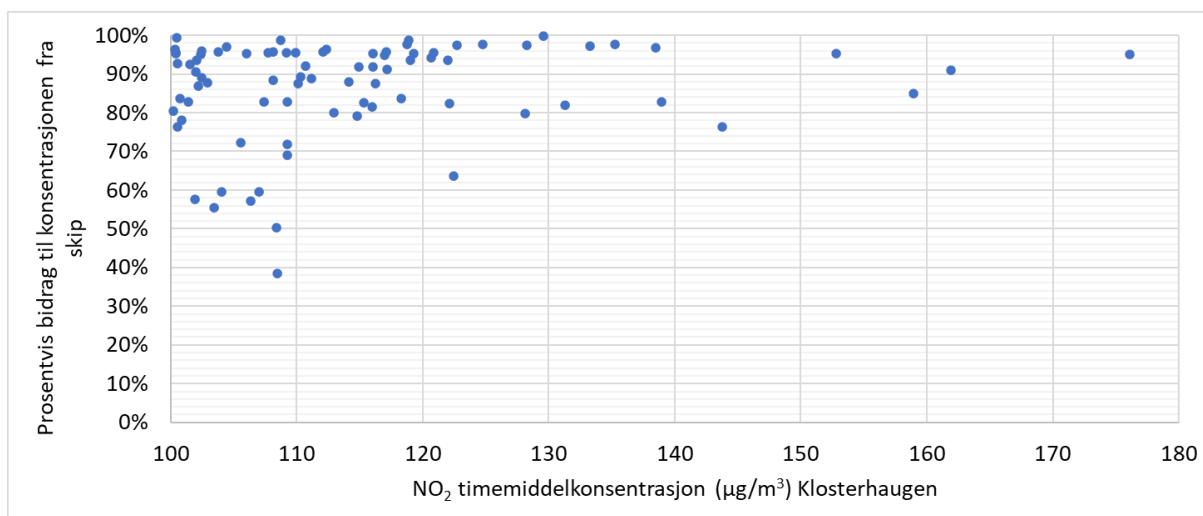
Beregnet relativt bidrag til årsmiddelkonsentrasjonen for NO₂ (Figur 3-18) viser at eksos fra veitrafikk er den viktigste kilden i veinære områder, men at skipstrafikk er den viktigste kilden ved Klosterhaugen (områder i sentrum mot havna). Målinger ved Klosterhaugen og med passive prøvetakere antyder at beregningene overestimerer skipsbidraget til NO₂ (se kap. 4.3).



Figur 3-18: Beregnet bidrag fra de ulike kildene til årsmiddelkonsentrasjonen for NO₂ ved Danmarks plass, Klosterhaugen og Rådal målestasjoner.

Figur 3-19 viser de høyeste timemiddelkonsentrasjonene ved Klosterhaugen sammenstilt med relativt bidrag til konsentrasjonen fra skip. Denne viser at bidraget fra skip generelt er høyt også for de høyeste

timemiddelkonsentrasjonene. En kildeallokering for forskjellige skipstyper viser at det er utslipp fra offshore supplyskip som bidrar mest til høyeste konsentrasjonene ved Klosterhaugen.



Figur 3-19 Beregnet timemiddelkonsentrasjon ved Klosterhaugen som funksjon av prosentvis bidrag fra skip.

3.7.3 Befolkningseksponering

Beregningene for 2019 viser at det er noen hundre som utsettes for luftkvalitet over grenseverdien der de bor. Dette er typisk for boliger rundt de største tunnelmunningene. Videre er det rundt 2000 og 5000 som utsettes for nivåer over ØVT for henholdsvis årsmiddel og timesmiddel. Dette er i tillegg boliger som ligger langs de mest trafikkerte veiene, eller boliger som har en samlet belastning fra store veier, tunnelmunninger og skipsutslipp. For Referansesituasjonen 2030 hvor utslippet fra biltrafikk er betydelig redusert og landstrøm er innført for en andel av skipsflåten, viser beregningene ingen overskridelser av verken grenseverdier eller ØVT.

Det er beregnet eksponering for 48 timer eller mer over luftkvalitetskriteriet ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Denne viser at ca. 48 000 utsettes for dette nivået i 2019, mens kun 11 000 i 2030. De 11 000 er typisk i områder som både er påvirket av utslipp fra tunnelmunninger og skipstrafikk.

Tabell 3-3: Antall personer i Bergen som forventes å bo i områder med NO₂-nivåer over grenseverdiene gitt i forurensningsforskriften for 2019 og 2030. Antallet som eksponeres for øvre vurderingsterskel er også oppgitt. Tallene er avrundet.

Scenario	Antall som eksponeres for årsmiddel over juridisk grenseverdi ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	Antall som eksponeres for timesmiddel over juridisk grenseverdi (18 timer eller mer over $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	Antall som eksponeres for årsmiddel over øvre vurderingsterskel ($32 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	Antall som eksponeres for øvre vurderingsterskel (18 timer eller mer over $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
2019	150	250	1900	4900
2030	0	0	0	0

4 Aktuelle tiltak mot luftforurensning

I henhold til målinger de siste 5 årene er ikke Bergen i en situasjon som krever ytterligere tiltak for å holde nivåene innenfor de gjeldende grenseverdiene i forurensningsforskriften. Selv om øvre vurderingsterskel for NO₂ var overskredet i årene 2017, 2018 og 2019 så er det mindre sannsynlig at en slik overskridelse vil finne sted i årene som kommer, og sannsynligheten reduseres for hvert år med fornyelsen av bilparken og innføring av landstrøm.

Samtidig er det økende fokus på de helsemessige konsekvensene av svevestøv. WHO kom nylig med nye strengere anbefalte grenser for PM_{2,5}. Dette aktualiserer arbeidet mot det fineste svevestøvet selv om verdiene ligger under forskriftens grenseverdier og det ikke foreligger juridiske krav til tiltak.

Bergen kommune har gjennom eksisterende handlingsplan en rekke virkemidler rettet mot luftforurensning. Dette kapitlet diskuterer effekten av disse tiltakene, generelt eller gjennom beregninger eller analyse av målinger, og gir en anbefaling til videreføring.

4.1 Videreføring av piggdekkgebyr

4.1.1 Erfaring fra norske byer

Bruk av piggdekk på bar vei sliter av masse i form av veistøv. Dette blir til svevestøv til dels ved at det virvles opp ved piggenes anslag mot asfalten og dels ved luftturbulensen som skapes rundt/under biler i fart. Svevestøv fra veistøv består primært av PM₁₀, en liten andel er i PM_{2,5}-fraksjonen.

En personbil med piggdekk sliter mellom 5 og 10 gram per km på skjelettasfalt (Reitan et al., 2018). Dette betyr at ca. 40 000 personbiler i døgnet forbi Danmarks plass, hvorav 12% med piggdekk (88% piggfriandel), sliter mellom 4,5 og 9 tonn asfalt per km i løpet av piggdekk sesongen²⁴. Forenklet kan vi si at ca. 1/3 ender som svevestøv (PM₁₀) som gir dårlig luftkvalitet ved tørt og vindstille vær. I tillegg medfører slitasken en betydelig vedlikeholdskostnad av asfaltdekket og kostnader til renhold og støvbinding.

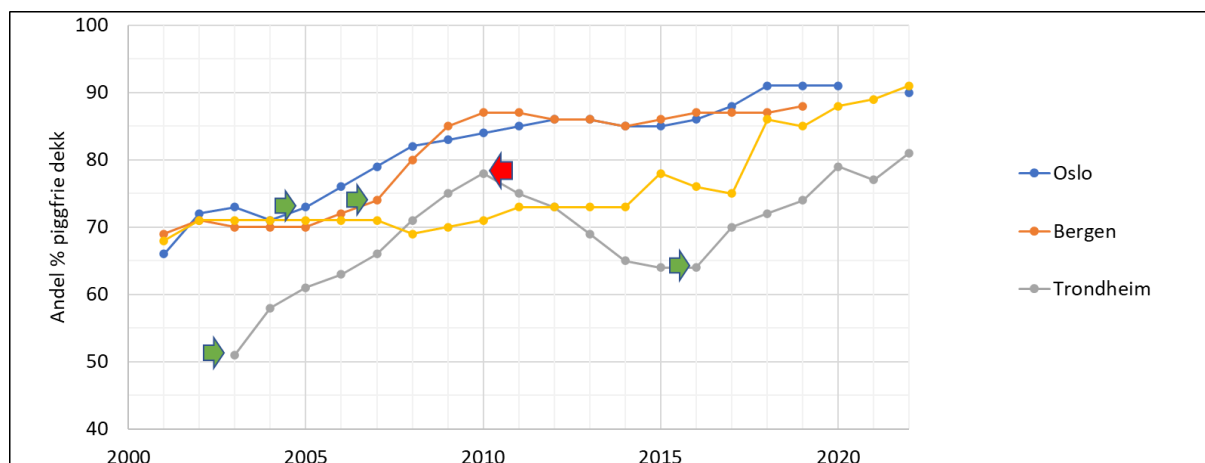
For å redusere bruken av piggdekk kan man benytte flere virkemidler. De vanligste er piggdekkgebyr, panteordning for piggdekk ved kjøp av piggfrie dekk eller informasjons- og holdningskampanjer.

Hjemmel for innføring av piggdekkgebyr er gjennom forskrift²⁵ om gebyr for bruk av piggdekk og tilleggsgebyr, fastsatt den 7. mai 1999 med hjemmel i vegtrafikkloven §13, sjette ledd. Piggdekkgebyr innebærer en direktekostnad for de trafikantene som kjører bil med piggdekk. Per dags dato er gebyret fastsatt i forskrift til kr 1400,- for hele sesongen, kr 450,- for én kalendermåned og kr 35,- for ett døgn for personbiler, mens det betales dobbel pris for tunge kjøretøy (over 3500 kg).

Piggdekkgebyr er et virkemiddel som har vist seg å gi betydelig økt piggfriandel i flere norske byer. Figur 4-1 viser piggfriandelen i et utvalg norske byer i perioden 2002 – 2022 hvor innføringen av avgift er markert. I Trondheim var det piggdekkgebyr i perioden 2003 til 2010. Fra 2011 ble piggdekkgebyret fjernet (rød pil) noe som førte til at piggfriandelen sank til 64 %. Av figuren ser man at piggfriandelen har økt igjen etter gjeninnføringen i 2017 (grønn pil). Før piggdekkavgiften i Oslo ble innført for første gang i 1999, kjørte knapt halvparten av Oslos bilister på miljøvennlige piggfrie dekk. I løpet av to år steg piggfriandelen til 79% og piggdekkgebyret ble fjernet. Dette resulterte i at piggfriandelen igjen sank og lå rundt 70% i flere år. Piggdekkgebyret i Oslo ble gjeninnført i 2005 og etter gjeninnføringen har piggfriandelen økt hvert år og ligger nå på litt over 90%.

²⁴ Antatt 6 mnd. piggdekk sesong. Dette er et grovt overslag hvor det ikke er tatt hensyn til tunge bilers andel eller at saktegående kø vil redusere slitasken.

²⁵ <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1999-05-07-437>



Figur 4-1 Andelen kjøretøy med piggfrie dekk for et utvalg norske byer i perioden 2001 – 2022. Tidspunkt for (re-)innføring av piggdekkgebyr i Oslo, Bergen og Trondheim er markert med grønne piler, mens rød pil markerer når piggdekkgebyret ble midlertidig avviklet i Trondheim. Kilde for tallmaterialet: Statens vegvesen

4.1.2 Dagens situasjon i Bergen

Etter at gebyrordningen ble innført i 2007 har piggfriandelen økt og lå på 88 % i 2019. Piggdekkandelen har ikke vært telt i Bergen siden 2019. Siden omorganiseringen i SVV har Vestland fylkeskommune hatt ansvaret for dette. Ansvaret for kontroller ligger hos Bymiljøetaten.

I siste sesong 2021-2022 opplyser Bergen kommune at bruttoinntektene fra piggdekkgebyrordningen var på ca. 14 millioner kroner. Det vil si at ordningen gir kommunen en netto inntekt som blant annet går til vedrift og utbetaling av pant på vedovner. Det er ca. 136 000 registrerte person- og varebiler i Bergen. Med en piggdekkandel på 12 % gir dette et inntektpotensial på litt under 23 millioner kroner. Da er det ikke tatt høyde for at biler utenfor Bergen også vil måtte betale avgift for å kjøre i Bergen. I dette bildet vil det være flere biler som ikke løser oblat for hel sesong. Det vil i varierende grad være biler fra nabokommuner som kjører i Bergen, det vil kunne være noe høyere piggdekkandel i enkelte nabokommuner, og det vil være en andel som unnlater å betale.

Dersom flere biler bruker piggfrie dekk vil dette redusere slitasjen på veien og produksjonen av svevestøv gjennom piggdekkssesongen. Dersom Bergen kommune kan øke piggfriandelen med to prosentpoeng til 90% vil det potensielt kunne redusere slitasjen med 17%. Merk at piggfriandelen ikke har vært telt siden 2019 og det er ikke kjent hva andelen har vært de to siste årene.

4.1.3 Anbefaling for piggdekkgebyr

Det anbefales at piggdekkgebyret opprettholdes for å sikre en høy piggfriandel. I 2021 var ØVT for PM₁₀ overskredet og en vesentlig økning i utslipp fra veistøv vil kunne øke faren for overskridelse av grenseverdiene i enkelte framtidige år. Gebyret bygger på prinsippet om at forurenser skal betale og gir inntekter til kommunen som kan være med på å dekke kostnader til blant annet renhold og vedlikehold.

4.2 Støvdemping og renhold

4.2.1 Renhold og støvdemping for god luftkvalitet i norske byer

Støvfjerning handler om å optimalisere mekanisk renhold av veiene slik at mest mulig veistøv og partikler som ligger i veibanen fjernes (feiing/vasking), mens støvdemping handler om å midlertidig binde partiklene til veibanen slik at disse ikke virvles opp. Det er veieier som har ansvar for å gjennomføre og bekoste tiltaket i henhold til forurensningsforskriften § 7. Det vil si at kommunene har ansvaret for kommunale veier, mens Statens vegvesen og fylkeskommunen har ansvaret for henholdsvis de statlige (europavei og riksvei) og fylkeskommunale veiene.

Erfaring har vist at behovsbasert drift basert på værforhold, luftkvalitetsmålinger og generell erfaring gir bedre effekt enn en ren frekvensbasert ordning (Reitan et al., 2018). Når konsentrasjonen allerede er høy er det i prinsippet for sent å rengjøre (svevestøvet er allerede i lufta), derfor bør forebyggende renhold vektlegges når været er vått og mildt. Ved å benytte mildværsperioder til forebyggende renhold kan høytrykk og større vannmengder benyttes. Godt renhold forutsetter at mannskapet har relevant kunnskap og at de forstår hensikten med og hvilken effekt renholdet har på luftkvaliteten.

Behovsbasert drift krever beslutningsstøtte. Det betyr at luftkvaliteten bør overvåkes og værprognoser og eventuelt Miljødirektoratets varslingsjeneste²⁶ brukes til å planlegge når forebyggende renhold kan utføres. Overvåking av luftkvaliteten vil også gi svaret på om de forebyggende renholdstiltakene har hatt effekt når periodene med høye svevestøvverdier inntreffer.

Støvdemping kan være et nødvendig tiltak for å unngå ytterligere oppvirvling i perioder med høye konsentrasjoner og stillestående vær. Støvbinding har noen negative effekter ved at støvet lettere fester seg til overflater og gjør renhold mer krevende. I tillegg er det negative effekter på miljø og materialer. Ved akkumulering av støv og salt i veibanen kan det også påvirke friksjonen.

For veibanen bør det benyttes biler som både høytrykkspyler, koster og suger opp støv med vakuüm. Spesielt oppsug med vakuüm vil fjerne mye av finstøvet i porene av asfalten enn bare spyling og kosting. Fjerning av snødepoter er også en viktig del av renholdet. Slike snødepot smelter og renner ut i veien om våren og de inneholder mye partikler som kan virvles opp når det tørker.

Renhold av veinettet er primært et avbøtende tiltak for å redusere forurensning generert av biltrafikk (med piggdekk spesielt) og fra strøsand/grus. Generert veistøv som blir liggende i veibanen vil kunne virvles opp igjen av trafikken, og slik sett vil renhold også kunne sees på som et tiltak som reduserer kilden til forurensning (les: oppvirvlingen).

4.2.2 Rengjøring og støvdemping av veier i Bergen

Statens vegvesen

Som anleggseier har Statens vegvesen (SVV) ansvar for rengjøring og støvdemping av europaveiene og riksveiene i Bergen. Av dette veinettet er 9,5 km definert som prioritert strekning som skal ha forebyggende tiltak samt støvdempende tiltak med Magnesiumklorid (MgCl) når forholdene tilsier det. Strekingen er E39 Fjøsangerveien fra Fjøsanger over Florida til Strømgaten i sentrum samt mellom munningene av Nygårdstunnelen og Fjøsangertunnelen. I november til og med mars skal det utføres forebyggende renhold med spyle-/sugemaskiner i hele bilens bredde som fjerner finstøvet fra veibanen.

Dersom værprognosene tilsier forhold som kan gi tørr veibane samtidig som varselet for Danmarks plass viser at dagens verdi og varslet verdi for kommende dager er gul, rød eller lilla (se kap. 6.3), skal entreprenøren iverksette støvdempende tiltak. MgCl benyttes i så liten grad som mulig, og

²⁶ <https://luftkvalitet.miljodirektoratet.no/varsling/>

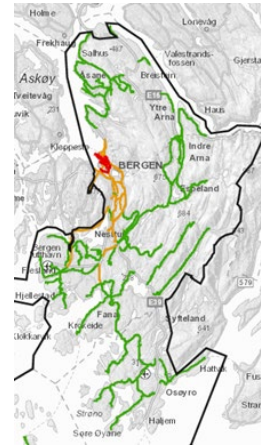
kun dersom tilfredsstillende støvbinding ikke oppnås med vanlig veisalt (NaCl). Erfaringen, også fra Bergen, er at MgCl danner et belegg som er krevende å vaske vekk og som reduserer friksjonen.

SVV opplyser at det ble benyttet slike tiltak på strekningen henholdsvis 9 og 4 ganger i løpet av sesongen 2018/2019 og 2019/2020.

SVV opplyser at forebyggende renhold og støvdemping dekkes under normalt driftsbudsjett.

Vestland fylkeskommune

Fylkeskommunen har som anleggseier av fylkesveiene ansvar for rengjøring og støvdemping av dette veinettet. Vegnettet er inndelt i 3 klasser hvor klasse 1 omfatter fylkesveier i sentrum, klasse 2 blant annet omfatter fylkesvei 582/585 (Minde til Nesttun), 556 (Straume), 558/584 (Årstad til Damsgård), 577 (Sandviken) og klasse 3 omfatter øvrige fylkesveier. For vegruter av klasse 1 og 2 er det krav til feiing hver uke samt spyling under rekkverk mellom gang-/sykkelvei før feietiltak. (Se kartutsnitt til venstre. Kilde: VF)



På samme måte som for SVVs entreprenør, skal det iverksettes tiltak med støvdemping når varsel og målinger tilsier det.

Forebyggende tiltak skal iverksettes i vintersesongen når veibanen er over 0° C og omfatter feiing og høytrykkspyling av kansteinsklaringer, refuger²⁷, trafikkdelere og rabatter, samt rekkverk og under rekkverk.

Utstyret som benyttes skal ha oppsug på begge sider med høytrykk (200 bar) og «rotorclean» i hele kjøretøyets bredde. I vinterhalvåret er det krav til at utstyret skal kunne feie veibanen ned til -10° C.

Sykkelruter skal generelt feies hver uke.

VF opplyser ikke budsjettet for driftskostnaden, men at deponikostnaden alene beløper seg til over 2 millioner kroner årlig.

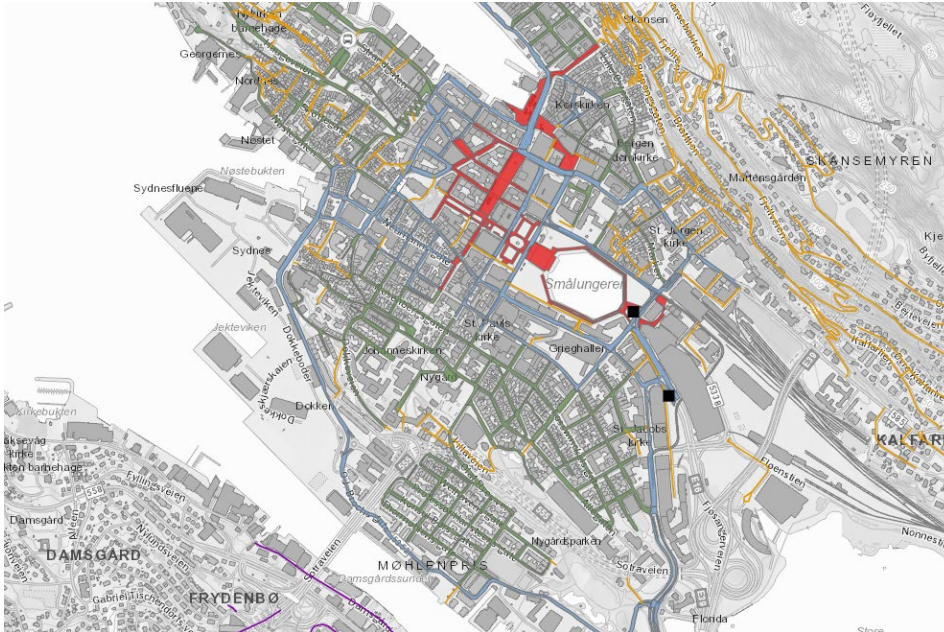
Bergen kommune

Alle kommunale gang- og sykkelveier (omfatter 6,4 km) feies med oppsug 8 ganger per år (månedlig fra april – november). Andre kommunale veger, fortau og trapper kostes hovedsakelig en gang per år (ferdig til 17. mai), ved behov kjøres det en ekstra runde på høsten (det vil gjøres i år). Dette omfatter Årstad bydel (sør for sentrumskjernen) og Bergenuhus bydel (nord og øst for sentrumskjernen).

Det utføres hyppigere renhold av sentrumskjernen (Figur 4-2):

- Kategori 1 (rød) feies 2 ganger daglig i sommerhalvåret, 1 gang daglig i vinterhalvåret
- Kategori 2 (blå) feies 2 ganger daglig hele året.
- Kategori 3 (grønn) feies 1 gang i måneden i sommerhalvåret og 1 gang annenhver måned i vinterhalvåret.

²⁷ Refuge er et fysisk skille mellom ulike trafikkstrømmer (<https://snl.no>)



Figur 4-2: Viser inndeling i rød, blå og grønn sone for rengjøring i sentrumskjernen.
Kilde: Bymiljøetaten i Bergen kommune

Bergen kommune v/Bymiljøetaten har utarbeidet en strategi for drift og vedlikehold av det kommunale veinettet²⁸. Satsing 3: Drift- og vedlikeholdsarbeidet skal bidra til reduksjon av støv og støy:

Bruk av magnesiumklorid i byrommene i sentrum løser opp snø og is og binder svevestøv. Dette vil Bymiljøetaten fortsette med. Hyppig renhold av kommunale vegger i sentrale områder vil også fortsette å være en prioritering.

Årlig kostnad til gaterengjøring er på ca. 25 millioner kroner.

Renhold av tunneler

Vask av tunneler utføres for å opprettholde god sikt, holde skilt synlige og bevare utstyr. Vask av tunneler vil også redusere støvdepot fra banketter o.l. Erfaringer fra tunnelvask er blant annet dokumentert av Snilsberg & Gryteselv (2017).

Tunnelene i Bergensområdet vedlikeholdes av SVV og VF etter eieransvar. Tunneler vaskes etter tre regimer; helvask (veibane til tak), halvask (fra veibane opp til en viss høyde), og teknisk vask (spyling av tekniske installasjoner og veibane). Frekvens for vask er definert av årsgjennstrafikken (ÅDT). En tunnel med over 15 000 ÅDT (gjelder de fleste av de store tunnelene i Bergen) vil ha 2 helvasker, 4 halvasker og 6 tekniske vasker per år. Dette er opplyst av SVV, og VF opplyser å følge tilsvarende regime som SVVs.

Støvutslipp i forbindelse med bygge- og anleggsvirksomhet

Det anbefales å innarbeide krav i bestemmelsene til Kommuneplanens arealdel (KPA) til at retningslinjen T-1520 tilfredsstilles ved bygge- og anleggsvirksomhet. Selv om T-1520 ikke er rettslig bindende, gir dette en hjemmel for å kreve en plan for arbeid med luftkvalitet i anleggsfasen, samt kommunen hjemmel til å føre tilsyn med virksomheten.

²⁸ <https://www.bergen.kommune.no/politikere-utvalg/api/fil/1093055/Strategi-for-drift-og-vedlikehold-av-det-kommunale-vegnettet-i-Bergen-kommune-2019-2028>

4.3 Landstrøm for skipstrafikken

Skip som ligger til havn vil normalt benytte dieseldrevne hjelpemotorer for å generere strøm til varme, kjøling, losseanlegg, belysning, osv. Dette gir utslipp av klimagasser og NO_x i tillegg til andre mindre bidrag av eksoskomponenter som bidrar til forurensningen lokalt. Landstrøm kan redusere disse utslippene og har et vesentlig potensial for å redusere klimagassutslipp fra skipssektoren, se f.eks. Klimakur (Miljødirektoratet, 2020).

4.3.1 Dagens situasjon 2019 i Bergen og framskriving til 2030

Bergen havn bygget sitt første landstrømanlegg for skip i 2015. Bystyret vedtok i 2018 et mål om at alle cruiseskip skal benytte seg av landstrøm i Bergen havn. I 2019 lanserte 14 store cruisehavner, heriblant Bergen havn, en felleserklæring²⁹ som blant annet stiller krav til bruk av landstrøm for cruiseskip fra 2025. Per dags dato er det 21 tilgjengelige ladepunkt primært til bruk for cruiseskip, offshore supplyskip og Kystruten. I tillegg stilles det krav til nullutslipp fra 2024 ved nye anbudsrunder for rutetrafikk (eks. fylkeskommunens anbud rutepakke 1 hurtigbåt).

Det er opplyst fra Plug via Bergen Havn at det ble hentet ut ca. 4,4 millioner kWh fra landstrømanlegget i 2019. Dette tilsvarer ca. 3200 tonn spart CO₂ eller ca. 40 tonn NO_x³⁰. I 2021 var uttaket økt til ca. 19 millioner kWh.

For beregningen for 2019 er det forenklet antatt at kun offshore supplyskip var tilkoblet landstrøm i 2019, og utslippet av NO_x fra denne skips kategorien er redusert med ca. 40 tonn, eller ca. 6% av utslippet innenfor kai-området som har tilkoblingspunkter for landstrøm. Dette tilsvarer litt under 2% av det totale skipsutslippet innenfor beregningsområdet i 2019.

På bakgrunn av vedtaket i bystyret, dagens ladeinfrastruktur (per 2022), felleserklæringen og krav til nullutslipp er det for Referansesituasjonen 2030 antatt at følgende skip er på landstrøm:

- Alle Kystrutens skip (Hurtigruten og nye ruter operert av Havila)
- Alle hurtigbåter som i dag er operert av Norled og som vil ha krav til nullutslipp fra 2024
- Alle cruiseskip
- En andel av offshore supplyskip tilsvarende forbruket av landstrøm i 2021 på ca. 19 millioner kWh.

Dette anses som et realistisk anslag for situasjonen i 2025/2026, og et forsiktig anslag for Referansesituasjon 2030. Se ellers Vedlegg A6 for hvordan landstrøm er implementert i beregningene.

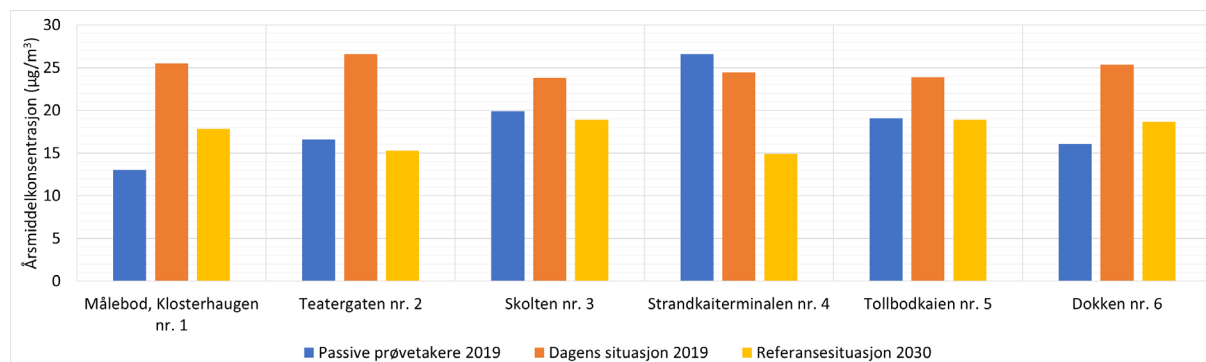
Med unntak av Strandkai terminalen er det en tendens til at beregningene overestimerer NO₂-konsentrasjonene (Figur 4-3), spesielt ved Klosterhaugen, Teatergaten og Dokken (for plassering se Figur 2-1). En viss overestimering skal forventes da de passive prøvetakerne vanligvis ligger noe under måling med referanseinstrumenter, men underestimeringen er større enn avvikene typisk er ved andre måleboder enn Klosterhaugen. Det kan tyde på at utslippet, særlig fra offshore supplyskip, som er den største bidragsyteren er noe overestimert. Samtidig er spredningsmodellen som er benyttet i denne studien relativt grovt oppløst (1 x 1 km grid) for å kunne representere timesverdier for et stort område gjennom et helt år. Dette kan resultere i at beregningspunkt på land eksponeres for utslipp fra skipene også når vinden blåser fra sør-sørøst. For å fange opp dette bedre kan det benyttes mer finmaskede

²⁹ <https://www.bergen.kommune.no/politikere-utvalg/api/fil/bk360/4919966/3-Miljoark-Bergen-Havn-AS-Plug-Bergen-AS-og-EPI-AS>

³⁰ Det er antatt at hjelpemotorer bruker 0,23 kg drivstoff per kWh, og en faktor på 3,17 kg CO₂ per kg marin gassolje. Offshore supplyskipene i Bergen har i gjennomsnitt 0,012 kg NO_x per kg CO₂. Dette gir en NO_x-faktor på 38 g per kg drivstoff.

modeller som gir en bedre geografisk oppløsning, men som ofte er begrenset til kortere tidsperioder (Wolf et al., 2016).

Figur 4-3 viser også beregnet utvikling fra 2019 til 2030. Nedgangen i konsentrasjonen skyldes primært reduksjon i skipsutslipp ved innføring av landstrøm, men nedgangen i utslipp fra veitrafikk spiller også en viss rolle. Kart og befolkningseksposering for disse situasjonene er gitt i kap. 3.7.



Figur 4-3: Årsmiddelkonsentrasjon NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ved posisjoner i havneområdet der det er plassert ut passive prøvetakere.

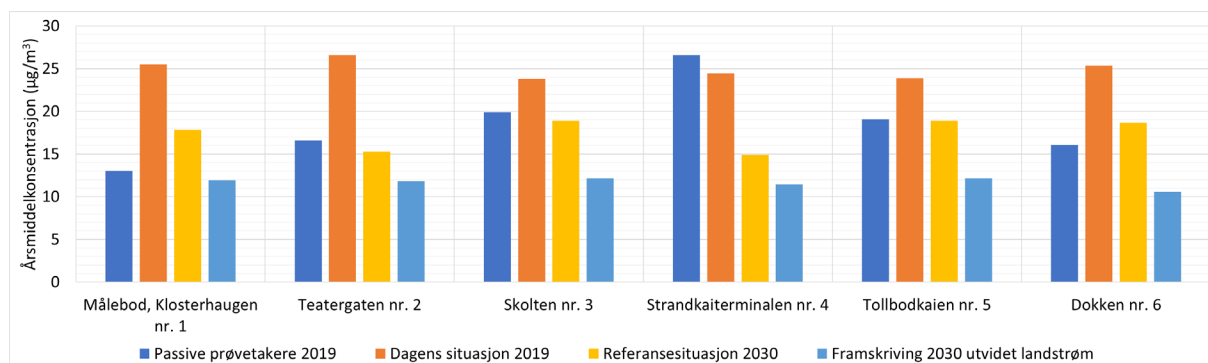
4.3.2 Utslippsreduksjon ved utvidet implementering av landstrøm i 2030

Det er utført en tiltaksberegning for Framtidig situasjon 2030 hvor en større andel av skipene er antatt å være på landstrøm:

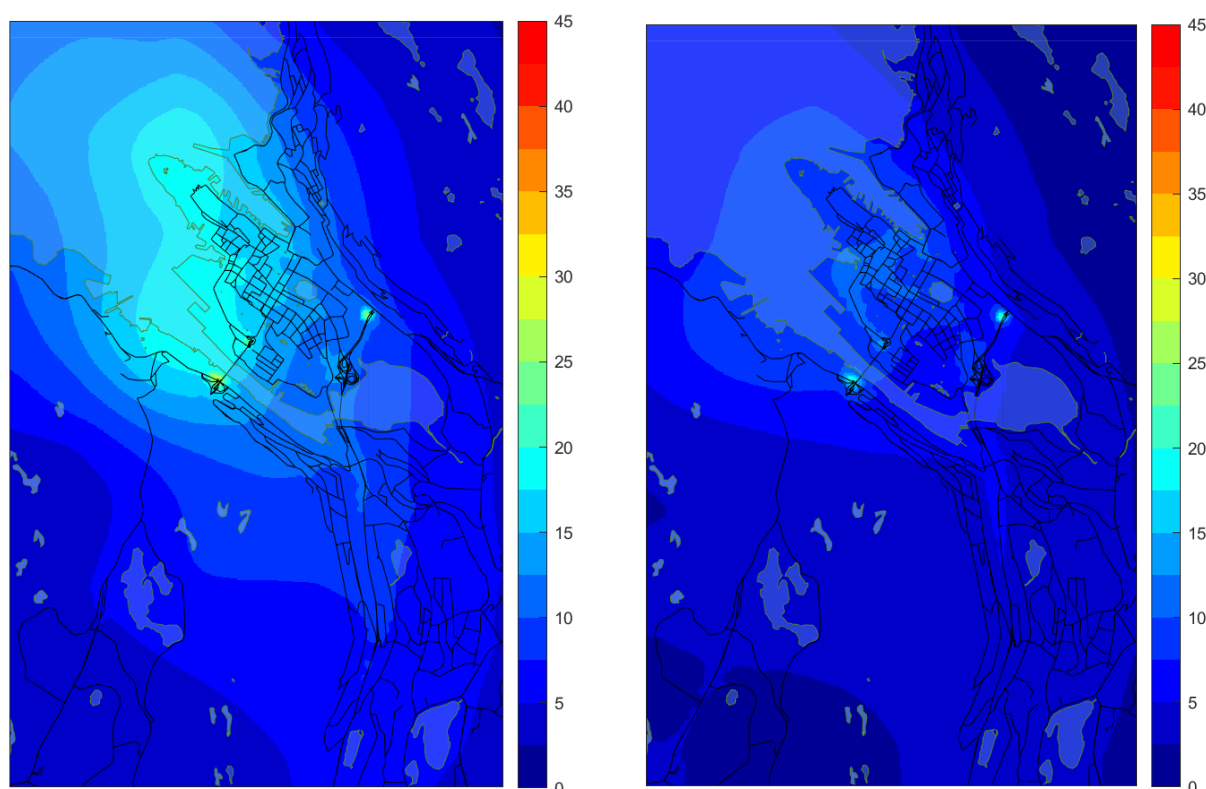
- Alle cruiseskip
- Alle offshore supplyskip
- Alle passasjerbåter

Dette reduserer totalutslippet i området med ca. 40% sammenlignet med en situasjon helt uten landstrøm. Referansesituasjonen 2030 har til sammenligning en utslippsreduksjon på 12%. For utslippsfordelingen mellom skip ved denne situasjonen, se Vedlegg A6.

Beregningene viser at en slik ytterligere reduksjon i utslippet fra skip som ligger til kai gir en betydelig reduksjon i årsmiddelkonsentrasjonen der det er plassert ut passive prøvetakere (Figur 4-4). Kartene i Figur 4-5 viser at reduksjonen er betydelig for hele området rundt Bergen. Men reduksjonen er fra et nivå som allerede er langt under gjeldende grenseverdier i forskriften og luftkvalitetskriteriet ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



Figur 4-4: Årsmiddeldkonsentrasjon NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ved posisjoner i havneområdet der det er plassert ut passive prøvetakere.



a) Referansesituasjonen 2030

b) 2030 med utvidet landstrømtilbud

Figur 4-5: Beregnet NO_2 årsmiddeldkonsentrasjon for Bergen sentrum for a) Referansesituasjonen 2030 og b) Referansesituasjonen 2030 med utvidet innføring av landstrøm.

4.3.3 Forskrift om midlertidig begrensning av fartøys opphold i Bergen havn

Bystyret har tidligere vedtatt begrensninger på antall cruiseskip som kan ligge til kai samtidig, senest i juni 2022³¹, med en tilleggsgrensning på antall cruisepassasjerer. I beredskapsplanen ligger det også et tiltakskort³² for Bergen havn hvor blant annet luftkvalitetsvarsel over rødt nivå (se varslingsklasser i

³¹ <https://bergenhavn.no/bystyret-i-bergen-har-vedtatt-et-cruisetak-pa-fire-skip-og-8000-passasjerer/>

³² <https://www.bergen.kommune.no/politikere-utvalg/api/fil/bk360/4919965/2-Beredskapsplan-for-luftforurensing-Bergen-Havn>

kap. 6.3) fører til at anløpende fartøy kan bli avvist. I tillegg er det på høring en forskrift som midlertidig skal kunne begrense fartøys opphold i Bergen havn for å unngå eller begrense utslippsbidrag i perioder hvor lokal luftforurensning overskrider timegrenseverdiene i forskriften³³.

Målinger ved Klosterhaugen de siste 5 årene gir lite grunnlag for en slik forskrift i forhold til timesverdier over grenseverdien. Det er ikke målt noen timer over rødt nivå ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ = grenseverdien for timesmiddel) og kun 3 timer over orange nivå ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ = luftkvalitetskriteriet) i perioden 2017 til 2021. Årsmiddelkonsentrasjonene målt med passive prøvetakere ligger også langt under grenseverdien for årsmiddel i områdene nær havna. Beregningene, som forøvrig overestimerer målingene med monitor på Klosterhaugen og målingene med passive prøvetakere i havneområdet, gir heller ikke grunnlag for å hevde at det er fare for overskridelse av grenseverdiene.

4.4 Tiltak rundt tunnelmunninger

Tunneler bidrar generelt til økt fremkommelighet, redusert støy og luftforurensning og kan bedre trafiksikkerheten for myke trafikanter. Samtidig vil eksos- og veistøvutslipp som er generert i tunnelen slippes ut av munningene, og dermed vil konsentrasjonen akkurat her langt overstige den som normalt er langs tilsvarende trafikkerte veier i dagen. I bystyret sin behandling av årsrapporten for luftkvalitet 2021 ble byrådet bedt om å intensivere innsatsen ved tunnelmunninger nær boligområder³⁴.

Det er usikkerhet knyttet til hvordan forurensningen sprer seg fra tunnelmunninger. For enveis-tunneler vil trafikken gi en stempeleffekt som presser luften og forurensningen ut av tunnelmunningen i en jet-strøm. Denne jet-strømmen med høy konsentrasjon kan opprettholdes i inntil 80-90 meter av blant annet trafikkmengde og hastighet, før den spres passivt videre med vinden. Om vinteren kan jet-strømmen ha en viss oppdrift fordi tunnelluften er varmere enn uteluften, og om sommeren kan situasjonen være motsatt. For toveis-tunneler vil det ikke etableres en like dominant jet-strøm, og forurensningen slippes ut i begge ender av tunnelen. I Bergen har Løvestakktunnelen (toveis) ventilasjonssjakt som gir friskluft *til* tunnelen, mens Fløyfjellstunnelen (enveis) har luftetårn som leder tunnelluften *ut* av sjakten når viftene er i drift. Disse viftene er kun i drift når CO-verdiene blir for høye, og SVV opplyser at viftene kun var i drift ca. 200 timer (2% av tiden) i 2021. Ventilasjonen i Fløyfjellstunnelen bidrar dermed i svært liten grad til utslippsreduksjon ved tunnelmunningene. En målekampanje utført i Operatunnelen konkluderer med at drift av ventilasjonstårn kan ha en betydelig reduserende effekt på konsentrasjonene i tunnelens kulvert³⁵ (Hak et al., 2021).

Spredningsberegningene viser et potensiale for overskridelse av grenseverdiene for alle komponenter rundt tunnelmunningene (se f.eks. Figur 3-7, Figur 3-13 og Figur 3-15). For disse beregningene er det antatt at alt utslipp generert av trafikken inne i tunnelen slippes direkte ut ved munning(e). En studie (El-Fadel & Hashisho, 2000) konkluderer, ut fra enkle sammenhenger, med at avsetningen av NO og NO₂ i tunneler er begrenset. Det kan derimot forventes at en viss andel av svevestøvet som er generert og virvlet opp i tunnelen vil avsettes på vegger og langs veibanen inne i tunnelen, men fordi mengden avsetning er usikker, er denne ikke inkludert i beregningene. Tidsvariasjonen i utslippet fra en tunnel vil også kunne være annerledes enn fra en vei i dagen, fordi temperatur og fuktighet varierer med andre faktorer inne i tunnelen.

For kartene presentert i kap. 3.5-3.7 er det også antatt at alle beregningspunkter befinner seg i direkte horisontal siktlinje til utslippet. Dette er ikke riktig hvis beregningspunktet befinner seg høyere eller

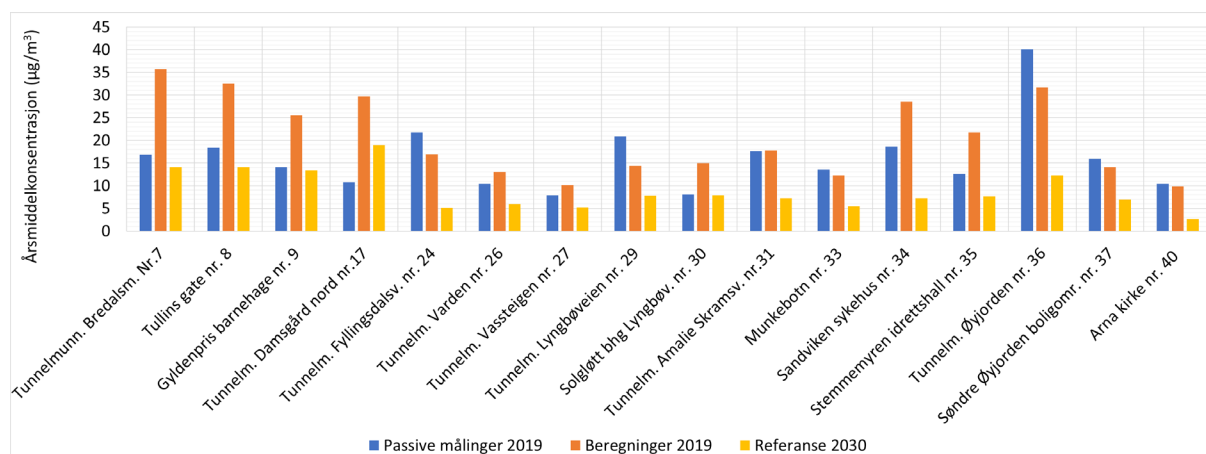
³³ <https://www.bergen.kommune.no/politikere-utvalg/api/fil/bk360/5303264/Byradets-forslag-til-forskrift-om-lokal-forskrift-om-midlertidig-begrensning-av-fartoyers-opphold-i-Bergen-indre-havn>

³⁴ <https://www.bergen.kommune.no/politikk/bystyret/bystyret-2019-2023/behandlede-saker/bymiljo/vil-intensivere-innsats-mot-luftforurensning>

³⁵ Kulverten er en ca. 80 meter lang åpen del av Operatunnelen uten «tak»

lavere enn munningen, eller hvis beregningspunktet er skjermet av bygninger, strukturer eller vegetasjon.

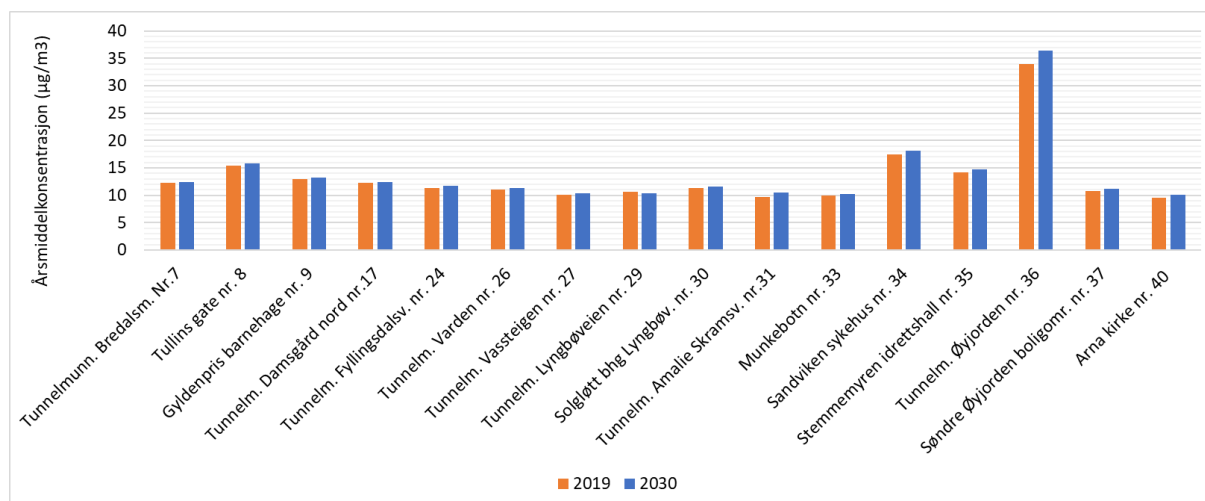
Bergen kommune har siden 2016 plassert ut en del passive målere i nærheten av noen utvalgte tunnelmunninger. Målinger i 2019 er sammenlignet med beregnet årsmiddel med gitt antagelse for tunnelmunningen. For beregningene er de passive prøvetakerne sin vertikale plassering i forhold til tunnelmunningen hensyntatt, men det er en rekke lokale forhold som skjerming bak bygninger/vegetasjon som det er vanskelig å ta høyde for. Beregningene og målingene viser akseptabelt samsvar, med unntak av de passive målerne (nr. 7, 8, 9 og 18) som i tillegg til tunnelmunningen er påvirket av utslippene fra skip i modellen.



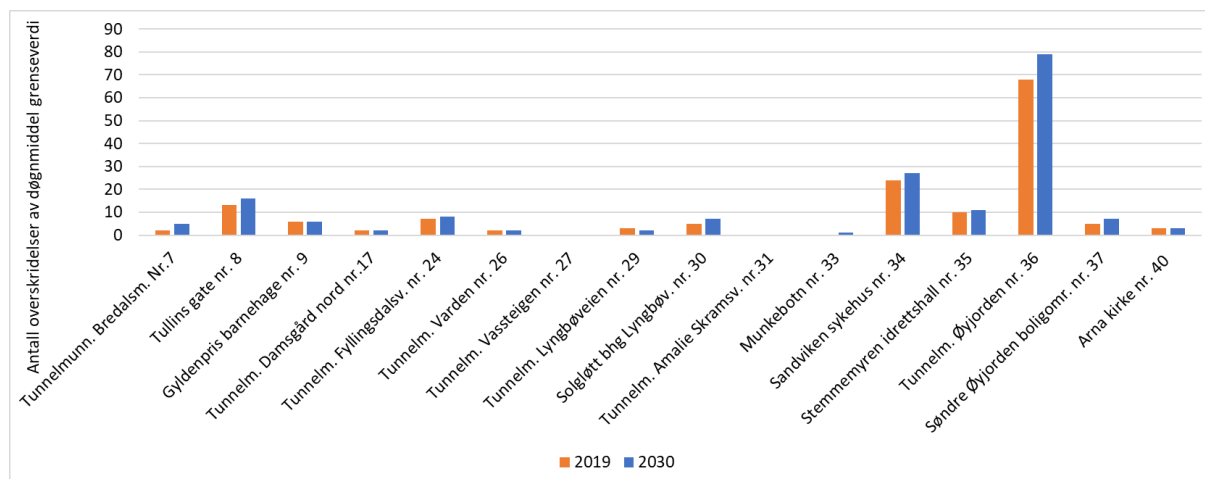
Figur 4-6: Sammenligning av årsmiddelskonsentrasjon for NO₂ fra målinger med passive prøvetakere og beregninger ved tunnelmunninger i Bergen i 2019. Figuren viser også beregningen for Referansesituasjonen 2030.

Verken beregningene eller målingene viser overskridelse av årsmiddel grenseverdi for NO₂ (40 µg/m³) der hvor de passive målerne er plassert. Målingen ved tunnelmunningen ved Øyjorden i 2019 (plassert på gangbru over midtrabatt) er nær ved å bryte grensen. Beregningen for Referansesituasjonen 2030 viser en betydelig reduksjon i årsmiddel på alle steder hvor de passive målerne er plassert. Dette skyldes reduksjonen i NO_x-utslipp fra veitrafikk ved fornyelse av bilparken. For målerne nær havneområdet (7, 8, 9 og 18) skyldes nedgangen også reduksjon i skipsutslippet ved innføring av landstrøm.

For svevestøv (Figur 4-7) er det heller ingen overskridelser av årsmiddelskonsentrasjoner med unntak av ved Øyjorden (nr. 36). I motsetningen til for NO₂ øker konsentrasjonene ved tunnelmunningene mot 2030. Antall overskridelser av døgnmiddel (Figur 4-8) ved tunnelmunningen Øyjorden er beregnet å overstige grenseverdien, og ved Sandviken sykehus (nr. 34) øker antall overskridelser til 27 i 2030 som er over grenseverdien.



Figur 4-7: Sammenligning av beregnet årsmiddelkonsentrasjon for PM₁₀ for 2019 og 2030, ved de stedene nær tunnelmunningene som det er plassert ut passive prøvetakere for NO₂. Grenseverdien er på 20 µg/m³.



Figur 4-8: Sammenligning av beregnet antall overskridelser av PM₁₀ døgnmiddel grenseverdi (50 µg/m³) for 2019 og 2030, ved de stedene nær tunnelmunningene som det er plassert ut passive prøvetakere for NO₂.

Bergen kommune utførte målinger ved søndre utløp av Eidsvågtunnelen (Øyjorden) med Palas Fidas 200 S stående på taket av Stemmemyren idrettshall mellom januar og juni 2018. Denne plasseringen er minst 5 meter høyere enn hva som er antatt som plassering av den passive prøvetakeren for NO₂. I tillegg er det noe vegetasjon i mellom hallen og tunnelmunningen som ikke kan hensyntas i beregningene. Målingene viste et halvårsmiddel på ca. 10 µg/m³ og høyeste døgnmiddel på ca. 40 µg/m³. En beregning for 2019 hvor beregningspunktet på Stemmemyren er løftet 5 meter gir et årsmiddel på 11,5 µg/m³.

Det foreligger ellers ingen målinger av svevestøv nær tunnelmunninger i Bergen som kan bekrefte om disse konsentrasjonsnivåene som er beregnet er reelle. Men ut i fra modellforutsetninger kan de antas å være på den konservative siden. Målekampanjen i Operatunnelen (Hak et al., 2021) undersøkte effekten av tunnelventilasjon på forurensningen i og rundt kulverten. Kulverten skiller seg vesentlig fra forholdene rundt regulære tunnelmunninger uten ventilasjon, men til sammenligning ble de høyeste timesverdiene for PM₁₀ nede i kulverten målt til mellom 400 og 500 µg/m³, mens de høyeste timesverdiene *beregnet* for Øyjorden er over 1100 µg/m³, over 600 µg/m³ ved Sandviken sykehus og

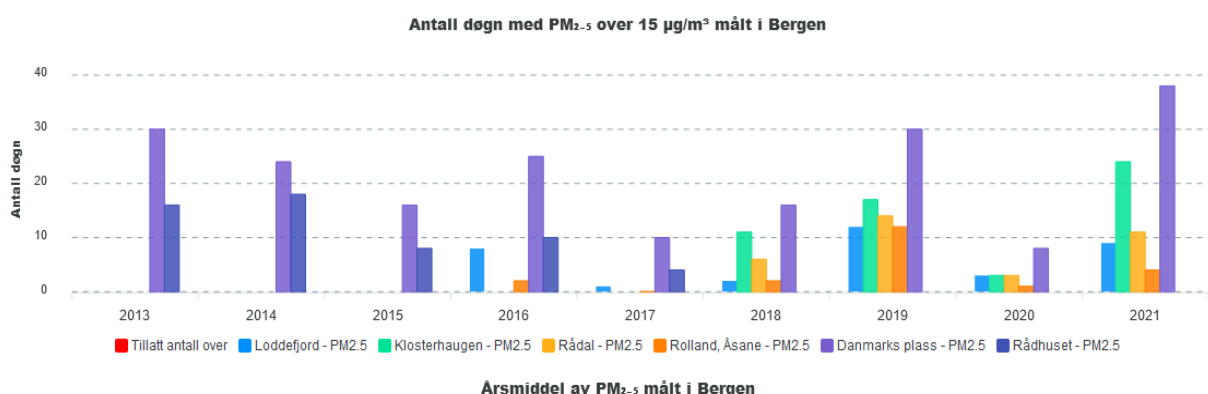
over $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ved Bredalsmunningen. Dette indikerer betydelig overestimering av PM_{10} rundt tunnelmunningene.

Det er generelt behov for å øke kunnskapsgrunnet for den faktiske svevestøvsbelastningen fra tunneler under nordiske forhold med piggedekkslitasje. Det anbefales at dette gjøres gjennom et nasjonalt / tverrkommunalt / fylkeskommunalt initiativ med relevante aktører som SVV hvor det innhentes aktivitetsdata, meteorologiske data og luftkvalitetsdata rundt munningene over lenger tid. Luftkvalitetsmålingene må i hovedsak utføres med referanseinstrumenter for å kunne gi svar på hva de faktiske nivåene er.

På tross av beregnet overskridelse av årsmiddel og døgnmiddel grenseverdi rundt tunnelmunningene er det relativt få som eksponeres for disse nivåene der de bor. I befolkningseksponeringen er boligens vertikale plassering i forhold til tunnelmunningen hensyntatt. Befolkningseksponeringen for PM_{10} beregnet i kap. 3.5.3 viser at det er ca. 10 som eksponeres for nivåer over årsmiddel og ca. 40 over grenseverdien for døgnmiddel i 2019. Uten tiltak vil dette tallet sannsynligvis øke mot 2030 som beregningene viser i Tabell 3-2.

4.5 Panteordning på vedovner / forbud mot fyring i gamle ovner

Vedfyring gir utslipp av forbrenningspartikler som er vist å ha uønskede helseeffekter³⁶. Den nye anbefalingen fra WHO er at årsmiddel for $\text{PM}_{2.5}$ ikke skal overstige $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Hoffmann et al., 2021). Dette er så lavt at mange byområder vil overskride årsmiddel kun på grunn av bidraget fra bakgrunnen, dvs. at bidraget fra langtransportert forurensning alene er så høyt at det gir overskridelser. FHI sin anbefaling er per dags dato på $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som årsmiddel og $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som døgnmiddel. Målinger viser en økning i antall døgn over luftkvalitetskriteriet de siste 5 årene.



Figur 4-9 Viser antall døgn over luftkvalitetskriteriet for $\text{PM}_{2.5}$ ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Figuren er hentet fra <https://luftkvalitet.nilu.no/overskridelse>.

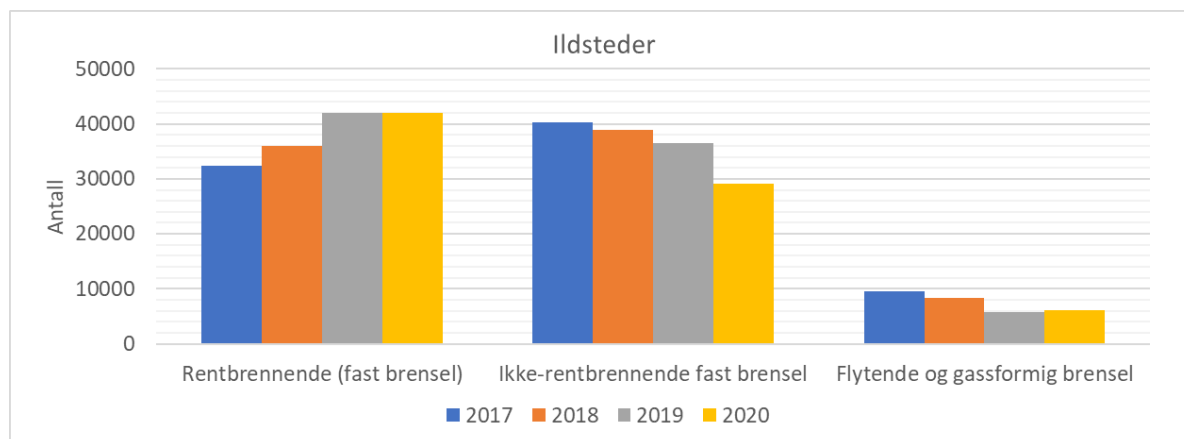
Bergen kommune etablerte en utvidet panteordning i 2017 for utskifting av gamle vedovner til nye rentbrennende. Kommunen bevilget opprinnelig 50 millioner kroner til denne ordningen, og har kommet med noen tilleggsbevilgninger de siste årene. Fra og med 1.1.2021 trådte en forskrift³⁷ i kraft som forbyr bruk av gamle ikke-rentbrennende ovner (gammel teknologi før 1998). Dette har sannsynligvis forsert utskiftingen til nye rentbrennende ovner. Tall mottatt fra Bergen brannvesen (Figur 4-10) viser at antall rentbrennende vedovner økte betydelig i perioden 2017-2019, mens antall ikke-rentbrennende ble redusert i hele perioden 2017-2020, og særlig mellom 2019 og 2020. Ut i fra

³⁶ <https://www.fhi.no/ml/miljo/luftforurensninger/vedfyring/>

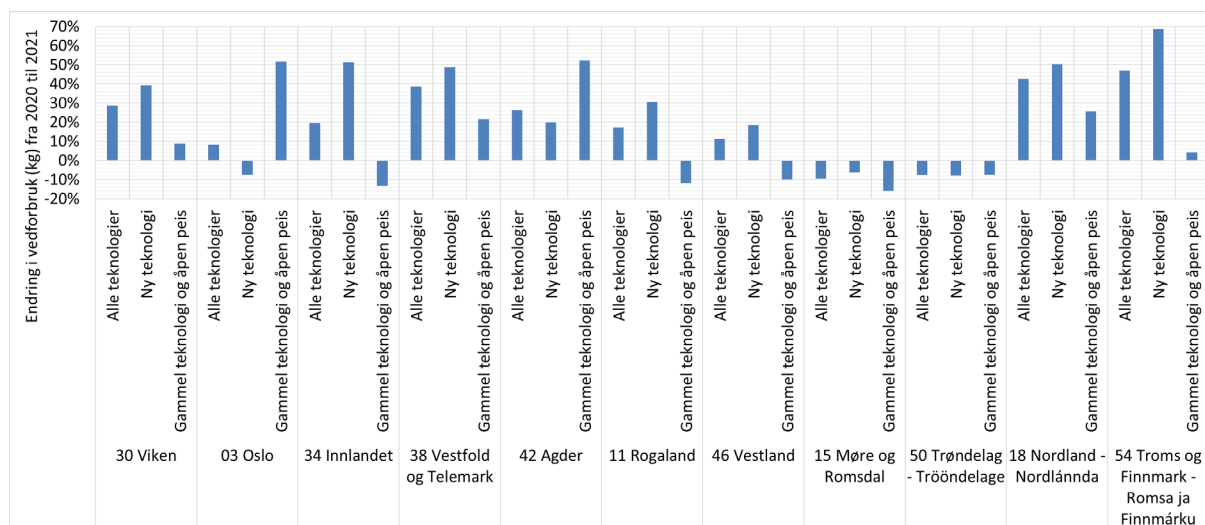
³⁷ <https://lovdata.no/dokument/LF/forskrift/2017-11-22-2473>

dette kan man anta at noen ikke-rentbrennende ovner har blitt stengt i 2020, uten at de har blitt erstattet av ny ovn, før forbudet trådte i kraft i 2021.

SSB sin statistikk over vedforbruk i boliger per fylke viser en nedgang i fyring i åpen peis og gamle ovner fra 2020 til 2021 i Vestland fylke selv om totalt vedforbruk økte med 11% (Figur 4-11). Nedgangen i forbruk i gamle ovner er større enn i de fleste andre fylker, men ikke større enn i Innlandet, Rogaland og Møre og Romsdal. Det er ikke korrigert for geografiske forskjeller i avvik fra temperaturnormaler.



Figur 4-10: Tall på antall ildsteder i Bergen kommune. Kilde: Bergen brannvesen



Figur 4-11: Prosent endring i vedforbruk (kg) mellom 2020 og 2021 per fylke. Kilde: SSB tabell 09703

4.5.1 Vedfyringens bidrag til overskridelser av grenseverdien mellom 2017 og 2021

Danmarks plass er den målestasjonen med flest overskridelser av luftkvalitetskriteriet for PM_{2,5}. Tidligere detaljerte beregninger tyder også på en relativt høy belastning fra vedfyring i Bergensdalen og forbi Danmarks plass (Wolf et al., 2018). Lokale kilder til PM_{2,5} ved Danmarks plass er typisk vedfyring, eksos, veistøv og utslipp fra skip.

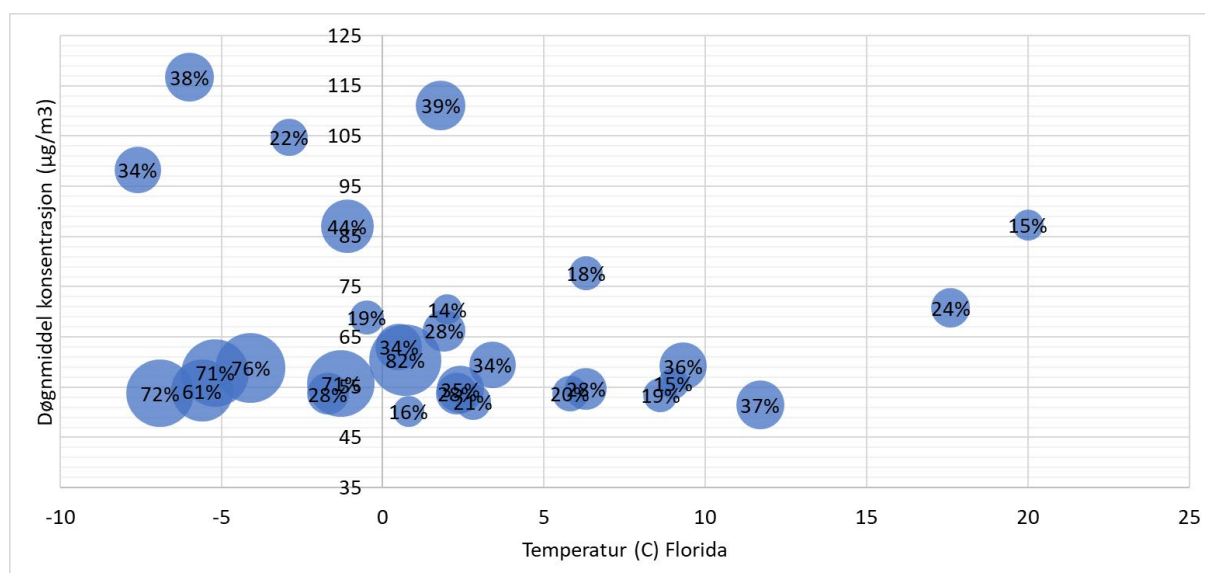
I Figur 4-12 er målte konsentrasjoner av PM₁₀ og PM_{2,5} ved Danmarks plass sammenstilt med temperatur for alle døgn hvor det er målt verdier over døgn-grenseverdien for PM₁₀ (50 µg/m³) i perioden 2017 til 2021. En høy PM_{2,5}-andel samtidig med lave temperaturer kan være en indikasjon på at vedfyring bidrar til overskridelsen. I kun 6 døgn av de totalt 30 overskridelsene i denne perioden var

bidraget fra $PM_{2,5}$ høyere enn 50%. I disse døgnene var temperaturen lav, 5 av disse døgnene var i januar 2021, 4 av døgnene fra 1. til 6. januar 2021. Middelttemperaturen i januar 2021 var nesten 4 grader lavere enn normalen.

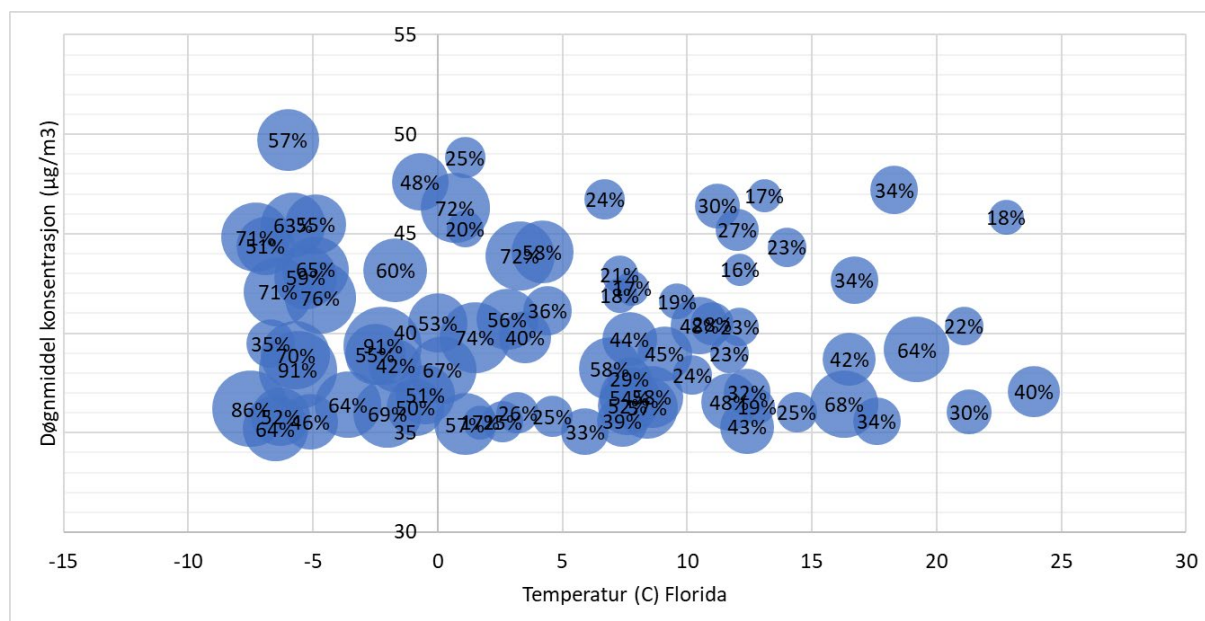
Figur 4-13 viser tilsvarende sammenstilling, men for døgn når PM_{10} -konsentrasjonen ligger mellom \emptyset VT og grenseverdien. $PM_{2,5}$ -andelen er over 50% i ca. 25% av de 81 døgnene hvor temperaturen samtidig er lavere enn pluss 1 grad. Figuren viser også at det er en tendens til økende $PM_{2,5}$ -andel med synkende temperatur.

Data for årene 2017 – 2021 viser:

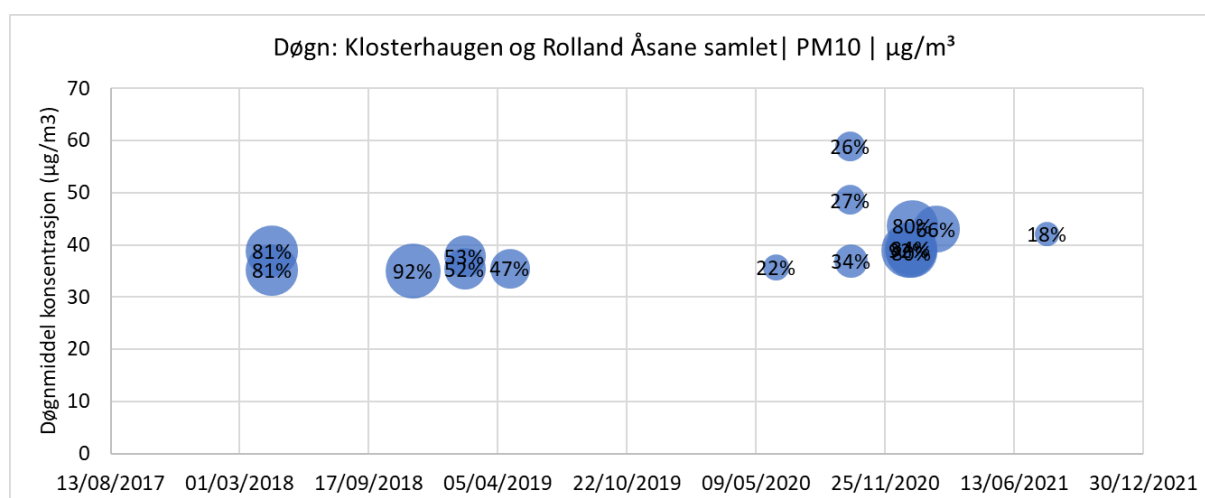
- $PM_{2,5}$ fra blant annet vedfyring bidrar i gjennomsnitt sjelden til overskridelse av døgn-grenseverdien for PM_{10} ved Danmarks plass.
- $PM_{2,5}$ kan oftere bidra til overskridelse av \emptyset VT (og luftkvalitetskriteriet) for PM_{10} .
- Kaldt vær og sannsynlig inversjon, som i januar 2021, kan gi flere overskridelser av døgnmiddel for PM_{10} med høyt innslag av $PM_{2,5}$ over en relativt kort tidsperiode.
- Særlig januar og februar 2021 hadde lengre perioder med timesverdier for $PM_{2,5}$ på «rødt nivå» (over $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ved Danmarks plass og Klosterhaugen. Dette skyldtes sannsynligvis vedfyring.



Figur 4-12: Målte døgnmiddelkonsentrasjoner av PM_{10} over $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sammenstilt med målt temperatur på Florida. Størrelsen på boblene angir målt prosentandel $PM_{2,5}$.



Figur 4-13: Målte døgnmiddelkonsentrasjoner av PM_{10} mellom $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ og $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sammenstilt med målt temperatur på Florida. Størrelsen på boblene angir målt prosentandel $PM_{2,5}$.



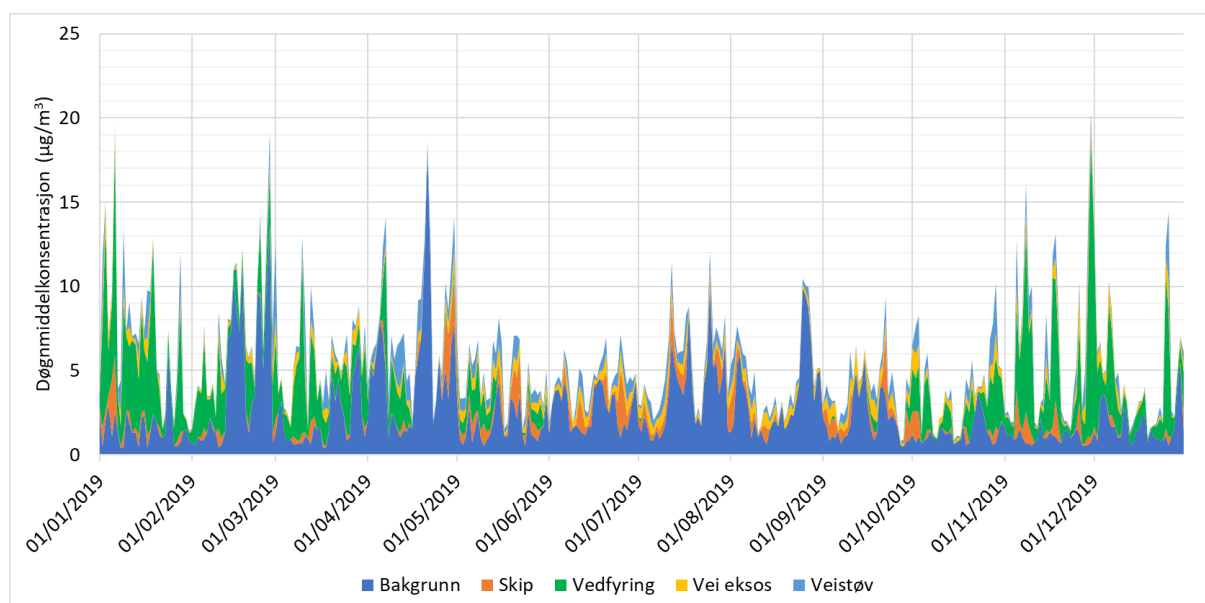
Figur 4-14: Samlet alle døgn over grenseverdien og øvre vurderingsterskel ved både Klosterhaugen og Rolland Åsane samlet.

4.5.2 Beregnet bidrag fra vedfyring i 2019

Beregnet kildeallokering (se kap. 3.5.2) viser at vedfyring bidrar til ca. 12-15% av årsmiddelkonsentrasjonen av PM_{10} . For alle døgn over luftkvalitetskriteriet for PM_{10} er samlet bidrag fra vedfyring ca. 10% ved Danmarksplass og ca. 25% ved Klosterhaugen. Beregningene bekrefter slik sett at vedfyring sjelden bidrar til de høyeste verdiene for PM_{10} .

Beregnet kildeallokering for $PM_{2,5}$ (se kap. 3.6.2) viser at vedfyring er den viktigste lokale kilden til årsmiddel $PM_{2,5}$, også ved veinære målestasjoner. Ved overskridelse av luftkvalitetskriteriet ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) er bidraget fra vedfyring som regel høyt, typisk rundt 80%. Beregnet kildebidrag per døgn viser at vedfyring i enkeltdøgn på vinteren er den største kilden til $PM_{2,5}$ -konsentrasjoner Figur 4-15.

Beregnete timesverdier for $PM_{2,5}$ viser at bidraget fra vedfyring var på 78% for «røde» timer (over $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) og 76% for «oransje» timer (over $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

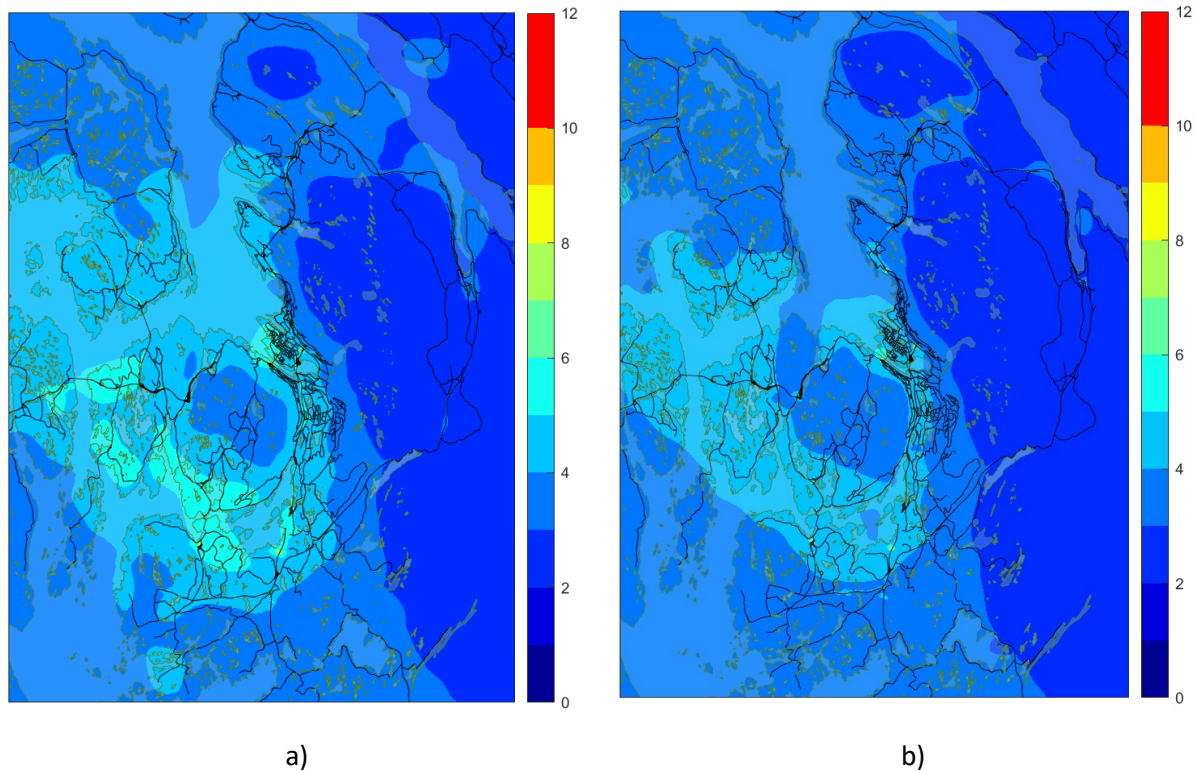


Figur 4-15: Beregnet kildebidrag fra hver kildegruppe til døgnmiddelkonsentrasjonen for $PM_{2,5}$ ved Danmarks plass. I enkelte døgn på vinteren dominerer vedfyring over andre kilder.

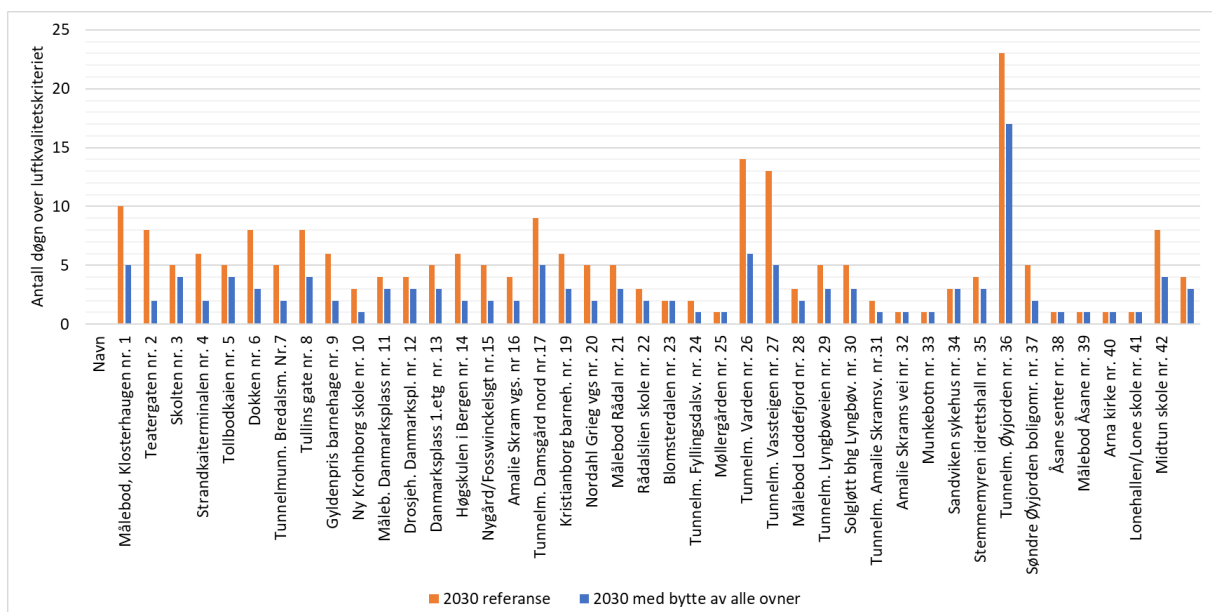
4.5.3 Effekt av innføring av forbud mot ikke-rentbrennende ovner

Målingene av luftkvalitet i 2021 kan ikke direkte brukes til å vurdere effekten av innføring av forbudet fra 1.1.2021. De høye verdiene i januar 2021 skyldes sannsynligvis primært kaldt og stillestående vær, kanskje forsterket av økt bruk av hjemmekontor i forbindelse med korona-restriksjoner.

Det er utført en beregning for Framtidig situasjon 2030 hvor alle gamle ikke-rentbrennende ovner er byttet ut med nye rent-brennende. Det er forsiktig antatt samme vedforbruk, selv om nye ovner har høyere virkningsgrad, for å ta høyde for at nye ovner brukes mer enn gamle (Lopez-Aparicio & Grythe, 2019). Beregningen (Figur 4-16) viser en generell nedgang i årsmiddel grenseverdi i hele beregningsområdet. Det er også en vesentlig reduksjon i antall overskridelser av luftkvalitetskriteriet (Figur 4-17). Ser vi på antall som er eksponert for 14 døgn over luftkvalitets-kriteriet reduseres dette fra ca. 900 for Referansesituasjonen 2030 til tilnærmet null for Framtidig situasjon med utskifting av ovner.



Figur 4-16: Beregnet årsmiddelkonsentrasjon for $PM_{2.5}$ for hele modellområdet for a) Referansesituasjonen 2030 og b) Framtidig situasjon hvor alle ikke-rentbrennende ovner er skiftet ut med rent-brennende. Grenseverdien for årsmiddelverdi er på $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (markert som overgangen til rødt) og luftkvalitetskriteriet ($8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) er markert som overgangen til gult.



Figur 4-17: Beregnet antall overskridelser av luftkvalitetskriteriet for $PM_{2.5}$ på steder hvor det er plassert ut passive prøvetakere for Referansesituasjonen 2030 og Framtidig situasjon når alle ikke-rentbrennende ovner er skiftet ut med rent-brennende.

Effekten av tiltaket kan slik sett være god gitt at ikke forbruket i de nye rent-brennende ovnene øker vesentlig. Bergen kommune v/Bergen brannvesen poengterer også at utskifting av gamle ovner resulterer i mindre sot som er et viktig brannforebyggende tiltak³⁸. Men tiltaket har liten effekt i forhold til overholdelse av forskriftens grenseverdier, som er forutsetningen for forskriften, fordi det så langt ikke er målt eller beregnet overskridelser i forhold til grenseverdiene for svevestøv.

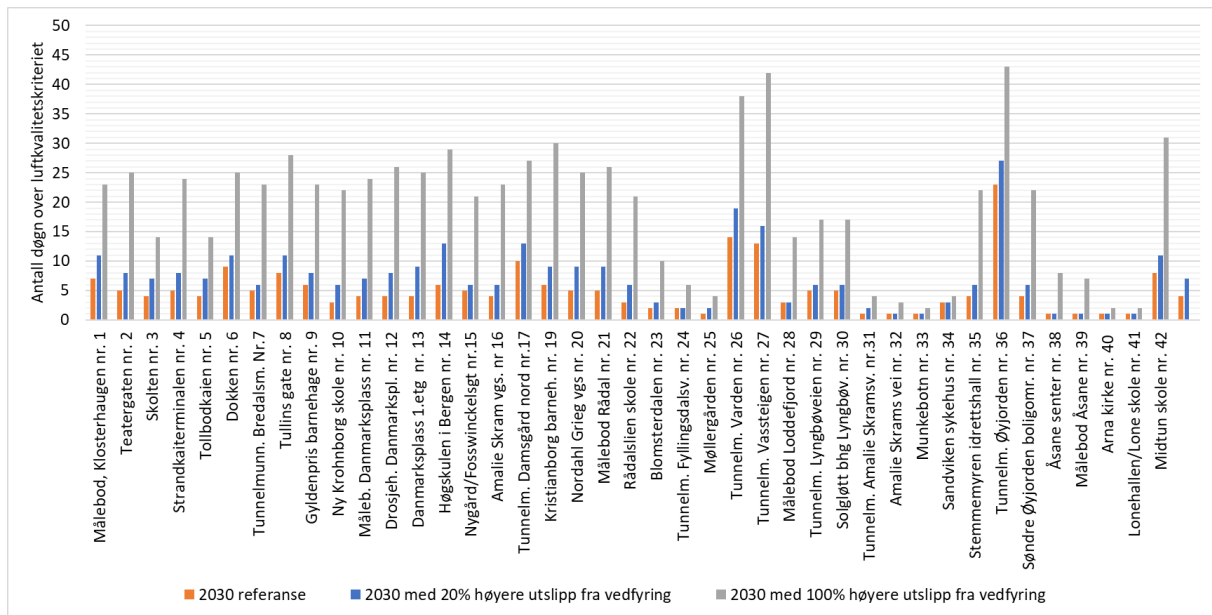
4.5.4 Beregnet effekt av økt vedforbruk

Økningen i strømpris det siste året, sammen med kalde og tørre perioder, vil kunne medføre en betydelig økning i vedforbruket og dermed utslippet fra vedovner i fyringssesongen. Mellom 2020 og 2021 økte vedforbruket³⁹ i Vestland fylkeskommune med 11%. Økningen kan skyldes kombinasjonen av en kald januar og høy strømpris mot slutten av året. Økningen i strømpris betydde kun noe for vedfyringen først i siste halvdel av 2021. Likevel har enkelte fylker en økning på 30-40% i vedforbruket mellom 2020 og 2021.

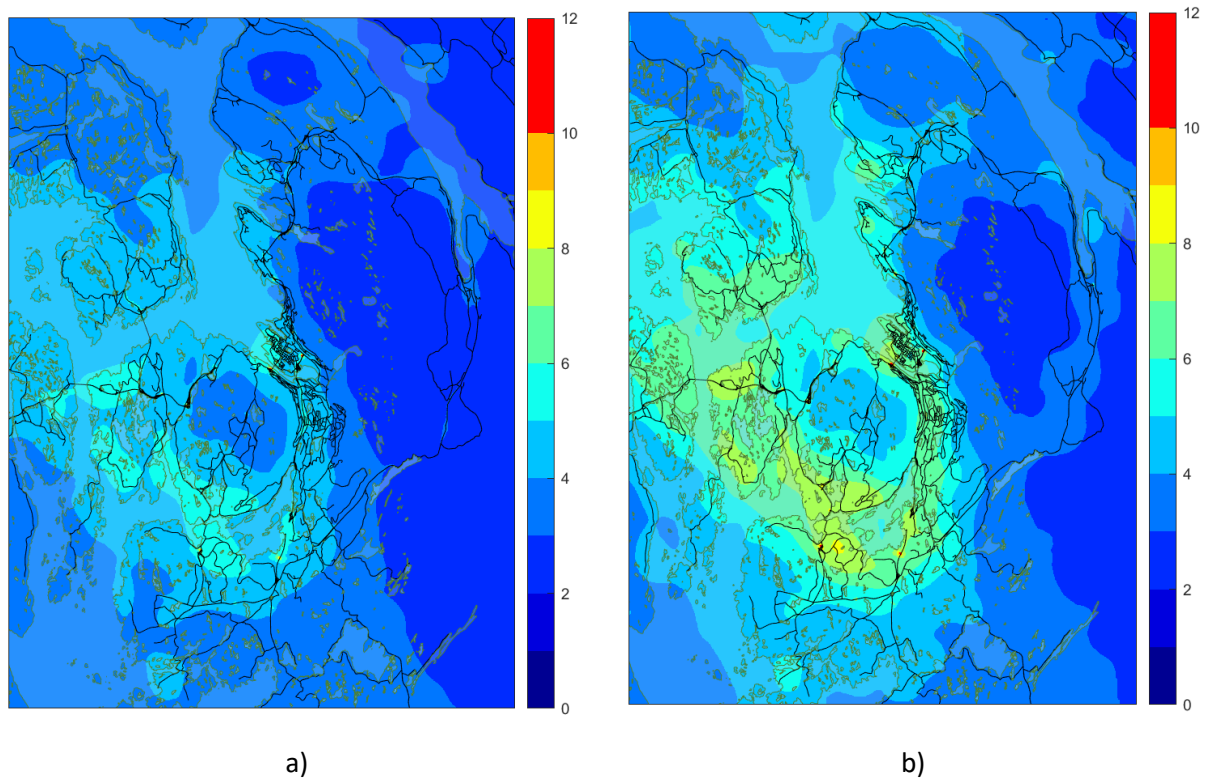
For å undersøke effekten av økt vedforbruk er det utført to følsomhetsstudier hvor vedforbruket er økt med 20% og 100% (dobling) i 2030. Resultatet for årsmiddel på stedene som har utplassert passive prøvetakere er vist i Figur 2-1. En dobling av vedforbruket gir i gjennomsnitt ca. 30% økning årsmiddel, men ingen overskridelse av luftkvalitetskriteriet for årsmiddel (8 µg/m³). Effekten på antall døgn over luftkvalitetskriteriet er vesentlig større (Figur 4-18), som øker med ca. en faktor 3 i gjennomsnitt. Dette understreker poenget at reduksjon og økning i vedfyring innenfor dagens nivå har liten innvirkning på overskridelse av grenseverdiene, men større betydning for antall døgn over helsemyndighetenes anbefaling til konsentrasjoner av svevestøv.

³⁸ <https://hoering.miljodirektoratet.no/LastNedSp%C3%B8rsm%C3%A5UttalelseVedlegg/9c3e07ef-b6a4-4d4c-84bd-ccb3ba5a9be4>

³⁹ <https://www.ssb.no/statbank/table/09703>



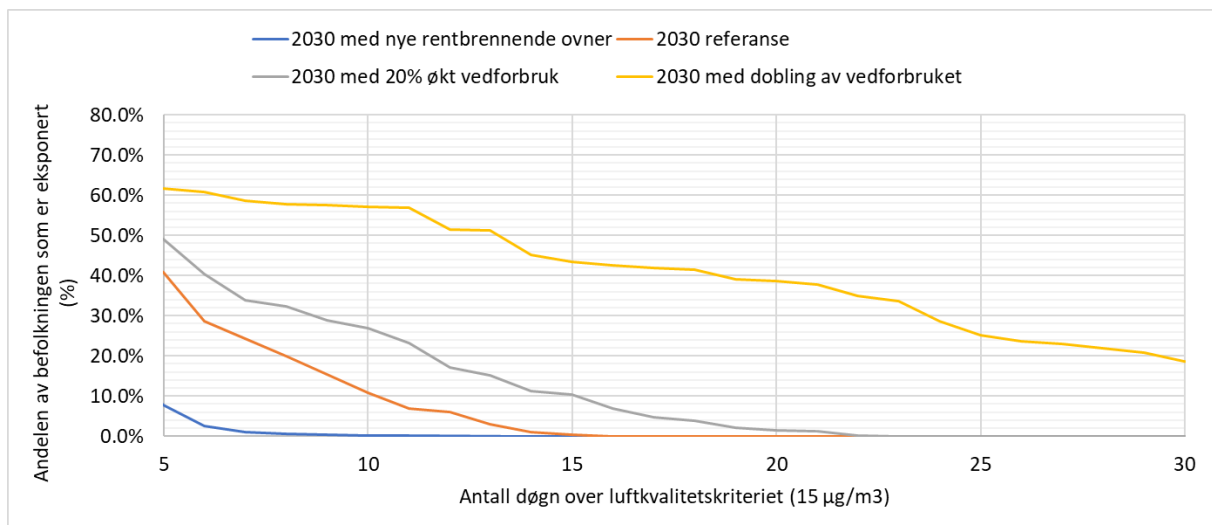
Figur 4-18: Antall døgn over luftkvalitetskriteriet for $PM_{2,5}$ der hvor det er plassert ut passive prøvetakere



Figur 4-19: Beregnet årsmiddelkonsentrasjon for $PM_{2,5}$ for hele modellområdet for a) Referansesituasjonen 2030 og b) Framtidig situasjon hvor utslippet fra vedfyring er doblet. Grenseverdien for årsmiddelverdi er på $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (markert som overgangen til rødt) og luftkvalitetskriteriet ($8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) er markert som overgangen til gult.

Ser vi på antall som er eksponert for 14 døgn over luftkvalitetskriteriet øker dette dramatisk fra ca. 900 for Referansesituasjonen 2030 til over 100 000 for Framtidig situasjon 2030 med en doubling av vedfyringsutslippet. Figur 4-20 viser prosentandelen av befolkningen som eksponeres for gitt antall (x) døgn over luftkvalitetskriteriet. Denne viser at endringer i vedfyring har en betydning for hvor mange

som utsettes for de helsebaserte anbefalingene til PM_{2,5}. Men for ingen av scenarioene er det noen som eksponeres for nivåer over grenseverdien på 10 µg/m³.



Figur 4-20: Prosentandelen av befolkningen som utsettes for x antall døgn over luftkvalitetskriteriet for PM_{2,5} ved Referansesituasjonen 2030, 2030 med bare nye rentbrennende ovner, 2030 med 20% økt vedforbruk og 2030 med dobling av vedforbruket.

4.6 Trafikale tiltak

Bypakke Bergen med nye bomstasjoner fra 2019 med tids- og miljødifferensierte takster er tatt høyde for i både 2019 og 2030-beregningen. Tids- og miljødifferensierte takster bidrar til utslippsreduksjon (eksos), samt redusert veitrafikk i de periodene av døgnet hvor fossilt drevne kjøretøy har de høyeste utslippene relativt sett. Det er fordi eksosutslipp per km i kø er vesentlig mye høyere enn utslipp i fri flyt. Miljødifferensieringen har liten effekt på svevestøv fordi elektriske kjøretøy bidrar like mye til produksjon og oppvirvling av veistøv, og kjøring med elektriske kjøretøy til dels er favorisert gjennom lave takster.

Framskrivningen til 2030 tar høyde for Bybane til Fyllingsdalen som er et stort prosjekt under Miljøløftet. Ellers tar ikke framskrivningen av trafikk til 2030 høyde for øvrige trafikale tiltak som er nedfelt i Byvekstavtalen/Miljøløftet og Grønn strategi. Å unngå vekst i biltrafikken er først og fremst et avtalefestet mål i byvekstavtalen og ikke et konkret tiltak i handlingsplanen for bedre luftkvalitet. På grunn av forutsetningene i metode og inngangsdata beregnes det en økning på ca. 9% i personbiltrafikken mellom 2019 og 2030 i det som er definert som beregningsdomenet for Bergen. Det betyr ikke at nullvekstmålet slik det er definert ikke kan oppnås. Dersom det arbeides målbevisst med insentiver og gebyrordninger kan det være mulig å holde veksten nede. Transportøkonomisk institutt (TØI) ved Steinsland et al. (2020) har utført en detaljert studie av framtidige bompenginntekter, som analyserer en rekke forskjellige scenarioer i blant annet Bergen som gir lavere trafikkvekst enn Referanse 2030.

Redusert vekst i biltrafikken vil redusere veksten i svevestøvsproduksjonen og utslippet fra den fossile delen av bilparken.

4.7 Strakstiltak ved fare for overskridelse av grenseverdier

Etter gjeldende forskrift om midlertidig trafikkregulerende tiltak for kommunal vei, riks- og fylkeveger ved akutt luftforurensning, Bergen kommune, Hordaland⁴⁰, kan det innføres midlertidig datokjøring når det foreligger fare for overskridelse av grenseverdiene i forskrift. Datokjøring ble sist benyttet i 2016, men siden da har det ikke vært nivåer av luftforurensning som har gjort forskriften gjeldende. I tillegg fattet bystyret (sak 58-16) og Hordaland fylkesting i mars 2016 et vedtak om innføring av midlertidig økte bompengetakster og gratis kollektivtilbud når det foreligger fare for overskridelse. Dette tiltaket har aldri blitt iverksatt.

I perioden 2017 til 2021 har det vært målt kun 2 timer over grenseverdien for NO₂. Utover dette er perioder med dårlig luftkvalitet primært knyttet til PM₁₀ og PM_{2,5} (se kap. 2.3), som peker i retning av veistøv og vedfyring som de viktigste kildene.

I perioder hvor rødt nivå, eller fare for rødt nivå skyldes PM_{2,5} vil datokjøring ha svært begrenset effekt fordi den viktigste kilden er vedfyring og ikke partikkelutslipp fra eksos. I slike perioder vil det kunne ha en effekt å oppfordre befolkningen til å begrense fyringen til det nødvendige og informere om riktig fyring (god trekk, tørr ved, tenne opp fra toppen, osv.) for å begrense utslippene.

I perioder hvor rødt nivå, eller fare for rødt nivå er knyttet til PM₁₀, vil datokjøring i verste fall kunne virke mot sin hensikt. Dette er fordi færre biler på veien kan medføre økt gjennomsnittshastighet, særlig i rushtiden, og oppvirvlingen av svevestøvet som allerede er produsert øker med hastigheten⁴¹. Viktigere tiltak ved rødt nivå for PM₁₀ er å intensivere renholdet, hvis mulig, eller utføre støvdempende tiltak for å forhindre ytterligere oppvirvling av veistøv.

Skulle det oppstå perioder igjen hvor NO₂-nivåene er høye vil datokjøring kunne ha en effekt, men sannsynligheten for at dette vil inntreffe er liten og reduseres for hvert år bilparken fornyes med flere elektriske kjøretøy og nyere Euroklasser.

4.8 Oppsummering av tiltak med anbefaling

Videreføring av piggdekkgebyr anbefales på bakgrunn av den store produksjonen av svevestøv som skyldes piggdekk og etter prinsippet om at forurenser skal betale. Piggfriandelen i Bergen ble i 2019 telt til 88%. En økning i piggfriandelen fra 88% til 90% vil teoretisk *redusere* produksjonen av svevestøv med litt over 15%. Det er vesentlig at piggfriandelen fortsatt dokumenteres gjennom tellinger.

Videreføring av gaterengjøring og rengjøring av tunneler etter dagens regime anbefales. Erfaringer fra Bergen og andre byer (Reitan et al., 2018) viser at effekten av renhold er betydelig for å redusere svevestøvnivåene og særlig antall døgn over grenseverdien. Det bør være fortsatt fokus på forebyggende renhold i de periodene det er mulig, og mulighet til å sette inn strakstiltak, som støvbinding, når forurensningsnivåene tilsier det. God samordning mellom anleggseiere (SVV, VF, BK) vil gjøre tiltakene mer effektive.

Bergen kommune i samarbeid med anleggseiere har gjort et godt arbeid med kartlegging av forurensningssituasjonen gjennom de 5 regulære målestasjonene (timesverdier for PM₁₀, PM_{2,5} og NO₂) og ved passive prøvetakere (månedsverdier for NO₂). I tillegg til generell kartlegging og dokumentasjon er de regulære målestasjonene viktige som beslutningsstøtte ved strakstiltak mot høy luftforurensning. Det anbefales at måleprogrammet opprettholdes med samme antall stasjoner.

Modellberegninger viser et potensiale for overskridelse av grenseverdier rundt tunnelmunningene, selv om det er få boliger som på grunn av sin beliggenhet eksponeres for disse nivåene. Passive

⁴⁰ <https://lovdata.no/dokument/LF/forskrift/2012-01-30-103>

⁴¹ Et eksempel på dette var ved Solheim målestasjon i Lørenskog under nedstengningen i mars 2020 hvor trafikkmengden ble redusert med 35%, men luftkvalitetsmålingene viste rødt nivå på målestasjonen.

prøvetakere plassert i nærheten av tunnelmunningene viser ingen overskridelse av grenseverdiene for NO₂. For svevestøv foreligger det ingen målinger nær tunnelmunninger i Bergen og det er generelt et behov for å øke kunnskapsgrunnlaget for den faktiske svevestøvbeklastningen her. Dette bør gjøres gjennom et nasjonalt/tverrkommunalt prosjektinitiativ.

Landstrøm til skip i havn er et viktig bidrag til å redusere den største utslippskilden til NO_x og en stor kilde til klimagasser i Bergensområdet. Per i dag har Bergen Havn 21 tilkoblingspunkter for landstrøm. Det vil være krav til landstrøm for cruiseskip fra 2026 og det er planlagt et tilsvarende krav for offshore supplyskip. Utvidet innføring av landstrøm gir etter beregningene en betydelig reduksjon i høye timesverdier og en reduksjon av årsmiddelkonsentrasjonene med inntil 50%, fra en situasjon uten bruk av landstrøm. Men verken beregningene for 2019 eller målingene i perioden 2017-2021 indikerer overskridelse av grenseverdier med gjeldende bruk av landstrøm. Målinger ved Klosterhaugen og med passive prøvetakere de siste 5 år, samt beregninger for 2019 viser at det sannsynligvis er lite grunnlag i årene framover for en forskrift som begrenser opphold av skipsfartøy for å hindre overskridelse av grenseverdiene.

Bergen kommune etablerte en utvidet panteordning i 2017 for utskifting av gamle vedovner til nye rentbrennende. Fra og med 1.1.2021 trådte en forskrift⁴² i kraft som forbyr bruk av gamle ikke-rentbrennende ovner. Dette har sannsynligvis forsert utskiftingen til nye rentbrennende ovner. Effekten av tiltaket kan være god gitt at ikke vedforbruket i de nye rent-brennende ovnene øker vesentlig. En studie (Lopez-Aparicio & Grythe, 2019) antyder at utskifting til nye rent-brennende ovner har gitt økt vedforbruk i enkelte kommuner. Vedfyring bidrar ikke til overskridelse av grenseverdiene for PM₁₀ og PM_{2,5} og sjelden til nivåer over døgn-grenseverdien for PM₁₀. Etter beregningene medfører en utskifting av alle eldre ovner med nye rentbrennende at det blir færre døgn over luftkvalitetskriteriet. Økningen i strømpris som vi har sett det siste året, sammen med kalde perioder, vil kunne medføre en betydelig økning i vedforbruket. Panteordningen og forskriften kan dermed få økt aktualitet, selv om dagens forhold tilsier at grunnlaget for forskriften ikke er tilstede.

Trafikkberegningen viser en økning i personbiltrafikken med ca. 9% mellom 2019 og 2030 og en økning i transport med tunge kjøretøy på ca. 34%. Referansesituasjonen 2030 blir slik sett et mål på situasjonen gitt at ytterligere trafikale tiltak i Byvekstavtalen/Miljøløftet og Grønn strategi *ikke* gjennomføres⁴³. Selv om antall eksponerte for nivåer over grenseverdien er forventet å være lavt, understreker økningen i nivået av PM₁₀ i Referansesituasjonen 2030 med tilhørende antall eksponerte behovet for tiltak som forhindrer trafikkvekst.

Bergen kommune har en forskrift om midlertidig trafikkregulering ved akutt luftforurensning som gir hjemmel for «datokjøring» ved verdier som overskrider grenseverdiene i forskrift og et bystyrevedtak som gir adgang til «beredskapstakster» i bomringen. Siden 2016 har det ikke vært nivåer av luftforurensning som har gjort forskriften gjeldende. Datokjøring som tiltak mot svevestøv er forventet å være lite egnet fordi svevestøv er et resultat av støvproduksjon gjennom hele sesongen og oppvirvlingen er sterkt avhengig av hastigheten på kjøretøyene. Ved datokjøring vil hastigheten i rushtid øke, fordi det blir færre biler på veien og mindre kø.

⁴² <https://lovdata.no/dokument/LF/forskrift/2017-11-22-2473>

⁴³ Innføring av fossilfri personbil-, kollektiv- og godstrafikk er tatt høyde for etter et konservativt estimat. Se Vedlegg A3.

5 Anbefalt handlingsplan

Tiltakene i eksisterende handlingsplan (Høiskar et al., 2017) er gjennomgått og evaluert i prosjektgruppa. Forslag til revidert handlingsplan er organisert i to deler, hvor del A omfatter tiltak som omfatter piggdekk, rengjøring, kartlegging/varsling, forhold rundt tunnelmunninger, vedfyring og skipsutslipp. Del B er tiltak knyttet til veitrafikk og mobilitet som allerede er forankret i nullvekstvtalen og Grønn strategi for Bergen kommune. Tiltakene i del A er presentert med ansvar, status, kostnad og anbefaling. I tillegg er det gitt en vurdering av forventet effekt av tiltaket.

Handlingsplanen del B (Tabell S 3) omfatter tiltak som er forankret i Byvekstvtalen herunder prosjekter under Miljøløftet som er gjennomføringsorgan til Byvekstvtalen, samt tiltak relatert til transport og mobilitet i Grønn strategi.

Tabell 5-1: Anbefalt handlingsplan for lokal luftkvalitet i Bergen kommune, del A. BK: Bergen kommune, VF: Vestland fylkeskommune, SVV: Statens vegvesen, BH: Bergen Havn

Tiltak	Forventet effekt	Ansvar	Status	Anbefaling / kostnad
1. Videreføring av piggdekkgebyr	Stor effekt på PM ₁₀	BK VF (telling)	Innført.	Det anbefales å opprettholde gebyret og arbeide for å øke piggfriandelen ytterligere. Inntektene fra piggdekkgebyret beløp seg til 13,7 mill. kroner i 2021. Piggdekkteilingene bør fortsette.
2. Gaterengjøring og rengjøring av tunneler. Støvbinding. Krav til luftkvalitet i bygge- og anleggsfasen.	Stor effekt på PM ₁₀ , reduserer antall døgn med høye verdier	SVV / VK / BK for respektive veianlegg	SVV og VF utfører forebyggende renhold og om nødvendig støvdemping på prioritert veinett. BK utfører årlig renhold på hele veinettet, 8 ganger i året på gang og sykkelveier, samt hyppigere renhold på veier i sentrum.	Det anbefales å opprettholde gaterengjøring og støvbinding på dagens nivå. I.h.t. regnskapet brukte BK 24,6 mill. NOK på gaterengjøring i fjor og årets budsjett er på 25,3 mill. NOK. Det anbefales å stille krav i bestemmelsene til Kommuneplanens arealdel til at retningslinjen T-1520 tilfredsstilles ved bygg- og anleggsvirksomhet.
3. Måling, kartlegging, varsling og informasjon	Beslutningsstøtte for strakstiltak mot svevestøv	BK er utfører, men deler ansvar / kostnad med VK og SVV	Miljørettet helsevern måler og overvåker, utarbeider årsrapport og månedlig informasjon om resultater av målingene. Infoavdelingen informerer også ved forurensningsepisoder og ved varslet høy luftforurensning.	Det anbefales å opprettholde dagens stasjoner. Kostnadene ved måleprogrammet er nå på 2,5 mill. som deles likt mellom BK, VF og SVV
4. Målinger i og rundt tunellene i Bergen sentrum.	Bidrar til kartlegging og å øke kunnskapsgrunnlaget	SVV, VK BK	BK startet målinger av NO ₂ med passive målere rundt tunnelmunninger i 2016. Per i dag er det 59 slike målere ute. Det ble utført én målekampanje for svevestøv ved Øyjorden tunnelmunning i første halvdel av 2018.	Det anbefales å opprettholde målingene med passive prøvetakere og å øke kunnskapsgrunnlaget for svevestøv ved tunnelmunninger ved et større måleprogram som bør gjennomføres med SVV gjennom et tverrkommunalt/nasjonalt samarbeid. Kostnaden for målinger med 59 passive prøvetakere er i dag ca. 420 000 kroner i året.
5. Landstrøm til skip i havn	Middels til stedvis stor effekt på NO ₂	BH	Bergen Havn har per i dag 21 ladepunkt/tilkoblingsmuligheter for landstrøm i Bergen.	Det anbefales å øke investeringen i landstrøm for å redusere den største kilden til NO _x -utslipp i Bergen. Så langt er det investert for 230 millioner kroner i tillegg til støtte fra Enova på over 60 millioner kroner.
6. Tilskudd til utskifting av gamle vedovner og forbud fra 2021. Informasjonskampanjer ved episoder med høye PM _{2,5} -konsentrasjoner på vinteren.	Middels effekt på PM _{2,5} , relativt liten effekt på PM ₁₀ .	BK	Forskrift trådte i kraft 1.1.2021, gjelder inntil videre. Utvidet panteordningen ble etablert i 2017 og er fortsatt gjeldende.	50 mill. NOK som totalramme til panteordning, pluss tilsynskostnader. Fikk ytterligere 1,5 mill. NOK til fondet i inneværende budsjett. Ca. 4 mill. tilgjengelig totalt i år. Tiltaket kan anbefales for å redusere antall overskridelser av luftkvalitetskriteriet, men betinger at vedforbruket ikke øker vesentlig. I perioder med høye PM _{2,5} -konsentrasjoner anbefales det å intensivere informasjonsarbeidet om riktig og måteholden vedfyring.

Tabell 5-2: Handlingsplan del B. Tiltak relatert til veitrafikk og mobilitet nedfelt i Byvekstavtalen og Grønn strategi. BK: Bergen kommune, VF: Vestland fylkeskommune, SVV: Statens vegvesen, **BV**: Partene i Byvekstavtalen (kommunene Bergen, Askøy, Øygarden, Alver, Bjørnarfjorden, Vestland fylkeskommune og Staten)

Tiltak	Ansvar	Mål og tiltak	Generelt om effekt på luftkvalitet
7. Følge opp forpliktelsene i byvekstavtalen om nullvekst i personbiltrafikken	BV	Bypakke Bergen: Bomstasjoner med tids- og miljødifferensierte avgifter Prosjekter under Miljøløftet.	Trafikkbegrensende tiltak og miljødifferensiering reduserer utslipp av eksos (NO _x , PM _{2,5}) og svevestøv (PM ₁₀ , PM _{2,5}). Sterk miljødifferensiering som øker trafikken med elektriske kjøretøy på bekostning av nullvekstmålet kan øke utslipp og konsentrasjoner av svevestøv
8. Følge opp forpliktelsene i Grønn strategi (Klima- og energihandlingsplan for Bergen)	BK	Relevante mål i Grønn strategi relatert til transport og mobilitet: Redusere personbiltrafikken med 20 prosent innen 2030 sammenlignet med 2013 Øke antall passasjerer per kjøretøy i rushtid Fremme fossilfri biltrafikk og kollektivtrafikk	
9. Utbygging av innfartsparkering	VF	«Strategisk styringsdokument for innfartsparkering 2022-2029» er etablert innenfor rammene av byvekstavtalen. Etablering av innfartsparkeringsplasser er slik sett et virkemiddel i målsetningen om nullvekst i personbiltrafikken.	

6 Plan for episoder med høy luftforurensning

6.1 Innledning fra Bergen kommune

Kommunen som forurensningsmyndighet og anleggseiere som ansvarlig forurensere har et felles ansvar for å gjennomføre tiltak.

Langsiktige tiltak er det viktigste, og helt nødvendig, for å bevare den gode luften i Bergen. Det kan imidlertid også være behov for ekstra tiltak, herunder informasjon til befolkningen og trafikkregulerende tiltak, i perioder med kortvarig høy luftforurensning.

I følge Miljødirektoratets veileder for tiltaksutredninger for lokal luftkvalitet (M-252) vil det kun være nødvendig å utarbeide en plan for å håndtere episoder med høy luftforurensning når framskrivningen fra del 1 kartleggingen viser at kommunen vil overskride grenseverdier/målsetningsverdier i fremtiden. Legger man til grunn Miljødirektoratets definisjon av episoder med høy luftforurensning og beregningene utført i tiltaksutredningen del 1 vil det mest sannsynlig ikke forekomme episoder med høy luftforurensning (som overskrider grenseverdiene) i Bergen fram mot 2030.

Fra M-252, s 24 hitsettes: «For at værforholdene fører til høy luftforurensning og kan bli karakterisert som en episode med høy luftforurensning må egenskapene i tabell 2 nedenfor være oppfylt».

Tabell 2. Episoder med høy luftforurensning karakteriseres av høye nivåer over større områder, med negative helseeffekter for et stort antall personer over lengre tid.

Egenskaper	Beskrivelse
Større geografisk utbredelse	Større områder
Negative helseeffekter	Mer enn 20 000 eksponerte
Lengre varighet	To dager eller mer

Bergen kommune utformet en detaljert beredskapsplan i forbindelse med den langvarige inversjonsperioden i 2010. Beredskapsplanen er blitt videreutviklet og testet i praksis i flere sammenhenger siden den gang. Kommunen er i prosess med å revidere overordnet operativ beredskapsplan for Bergen kommune, der vil aksjonskortet for luftkvalitet også revideres. Dette arbeidet anses å være ferdig innen utgangen av september. Arbeidet med denne vil også bli sett i sammenheng med ny godkjent tiltaksutredning. I påvente av at nevnte revisjon skal ferdigstilles, videreføres gjeldende tiltaksmatrise for episoder med høy luftforurensning uendret, se Tabell 6-2 nedenfor. Gjeldende tiltaksmatrise ble sist oppdatert i 2019.

6.2 Formål

Formålet med denne planen er å beskrive og igangsette prosessen for å innføre akutte tiltak mot luftforurensning i Bergen i perioder med høy luftforurensning. Akutttiltakene skal bidra til at grenseverdiene gitt i forurensningsforskriftens kapittel 7 om lokal luftkvalitet overholdes, og at forurensningsnivået utgjør en så lav helserisiko for befolkningen som mulig.

Grenseverdien for døgnmiddel av PM₁₀ kan i prinsippet brytes inntil 25 døgn per år, men målet er å sikre forutsigbar forvaltning av bylufta ved å unngå lengre perioder med for dårlig luft.

Høy luftforurensning defineres som nivåer over kriteriene for varslingsklassen «høyt» (se Tabell 6-1). Planen gjelder for situasjoner med høy luftforurensning med varslet varighet to dager eller mer.

6.3 Varlingsklasser

Varlingsklassene gir informasjon om forurensningssituasjonen og hvilke helsevirkninger nåværende og varslet forurensningsnivå har. I tillegg er det etablert helse råd knyttet til de ulike varlingsklassene. Hver varlingsklasse har en farge som viser hvor forurenset luften er. Lite forurensning vises som grønn, moderat som oransje, høy som rød og svært høyt forurensningsnivå som lilla. Varlingsklassene er vist i Tabell 6-1.

Forurensningsklassene er fastsatt av Statens Vegvesen, Vegdirektoratet, Helsedirektoratet, Folkehelseinstituttet og Miljødirektoratet. Det er den avdelingen i Bergen kommune som ivaretar forurensningsmyndigheten som også har ansvaret for beredskapsarbeidet ved perioder med høy luftforurensning.

*Tabell 6-1: Varlingsklasser for lokal luftforurensning. * Forurensningsklassen for svevestøv (PM₁₀ og PM_{2,5}) er i utgangspunktet gitt for døgnmiddel (gjennomsnittlig konsentrasjon i løpet av et døgn). Tilsvarende forurensningsklasse for timemiddel (gjennomsnittlig konsentrasjon i løpet av en time) er en matematisk omregning basert på statistikk. Når timemiddelet for svevestøv kommer i forurensningsklassen gul er det mest sannsynlig at døgnet også blir gult. Forurensningsklassene for svevestøv ble revidert i desember 2018.*

Klasser	Nivå	Helse- risiko	PM ₁₀ Time* (µg/m ³)	PM _{2,5} Time* (µg/m ³)	PM ₁₀ Døgn (µg/m ³)	PM _{2,5} Døgn (µg/m ³)	NO ₂ Time (µg/m ³)	SO ₂ Time (µg/m ³)	O ₃ Time (µg/m ³)
	Lite	Liten	<60	<30	<30	<15	<100	<100	<100
	Moderat	Moderat	60-120	30-50	30-50	15-25	100-200	100-350	100-180
	Høyt	Betydelig	120-400	50-150	50-150	25-75	200-400	350-500	180-240
	Svært høyt	Alvorlig	>400	>150	>150	>75	>400	>500	>240

6.4 Tiltaksmatrise

Det er utarbeidet en tiltaksmatrise med faser der utløsende faktor er femdagersvarsel fra Meteorologisk institutt. Ved varsel om dårlig luftkvalitet sendes varsel til Statens vegvesen og Bergen Havn til vurdering av tiltak (fase 1) eller med krav om tiltak (fase 2-4). Ved sannsynlig varighet i to dager eller mer vurderes datokjøring eller innføring av midlertidig økte bompenger og gratis kollektivtilbud.

Det kan være stor usikkerhet knyttet til værvarsel. Ofte består varselet fra Meteorologisk institutt av en kombinasjon, der det f.eks. varsles lite eller moderat forurenset luft, men i sterkt trafikkerte områder kan forurensningen være høyere. I slike tilfeller skal hensyn til helse prioriteres og varselet skal håndteres som et varsel om værforhold som gir høy luftforurensning.

Tabell 6-2: Tiltaksmatrise: Faser for å håndtere episoder med høy luftforurensning

Fase	Utløsende faktor	Handling	Hovedansvarlig
0 Pågår kontinuerlig.	Langtidsvarsel om værforhold	Meteorologisk institutt sender daglig ut varsel til kommunen for fem dager fremover om værforhold kan føre til dårlig luftkvalitet.	Meteorologisk institutt.
1	Varsel om værforhold som kan føre til moderat forurenset luft.	Varsel sendes Bergen havn og Statens vegvesen til informasjon og vurdering av tiltak. Varsel sendes intern beredskapsgruppe. Publikum varsles om helseeffekter.	Etat Samfunnsikkerhetens hus (SSH) Seksjon informasjon
2	Varsel om værforhold som kan føre til høy luftforurensning	Varsel sendes Bergen havn og Statens vegvesen med krav om tiltak før episoder med høy luftforurensning inntreffer. Innhenter informasjon om gjennomførte tiltak.	SSH
3	Varsel om værforhold som kan føre til høy luftforurensning med varighet i to dager eller mer.	Varsel sendes Bergen havn og Statens vegvesen med krav om tiltak før episoder med høy luftforurensning inntreffer. Innhenter informasjon om gjennomførte tiltak. Vurdere innkalling av intern beredskapsgruppe eller beredskapsråd for koordinering av tiltak. Datokjøring eller innføring av midlertidig økte bompenger og gratis kollektivtilbud vurderes fortløpende, spesielt under varsel om lengre inversjonsperioder. Løpende informasjon til media og publikum om helseeffekter og innføring av tiltak gjennom kommunes informasjonskanaler. Koordinere informasjon med BOH og Statens vegvesen.	SSH Vakthavende byråd og kommunaldirektør. Byrådet kan vedta datokjøring, kunngjøres av Bergen kommune og Statens vegkontor. Byrådet og Fylkeskommunen kan vedta og kunngjøre beredskaps-takst*. Seksjon informasjon
4	Varsel om svært høy luftforurensning	Varsel om at alle tilgjengelige virkemidler skal iverksettes.	Byrådet
5	Liten fare for forurenset luft.	Tiltak oppheves. Effekten av tiltakene evalueres**.	Byrådet

*Byrådets vedtak gjøres etter forskrift om midlertidig økte bompenger i Bergen, fastsatt av Samferdselsdepartementet 16.12. 2016 med hjemmel i veglovens § 27 andre ledd. Beredskapstakst etter vegloven § 27, andre ledd kan benyttes ved varsel om høy luftforurensning, definert som overskridelse av grenseverdiene for NO₂ og PM₁₀. Det legges til grunn en 5-dobbel bompenger og gratis kollektivtilbud vurderes fortløpende, spesielt under varsel om lengre inversjonsperioder.

**Ved innføring av beredskapstakster, vil noen grunnleggende rapporteringsrutiner bli formalisert. Dette vil gjelde følgende indikatorer: Forurensningsnivå, utvikling/endringer (Bergen kommune), Trafikktall bompenger, utvikling/endringer (SVV), Hendelser på vegnettet (SVV), Kollektivstatistikk, inntekter/kapasitet, hendelser (Vestland fylkeskommune v/Skys).

7 Referanser

- Denby, B. R., & Sundvor, I. (2012). *NORTRIP model development and documentation: Non-exhaust Road TRaffic Induced Particle emission modelling* (NILU OR 23/2012). NILU. <https://hdl.handle.net/11250/2717707>
- Denby, B. R., Sundvor, I., Johansson, C., Pirjola, L., Ketzel, M., Norman, M., Kupiainen, K., Gustafsson, M., Blomqvist, G., & Omstedt, G. (2013). A coupled road dust and surface moisture model to predict non-exhaust road traffic induced particle emissions (NORTRIP). Part 1: Road dust loading and suspension modelling. *Atmospheric Environment*, 77, 283–300. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2013.04.069>
- El-Fadel, M., & Hashisho, Z. (2000). Vehicular emissions and air quality assessment in roadway tunnels: The Salim Slam tunnel. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 5(5), 355–372. [https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(00\)00004-3](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(00)00004-3)
- European Commission. (2008). *Directive 2008/50/EC of the European parliament and of the council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe.: Bd. 2008/50/EC*. <http://data.europa.eu/eli/dir/2008/50/oj>
- European Environment Agency. (2020). *Air quality in Europe: 2020 report*. (Nr. 09/2020). <https://data.europa.eu/doi/10.2800/786656>
- Folkehelseinstituttet. (2022). *Håndbok for uteluft—Luftkvalitetskriterier*. <https://www.fhi.no/nettpub/luftkvalitet/>
- Grythe, H., Lopez-Aparicio, S., Høyem, H., & Weydahl, T. (2022). Heterogeneity of On-Road Traffic Emissions in Norway: A Model for Transition. *Preprints 2022*, 2022060340. <https://doi.org/10.20944/preprints202206.0340.v1>
- Hagman, R., Gjerstad, K. I., & Amundsen, A. H. (2011). *NO2-utslipp fra kjøretøyparken i norske storbyer* (Nr. 1168/2011). TØI. <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=22618>
- Hak, C., Antonsen, Ø., Wessel, M., Vogt, M., & Nilsen, A.-C. (2021). *Kartlegging av ventilasjonstårnenes evne til å redusere forurensning fra dagsonen. Måling av luftforurensning i E18 Operatunnelen og forslag til nytt styringsregime for ventilasjonstårnene*. (NILU rapport 30/2021). NILU. <https://hdl.handle.net/11250/2837885>
- Hamer, P. D., Walker, S.-E., Sousa Santos, G., Vogt, M., Vo, D. T., Lopez-Aparicio, S., Schneider, P., Ramacher, M. O. P., & Karl, M. (2020). The urban dispersion model EPISODE v10.0 – Part 1: An Eulerian and sub-grid-scale air quality model and its application in Nordic winter conditions. *Geoscientific Model Development*, 13, 4323–4353. <https://doi.org/10.5194/gmd-13-4323-2020>
- Hoffmann, B., Boogaard, H., de Nazelle, A., Andersen, Z. J., Abramson, M., Brauer, M., Brunekreef, B., Forastiere, F., Huang, W., Kan, H., Kaufman, J. D., Katsouyanni, K., Krzyzanowski, M., Kuenzli, N., Laden, F., Nieuwenhuijsen, M., Mustapha, A., Powell, P., Rice, M., ... Thurston, G. (2021). WHO Air Quality Guidelines 2021—Aiming for Healthier Air for all: A Joint Statement by Medical, Public Health, Scientific Societies and Patient Representative Organisations. *International Journal of Public Health*, 66, 1604465. <https://doi.org/10.3389/ijph.2021.1604465>
- Høiskar, B. A. K., Sundvor, I., Johnsrud, M., Haug, T. W., & Solli, H. (2017). *Tiltaksutredning for lokal luftkvalitet i Bergen* (NILU rapport 15/2017). NILU. <http://hdl.handle.net/11250/2483437>
- Lopez-Aparicio, S., & Grythe, H. (2019). *Vurdering av rentbrennende vedovners betydning for partikkelutslipp i Oslo kommune. Effekt på svevestøvnivåer*. (NILU rapport 16/2019). NILU. <http://hdl.handle.net/11250/2634387>

- Miljødirektoratet. (2014). *Lokal luftkvalitet: Tiltaksutredninger* (M-252/2014). <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2014/oktober-2014/lokal-luftkvalitet-tiltaksutredninger/>
- Miljødirektoratet. (2020). *Klimakur 2030: Tiltak og virkemidler mot 2030* (M-1625/2020). <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m1625/m1625.pdf>
- Reitan, K. M., Lysbakken, K. R., Gryteselv, D., & Snilsberg, B. (2018). *Driftstiltak mot svevestøv i Trondheim kommune: Erfaringsrapport for tiltak før og etter 2013* [Report]. Statens vegvesen. <https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/handle/11250/2659509>
- Snilsberg, B., & Gryteselv, D. (2017). *Renholdsforsøk 2016: Strindheimtunnelen og Haakon VII gate i Trondheim Stordalstunnelen i Møre og Romsdal* [Report]. Statens vegvesen. <https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/handle/11250/2670383>
- Steinsland, C., Johansen, K. W., Ukkonen, A., & Hulleberg, N. (2020). *Framtidige bompenginntekter i Bergen, Oslo, Nord-Jæren og Trondheim – noen alternative beregninger – Rapport til Regjeringens bompengeutvalg* (Nr. 1783/2020; s. 78). TØI.
- The Handbook Emission Factors for Road Transport (HBEFA versjon 4.1)*. (2019). <https://www.hbefa.net/e/index.html>
- Weydahl, T., Grythe, H., Haug, T. W., & Høyem, H. (2018). *NERVE – Utslippsmodell for veitrafikk* (NILU rapport 28/2018). NILU. <http://hdl.handle.net/11250/2569414>
- Wisting, H. (2020). *Nullutslippssone Bergen* (Nr. 10219594). Sweco. <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/for-myndigheter/kutte-utslipp-av-klimagasser/klimasats/2018/nullutslippssone-i-bergen---utredning/#>
- Wolf, T., Petterson, & Esau, I. (2018). *Spredning av luftforurensing fra vedovner i Bergen kommune* (Nr. 396; s. 48). Nansensenteret. <https://www.nersc.no/sites/www.nersc.no/files/nerscotechrep-396-gcr-2018-fin-lr.pdf>
- Wolf, T., Petterson, L., & Esau, I. (2016). *Spredning og konsentrasjonsdannelse av NO2 og PM 2.5 i Bergen sentrum* (Nr. 370). Nansensenteret. https://www.nersc.no/sites/www.nersc.no/files/NERSC370-BOH-Luftkvalitet-090816-v1_0.pdf

Vedlegg A : Utslipps- og spredningsberegninger – metodikk og forutsetninger

A1 Spredningsmodellen EPISODE

EPISODE benytter to separate modeller for å beregne konsentrasjonsnivåene. Den første er en "rutenett-modell" som beregner konsentrasjonene for bybakgrunnsområder⁴⁴. Rutenettet som er benyttet, har en oppløsning på 1x1 km² som vist i Figur 3-2. Den vertikale oppløsningen er på 35 ruter med en varierende vertikal oppløsning på 24 meter nederst mot bakken og økende slik at domenets høyde over havet blir ca. 3500 meter.

Oppløsningen i rutenettet er for grov til å beskrive de høye konsentrasjonene som måles nær veiene. EPISODE benytter derfor en tilleggsmodell for å estimere konsentrasjonene langs hovedveinettet. Denne modellen beregner ikke konsentrasjonene i et rutenett, men i brukerbestemte beregningspunkter (reseptorpunkter). Dette gjør modellen i stand til å beregne de høyere konsentrasjonsnivåene nær veiene, f.eks. ved målestasjonene som står veinært.

For å oppnå høy oppløsning for konsentrasjonsberegningene, er et stort antall (ca. 25 000) beregningspunkter (reseptorpunkter) blitt spredd utover modellområdet, hovedsakelig i Bergen kommune. Punktene er lagt med størst tetthet nær veiene med en oppløsning på ca. 20-50 meter. I tillegg plasseres det ett reseptorpunkt på hver målestasjon. Basert på disse beregningene og ved bruk av interpoleringsmetoder, beregnes det konsentrasjoner i et grid med oppløsning på 10x10 m². Dette blir så benyttet for å etablere kartframstilling av konsentrasjonene.

Det er ikke direkte lineær sammenheng mellom utslipp fra en kilde og konsentrasjoner fra samme kilde. Dette skyldes bl.a. at en kilde som slipper ut forurensning nær bakken, vil bidra relativt sett mer til konsentrasjonene i bakkenivå enn samme mengde forurensning sluppet ut høyere over bakken. Ved en kildeallokering beregnes hvor mye utslippet fra en enkelt kilde bidrar til konsentrasjonsnivået på bakken. En kildeallokering er dermed avgjørende for å få kvantifisert sammenhengen mellom utslipp og konsentrasjon.

Utslipp fra ulike kilder deles ofte opp i linjekilder, arealkilder og punktkilder og refererer til hvordan utslippet blir behandlet i spredningsmodellen. Linjekildene er i dette tilfellet veitrafikken, punktkilder er pipeutslipp (industri), mens arealkilder dekker ulike kildegrupper som vedfyring, skip og havn og fordeles i rutenettet med en oppløsning på 1x1 km. For å beregne utslipp til bruk i spredningsberegninger, trenger man informasjon om utslippsmengde, samt når (pr. time) og hvor utslippene skjer.

A2 Befolkningseksposering

Eksposering er her definert som den konsentrasjonen av luftforurensning befolkningen blir utsatt for. Dette vil variere med hvor folk oppholder seg, og på individnivå er dette ikke mulig å estimere med de beregningene som er gjort her. Derimot gjøres det et anslag for hva befolkningen som gruppe blir utsatt for som et estimat av helseeffekt på befolkningen.

Befolkningsdata er oversendt fra SSB via Bergen kommune og gir informasjon om hvor mange personer som er bosatt på hver adresse (eller i hvert bygningspunkt) per 1.1.2022. Befolkningseksposeringen er beregnet ved en ekstra spredningsberegning der modellen beregner konsentrasjonen direkte i alle bygningspunkt istedenfor i reseptorpunkter som beskrevet over. Antall beboere per bygningspunkt som er eksponert for nivåer over en grenseverdi summeres og dette gir befolkningseksposeringen.

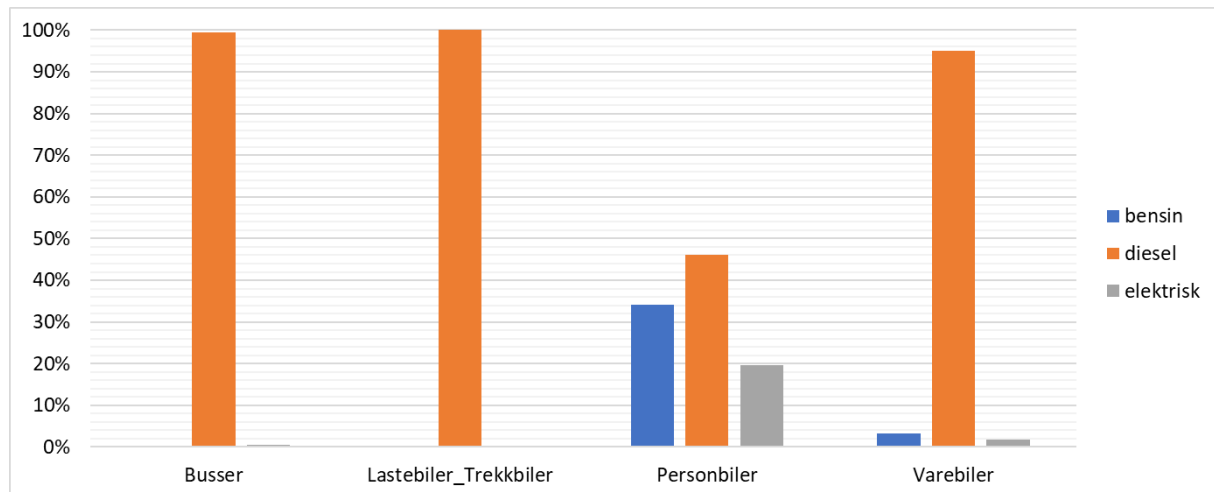
⁴⁴ Med bybakgrunnsområde menes områder i byen som ikke ligger nær veier med høy trafikkbelastning.

Det er utført en justering av vertikal høyde relativt til tunnelmunninger for boliger rundt tunnelmunninger som ligger over grenseverdiene for NO₂ i 2019 og PM₁₀ i 2030. Dette for å ikke få urealistisk mange overskridelser av grenseverdien på bygningspunkt.

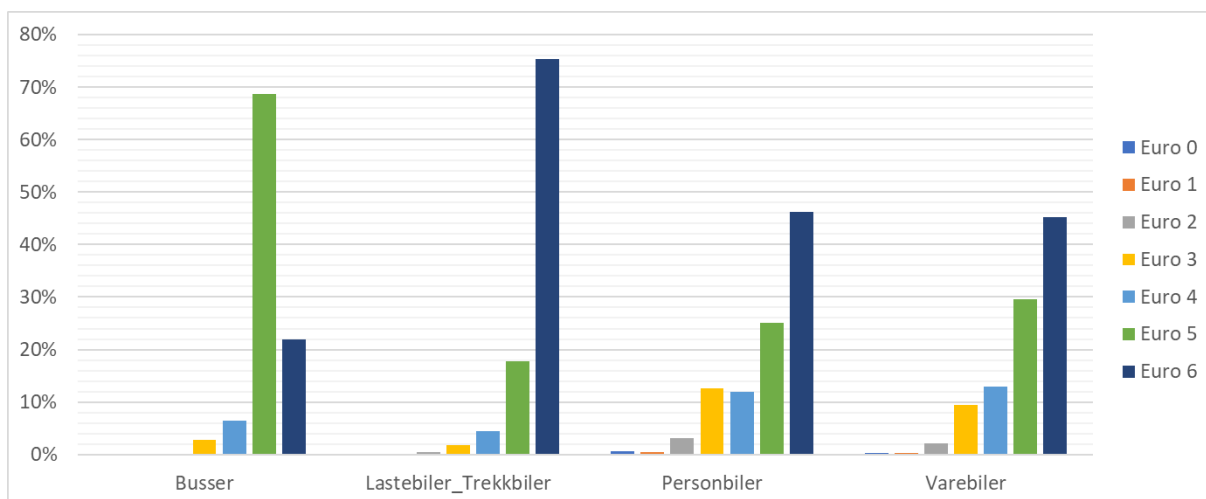
A3 Bilparksammensetning

Foruten trafikkmengde avhenger utslippene fra biltrafikken av drivstofftype og teknologistandard. Det er benyttet statistikk fra SSB til å beregne bilbestanden i Bergen kommune for 2019. Dette er en svært detaljert statistikk som deler inn bilparken i 546 forskjellige klasser. Kjøretøyparken er vektet etter årlig kjørelengde i SSBs kjørelengderegister og etter en antatt trafikkutveksling med nabokommunene (Weydahl et al., 2018) etter fordelingen Bergen (90 %), andre kommuner (10%). Etter denne vektingen vil de bilene som kjører mest også bidra mest til den gjennomsnittlige utslippsfaktoren for kjøretøygruppen.

I 2019 domineres den tunge delen av bilparken av dieselskjøretøy (Figur A 1). Kjørelengdevektet elbilandel for personbiler og varebil er på henholdsvis 20% og 2% i henhold til statistikken. Euroklasseinndelingen (Figur A 2) viser at lastebiler og trekkbiler har en relativt høy andel Euro VI, mens personbiler, varebiler og busser henger noe etter.



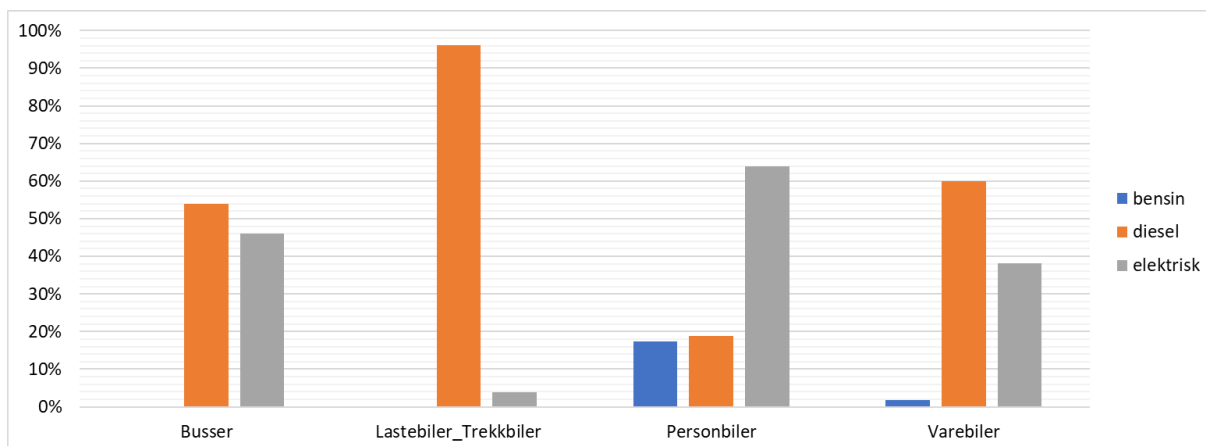
Figur A 1: Bilparksammensetning i 2019 fordelt på drivstoff. Kilde: SSB kjørelengderegister



Figur A 2: Bilparksammensetning i 2019 etter euroklasse. Kilde: SSB kjørelengderegister

Det er videre utarbeidet en prognose for utviklingen i bilparken fram mot 2030. Denne baserer seg på elbilandelen i Nasjonalbudsjettet 2021 på 66,9% personbiler i 2030. Det er videre antatt en elektrisk andel varebiler på 40%, elektrisk andel busser på 50% og elektrisk andel tunge på 6%. Det er stor usikkerhet knyttet til spesielt andelen elektrisk for tunge, busser og varebiler. Det er antatt en gjennomsnittlig kjørelengde for elektriske busser og lastebiler/trekkbiler på 30 000 km, 12 000 km for elektriske personbiler og 15 000 for elektriske varebiler. Den resulterende bilparksammensetningen etter drivstoff er gitt i Figur A 3.

I tillegg er det antatt at alle kjøretøy er Euro 6 i 2030. For tunge biler er det et stort skille i utslipp for spesielt nitrogenoksider (NO_x) fra Euro V til Euro VI teknologi. Euro VI teknologien baserer seg SCR («Selective Catalytic Reduction») som reduserer NO og NO₂ til N₂ og H₂O ved en kjemisk reaksjon med ammoniakk (omdannet fra urea/ad-blue) i en katalysator. Dette gir betydelig reduksjon i utslipp av NO_x fra tunge biler på omtrent en faktor 10 fra Euro IV til Euro VI og en faktor 7 fra Euro V til Euro VI (Hagman et al., 2011). Tilsvarende teknologi finnes i mindre grad for Euro 6 person- og varebiler og derfor er ikke reduksjonen like stor her. Utover dette har den fossile andelen av bilparken den samme interne fordelingen som i 2019.



Figur A 3: Framskrevet bilparksammensetning i 2030 etter drivstoff

A4 Utslipp fra veitrafikk

Trafikkinformasjon knyttet til veinettet for 2019 og for 2030 kommer fra den regionale transportmodellen Regional Transportmodell (RTM) Delområdemodell Bergen og omegn og omfatter informasjon om døgntrafikk (ÅDT), fartsgrenser, tungtrafikkandeler og ulik geografisk informasjon om

veiene. Resultat for trafikkmodellen er levert til prosjektet av Statens Vegvesen. Busstrafikken er ikke inkludert i trafikkberegningen som er levert av SVV. I stedet for er busstrafikken for en RTM-beregning fra 2016 benyttet som et anslag.

Hver kjøretøytype tilegnes en utslippsfaktor og eksosutslippene pr. kjøretøytype beregnes for hver vei og for hver time. Tidsfordelingen er basert Norsk Regnesentral sine generelle tidsvariasjonskurver for time- og døgnvariasjon. Utslippsfaktorene er basert på «The Handbook Emission Factors for Road Transport (HBEFA versjon 4.1), 2019) sine utslippsfaktorer slik de er implementert i modellen NERVE (Grythe et al., 2022) som er vesentlig høyere enn de som settes i kravspesifikasjoner (NEDC) for Euro-godkjenning, fordi disse ikke representerer reell kjøring.

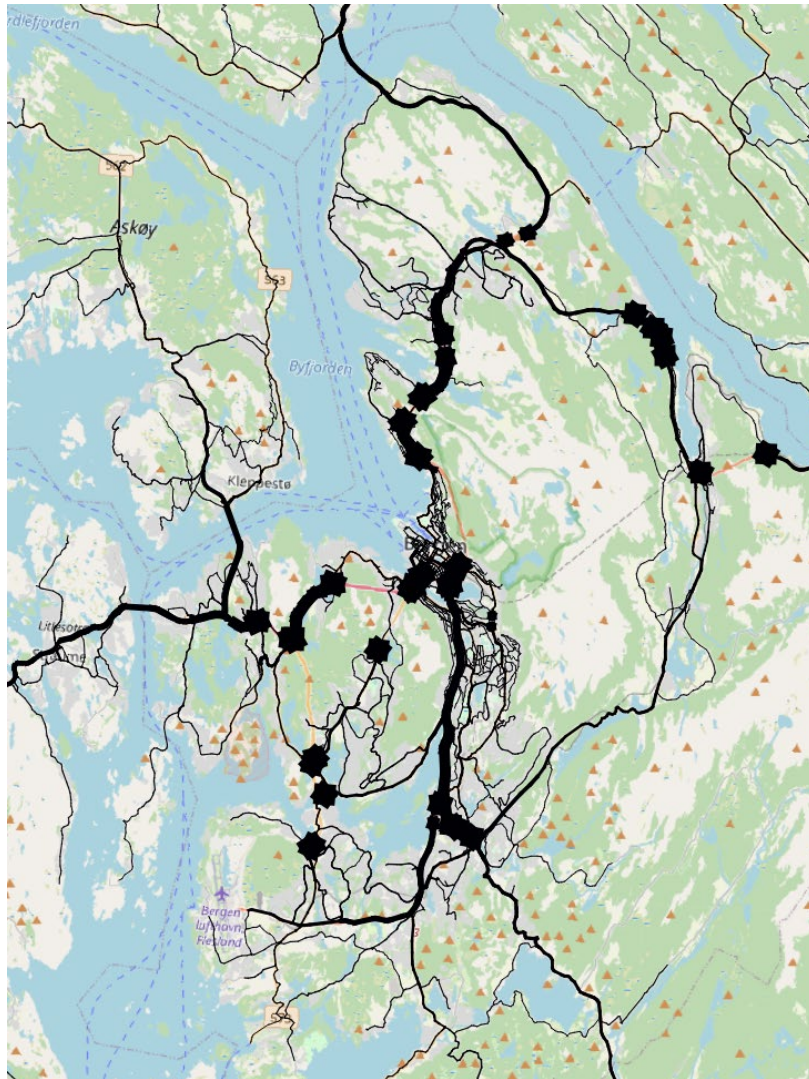
I tillegg til eksosutslipp, genererer kjøretøy også veistøv som representerer en vesentlig kilde til svevestøvkonsentrasjonene. For å beregne disse utslippene brukes utslippsmodellen NORTRIP (Denby et al., 2013; Denby & Sundvor, 2012). Veistøvet kommer bl.a. fra dekkens slitasje av veibanen, og bruk av piggdekk er hovedårsaken til denne slitasjen. I tillegg bidrar også slitasje av bremses og generell dekkslitasje samt eventuelt bidrag fra strøsand og salting.

Det er antatt skjellettasfalt (Ska) som gir en asfaltslitasje på ca. 5,5 g/km/kjøretøy (lette) med piggdekk på vei med hastighet 50 km/t.

Piggfriandelen er satt til 88% for lette kjøretøy og 89% for tunge kjøretøy (se kapittel 4.1.1). For tunge kjøretøy er nok denne andelen noe høy, men kunnskapsgrunnlaget er mangelfullt.

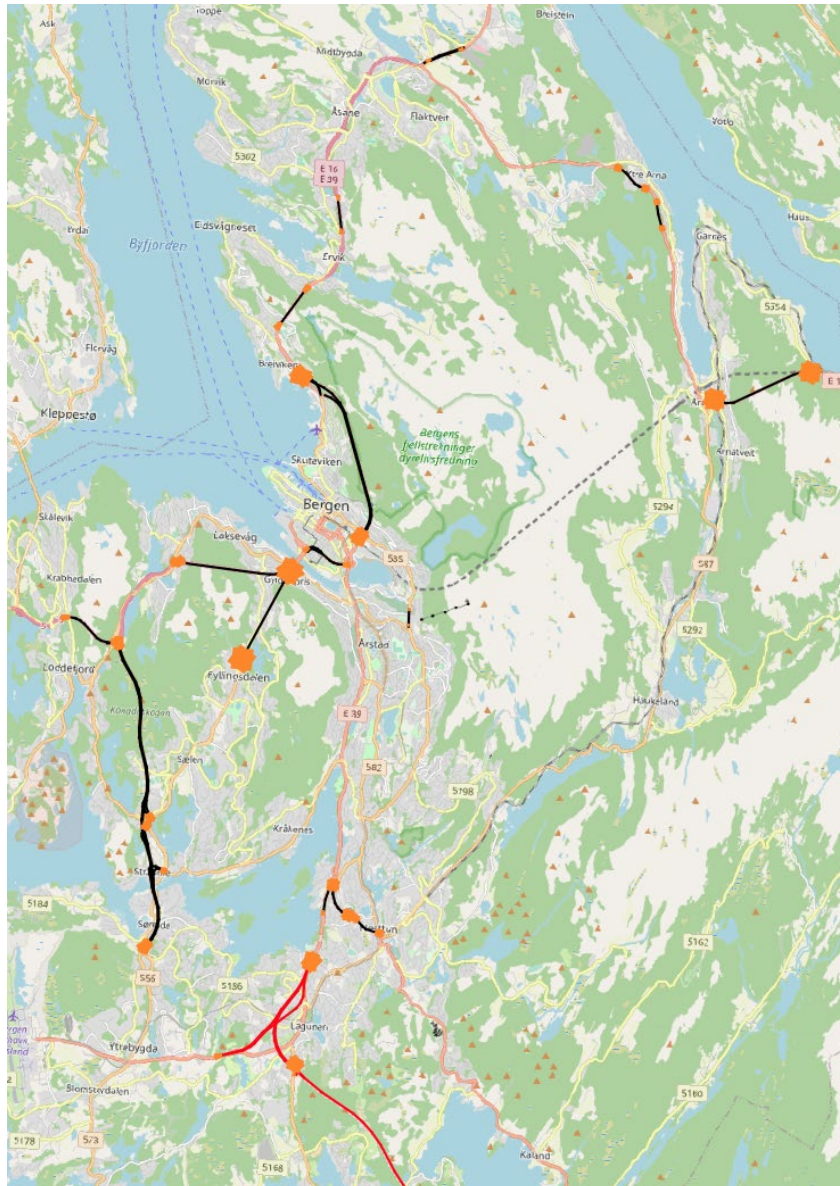
For beregning av utslipp av veistøv er det tatt hensyn til trafikkmengde og dennes fordeling over døgnet. Veislitasje og oppvirvling er også avhengig av andelen lette og tunge biler og kjøretøyenes hastighet. Hvis veibanen er våt på grunn av nedbør/fuktighet eller salting/støvdemping, vil slitasjepartiklene ikke slippes ut til luft, men bygge seg opp på veien til et støvdepot som senere kan tørke opp og gi høye utslipp når det virvles opp. Denne prosessen er naturlig nok svært avhengig av meteorologiske forhold.

I beregningene av svevestøv er det ellers sett bort i fra renhold og støvdempende tiltak som generelt vil kunne gi høyere konsentrasjoner. Samtidig er det en rekke andre usikkerheter knyttet til oppbygging og avrenning av støvdepot langs veiene som kan gi lavere konsentrasjoner i beregningene enn hva som er målt.



Figur A4: Utslippsberegninger for PM₁₀ per veilenke i modellen (2019). Tykkelsen på linjene angir intensiteten (gram per meter per år) til utslippet fra veien. Bidraget fra tunnelmunningene er også vist.

Tunnelsystemet som gjelder i 2030 er framstilt i Figur A5. Det er ikke antatt avsetning av svevestøv og drenering av veistøv inne i tunnelen. I realiteten vil dette forekomme og det er derfor grunn til å anta at svevestøvbidraget fra tunnelmunningene er noe overestimert i modellberegningene.



Figur A5: Tunnelsystemet som gjelder for 2030 Referansesituasjonen.

A5 Vedfyringsutslipp

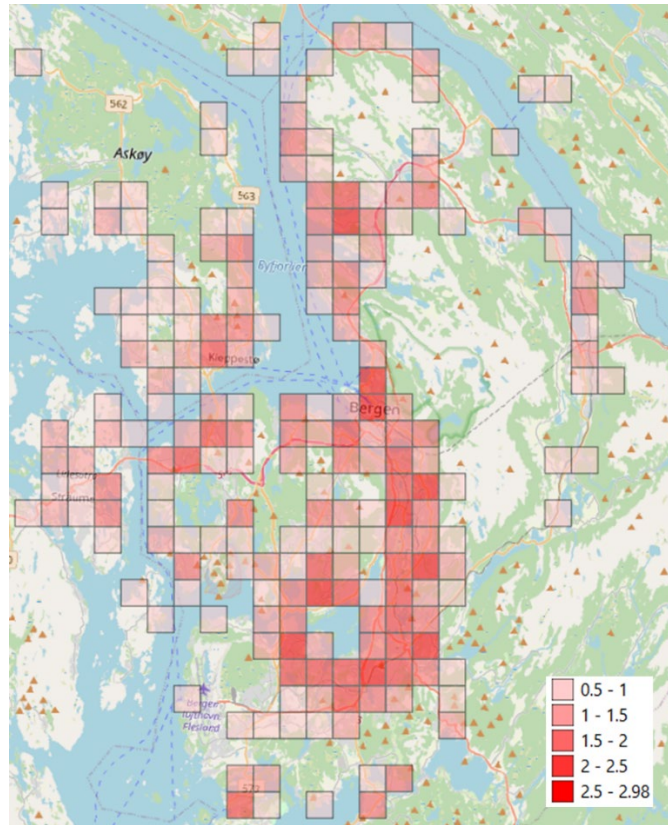
Utslipp fra vedfyring er beregnet med MetVed-modellen utviklet av NILU (Grythe et al., 2019). MetVed-modellen estimerer vedfyringsutslipp med høy romlig oppløsning (250x250 meter) og baserer seg på boligtyper, størrelse, oppvarmingsteknologi, energibehov og utendørs temperatur. Modellen kombinerer flere databaser med meget detaljert informasjon. Databasene inneholder bolig tall og boligtyper med 250 meters romlig oppløsning, statistikk for energibruk i husholdninger for kommuner etter boligtype (fra ENOVA), plassering av ildsteder som punktkilder (brannvesen, samt finn.no (Lopez-Aparicio, Grythe, Vogt, Pierce & Vallejo, 2018)), og geografisk posisjon av boliger med informasjon om boligtyper (f.eks. enebolig, leilighet, tomannsbolig), samt tilgjengelige teknologier for oppvarming i husholdningene (f.eks. varmepumpe, fjernvarme, vedovn). MetVed-modellen inkluderer en tidsvariasjon av vedforbruket som baserer seg på konseptet med døgn-gradsoppvarming kombinert med tidsvariasjon fra forbrukerstatistikk. Det er generelt stor usikkerhet knyttet til utslipp fra vedfyring i Norge, noe som i stor grad tilskrives usikkerheter i utslippsfaktorer

For gamle vedovner med teknologi fra før 1998 er det benyttet en utslippsfaktor for PM₁₀ på 16,5 g/kg og en virkningsgrad på 50 prosent, mens det for nyere ovner fra etter 1998 er antatt en utslippsfaktor på 11,6 g/kg med en virkningsgrad på 75 prosent (Seljeskog, Goile, Sevault & Lamberg, 2013). Det understrekes at dette er gjennomsnittsverdier og at både utslipp og virkningsgrad er sterkt avhengig av opptenningsmetode, tørrhet på ved, riktig trekk, osv.

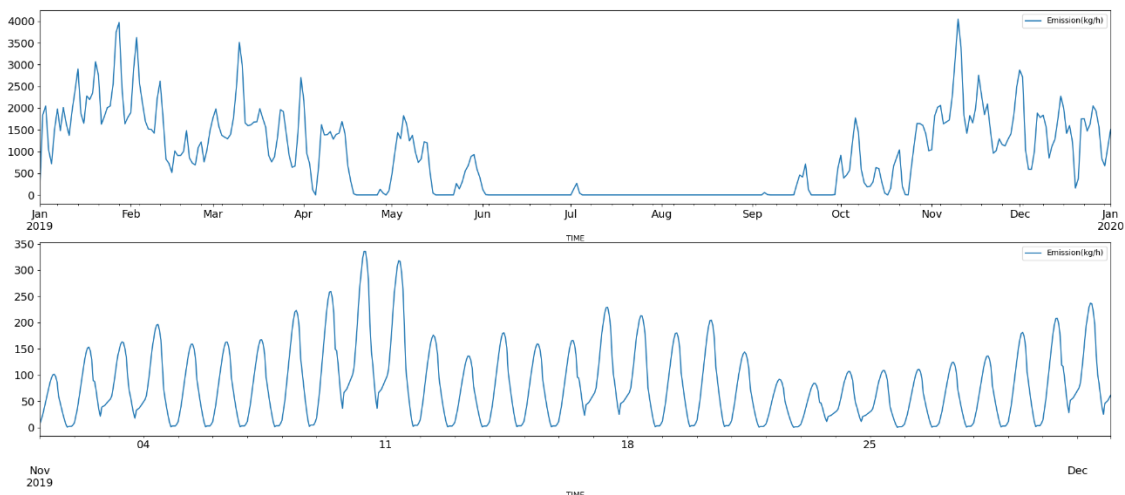
Modellen nedskalerer SSBs forbrukstall for vedfyring⁴⁵, som for hele Hordaland fylke i 2019 er fordelt etter «Åpen peis (3 prosent), lukket ovn med «ny teknologi» fra etter 1998 (69 prosent) og lukket ovn med gammel teknologi fra før 1998 (28 prosent). Denne fordelingen er basert på spørreundersøkelser og er i forhold til vedforbruk i tonn. Den videre fordelingen mellom kommuner gjøres av MetVed modellen etter metoden beskrevet over. Etter 2020-fylkesinndeling (MetVed opererer kun på 2020-fylker) er litt under 30% av vedforbruket i Vestland fylke i Bergen, mens kun 20% av PM_{2,5}-utslippet er i Bergen. Fordelingen mellom vedforbruk i gamle og nye ovner er beregnet til 19/81 i 2019 i Bergen. 82% av vedforbruket er i bolighus, resten er beregnet å være i hytter.

Den beregnede geografiske fordelingen av vedfyringsutslippet over året 2019 er vist i Figur A6. Videre fordeles utslippene i tid basert på forbruksstatistikk for ukentlig og daglig variasjon og et døgn-gradsoppvarming konsept som benytter lokalt målte temperaturer, slik at de kalde periodene i et gitt år vil få de høyeste utslippene. Den resulterende tidsvariasjonen er vist i Figur A7 for året 2019 som helhet og i detalj for februar måned.

⁴⁵ <https://www.ssb.no/statbank/table/09703>



Figur A6: Fordeling av vedfyringsutslipp i området som gjennomsnitt over året med oppløsning på (1x1 km) slik utslippene benyttes i spredningsberegningene. I MetVed modellen er utslippene fordelt på et 250 x 250 m grid. Fargeskalaen er gitt i tonn per år per 1x1 km gridcelle.



Figur A7: Tidsvariasjonen på beregnet vedfyringsutslipp i hele 2019 (øverst) og i november 2019 (nederst). Utslippene er i kg/time nederst og aggregert på døgn (kg/døgn) øverst.

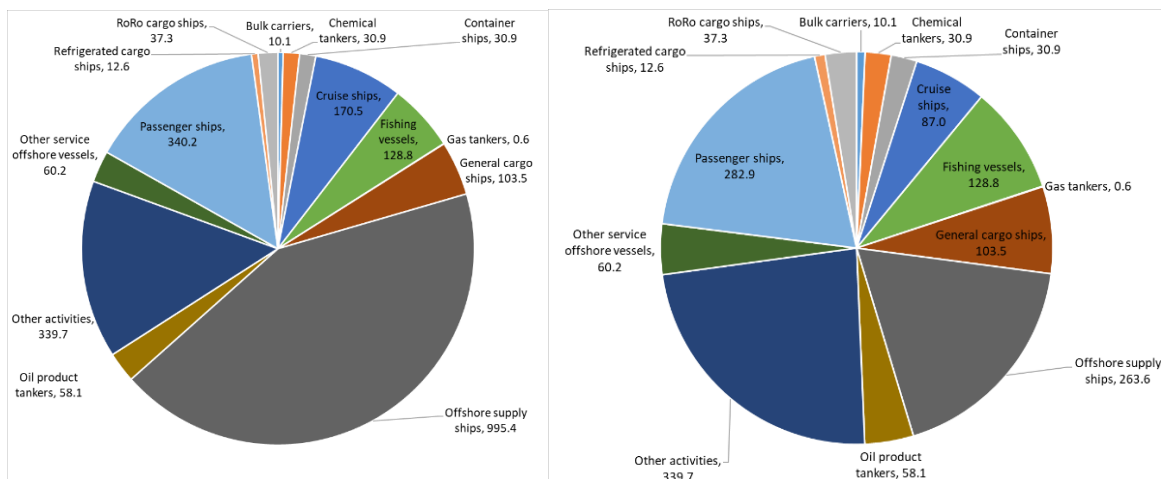
Generelt forventes det ikke økning i vedfyringsutslippene selv om befolkningsøkningen isolert sett skulle tilsi det. Moderne bygg og boliger har svært lavt oppvarmingsbehov på grunn av de høye energikravene som stilles. Det er også vanlig at nye leilighetsbygg ikke blir bygd med pipe og derved mangler mulighet for vedfyring. I tillegg antas det at flere vil etterisolere boligen sin slik at behovet for vedfyring blir mindre.

Økningen i strømpris som vi har sett det siste året forventes å gi en økning i vedfyringen⁴⁶. Mellom 2020 og 2021 økte også vedforbruket⁴⁷ i Vestland fylkeskommune med 11%. 2021 hadde i tillegg en relativt kald januar og februar sammenlignet med normalen.

A6 Skipsutslipp

Det er benyttet utslippsdata fra kystverkets automatiske identifikasjonssystem (AIS) for å beregne utslippene av PM og NO_x fra skipstrafikken i området. PM-utslipp fra forbrenningsprosesser som i skipsmotorer er i hovedsak i PM_{2,5}-fraksjonen. DNV GL foretar utslippsberegninger basert på AIS-data med en tidsoppløsning på 6 minutt. Utslippsdataene er for skip i trafikk. Dette inkluderer også skip på «tomgang» ved kai som sender informasjon til systemet, men erfaringsmessig er det litt større usikkerhet til utslippsberegningene for denne aktiviteten.

Skipstrafikkens bidrag til NO_x-utslipp er det som påvirker lokal luftkvalitet mest i denne sammenhengen, PM i mindre grad. Det vil også være utslipp av SO₂ og andre forurensingskomponenter, men de er ikke omfattet av denne tiltaksutredningen. Bidraget til NO_x-utslipp fordelt på passasjerfartøy, offshore supplyskip, andre offshore serviceskip, cruiseskip, lasteskip og «andre fartøy» er vist i Figur A8. Av enkeltkategorier er det offshore supplyskip (43 %), «other activities» (15 %) og passasjerfartøy (15 %) som bidrar mest til utslippene. Cruiseskip bidrar til litt over 7 % og fiskebåter med ca. 6 % av utslippene innenfor det utvalgte beregningsdomenet.

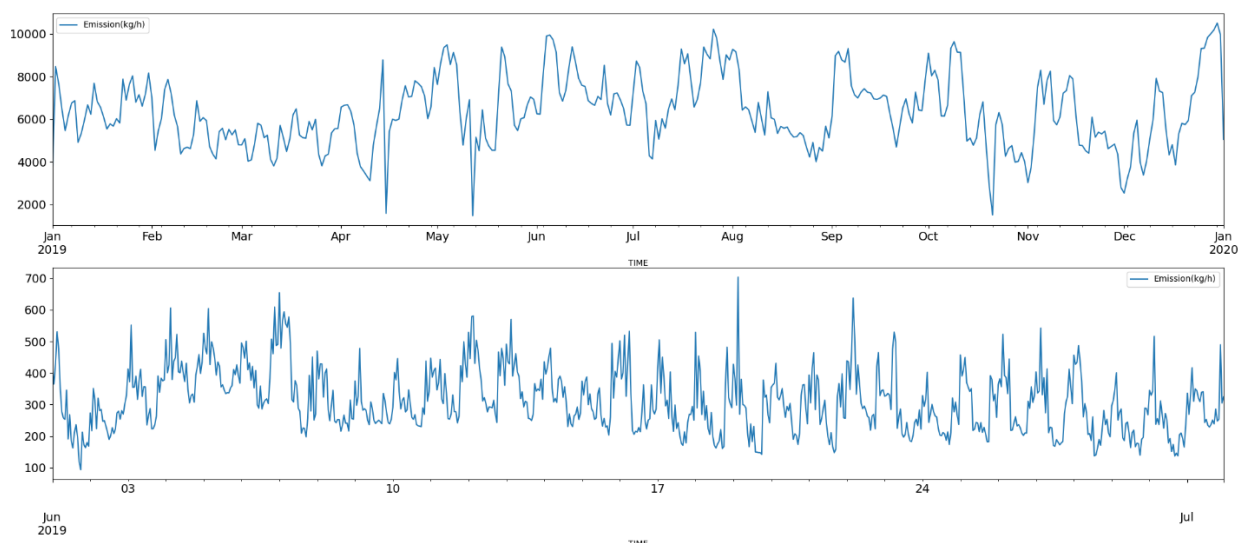


Figur A8: Fordelingen av skipsutslipp av NO_x (i tonn) i 2019 i beregningsdomenet. Til venstre vises totalt utslipp før antatt landstrøm på 40 tonn NO_x. Til høyre vises fordelingen av utslipp ved framtidig scenario 2030 med utvidet innføring av landstrøm.

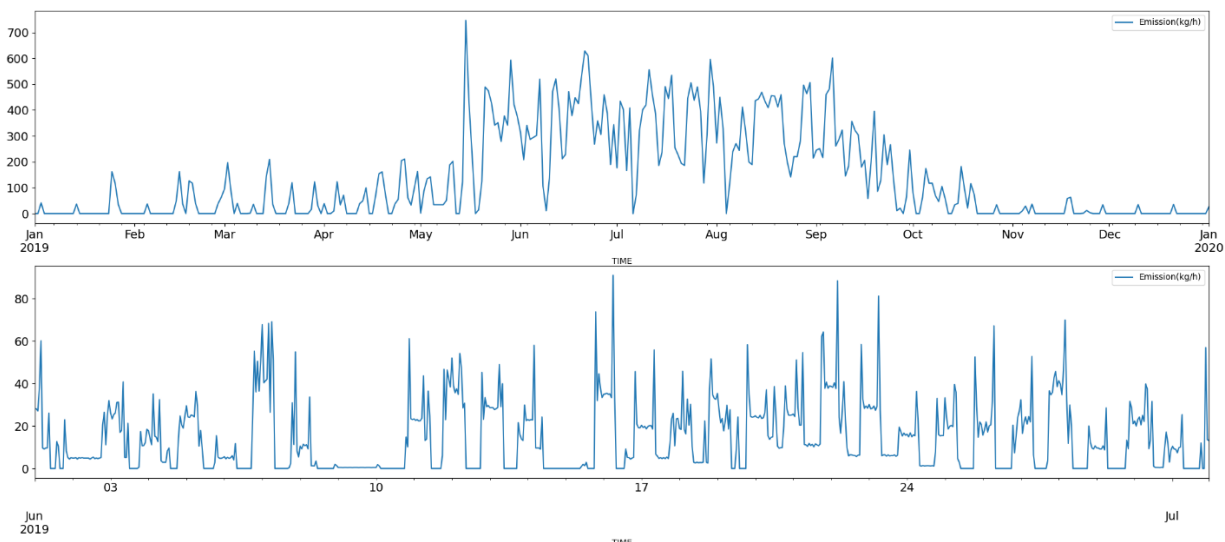
Utslippene er også fordelt i tid og rom etter AIS-dataene. Dette gir en sesongvariasjon som vist i Figur A9. Det understrekes at denne tidsvariasjonen er basert på faktisk registrert variasjon etter AIS-data. Denne tidsvariasjonen vil være forskjellig for hver skipskategori i utslippsmodellen. Dette er vist i figuren for cruiseskip.

⁴⁶ <https://www.nilu.no/2021/12/hva-betyr-dyr-strom-og-mer-vedfyring-for-luftkvaliteten/>

⁴⁷ <https://www.ssb.no/statbank/table/09703>



(a)



(b)

Figur A9: Tidsfordeling av skipsutslippet over hele beregningsdomenet i 2019, over året ((a) øverst) og over juni måned ((a) nederst). I delfigur (b) vises tilsvarende tidsvariasjon for alle cruiseskip i modellen, som viser at utslippene fra disse skipene er konsentrert til sommersesongen. Enheten er kg per døgn for øverste figur, men kg/time for kun juni måned nederst.

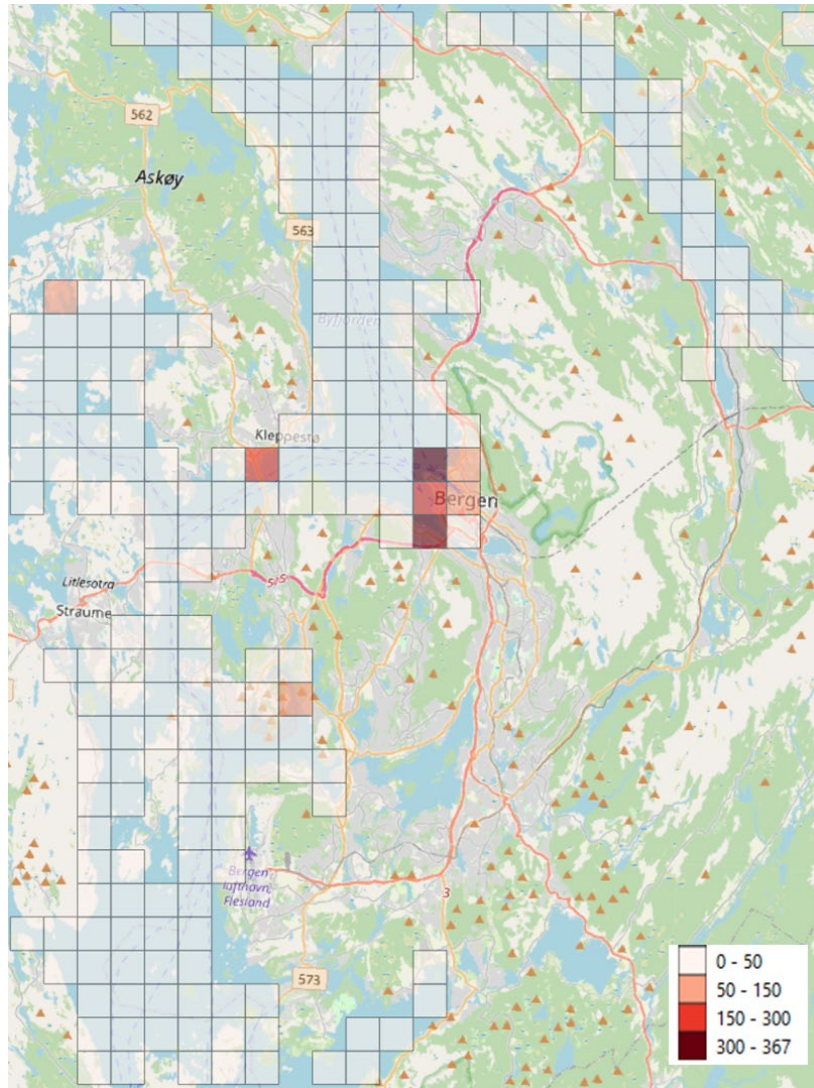
Utslippets høyde over bakken avgjør, sammen med meteorologiske forhold generelt, graden av fortyning av utslippet før det når bakkenivået. Informasjon om skipenes typiske høyde over havnivå, kan finnes i register, men er ikke lett tilgjengelig. Dessuten er det pipens høyde hvor utslippet skjer som er relevant i denne sammenhengen. Det er derfor antatt en typisk fordeling av utslippet i høydeområder som gitt i Tabell D 1. I dette anslaget inngår også typisk røykløft etter utslipp fra pipe. Fiskebåter, passasjerskip og skip innenfor kategorien («Other activities») er antatt å bidra også i det nederste laget. Det er mottatt noe data på høyder på cruiseskip og offshore supplyskip som til dels bekrefter disse nivåene.

Med denne fordelingen legges 62 % av totalt skipsutslipp til nivå 2, 12 % til nivå 1, 25 % til nivå 3 og 1% i nivå 4.

Tabell D 1

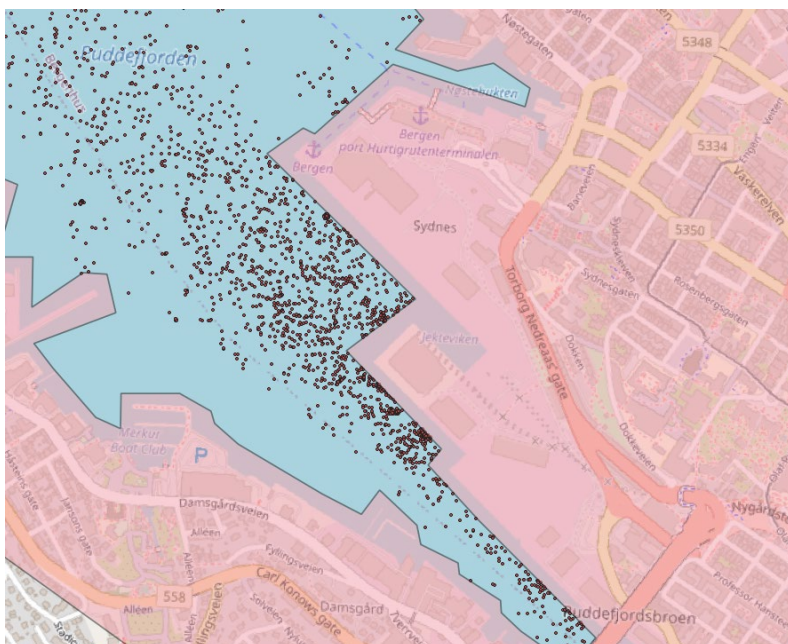
Skipskategori (engelsk betegnelse)	Nivå 1: < 24 m	Nivå 2: 24 – 48 m	Nivå 3: 48 – 60 m	Nivå 4: 60 – 84 m
Bulk carriers		1		
Chemical tankers		1		
Container ships		1		
Crude oil tankers		1		
Cruise ships		0,3	0,5	0,2
Fishing vessels	0,5	0,5		
Gas tankers		1		
General cargo ships		1		
Offshore supply ships		0,5	0,5	
Oil product tankers		1		
Other activities	0,3	0,7		
Other service offshore vessels		1		
Passenger ships	0,3	0,7		
Refrigerated cargo ships		1		
RoRo cargo ships		1		

Skipsutslippene fordeles geografisk i et 1 x 1 km rutenett. Figur A10 viser den midlere fordelingen over hele året av utslippene. Mørkere farge indikerer mer utslipp og viser at den høyeste andelen av utslippene skjer i havneområdet til Bergen.



Figur A10: Fordelingen av totalt skipsutslipp i 1 x 1 km rutenettet. Enheten er i tonn per år.

For å implementere landstrøm er det fjernet punktutslipp i rådataene i utslippsmodellen til DNV-GL som faller innenfor et polygon som dekker havneområdet for de skipene som skal ha landstrøm.



Figur A 11: Figuren viser et utsnitt av området (rosa) som er antatt å ha installert landstrøm i Referansesituasjonen 2030. Alle skip som er antatt å kunne koble seg til landstrøm får fjernet sitt utslipp når de befinner seg innenfor dette området.

A7 Vurdering av utslipp fra industri og Bergen lufthavn

Industriutslipp

Ifølge tall fra Miljødirektoratet og SSB sin database for norske utslipp (<http://www.norskeutslipp.no/>) er det rapportert et utslipp på totalt 245 tonn NO_x og et støvutslipp på 0,43 tonn. Bir Avfallsenergi AS er største bidragsyter med henholdsvis 177 tonn NO_x og 0,43 tonn PM. Bergens engines foundry bidrar også med et NO_x-utslipp på 68 tonn i 2019. Utslipet av NO_x fra Bir Avfallsenergi er inkludert i beregningene.

Utslipp fra aktivitet ved Bergen lufthavn

Det er en rimelig antagelse å neglisjere bidraget fra flytrafikk i spredningsberegningene for Bergen.

NILU kartla i 2016 luftkvaliteten på og i området rundt Oslo Lufthavn (Tønnesen et al., 2016). Beregningene viste at nivået av NO₂ i det mest belastede området inne på flyplassområdet var mindre enn halvparten av grenseverdien for årsmiddel (40 µg/m³), og timesmiddel NO₂ for 19nde høyeste time var mindre enn halvparten av grenseverdien for overskridelse av timemiddel (200 µg/m³). Dette tilsvarer nivået som beregnes i sentrale deler av middelstore byer i Norge. Ifølge statistikk fra Avinor var totalt trafikktall ved Bergen lufthavn litt under 30 prosent av trafikktallet fra Oslo lufthavn i 2019.

Utslipp fra fly i luften bidrar lite til konsentrasjoner på bakkenivå. Når spredningsforholdene er dårlige vil den vertikale bevegelsen av luft være liten og utslippene spres i liten grad mot bakken. Ved gode spredningsforhold vil både den horisontale og vertikale bevegelsen være stor. Den horisontale bevegelsen er typisk 10 ganger så stor som den vertikale, og utslippene er svært fortennet når de til slutt når bakken. Betydningen av utslipp fra flytrafikken for konsentrasjonsnivåer i Bergen kommune er neglisjerbar og er ikke tatt med i spredningsberegningene.

A8 Bakgrunnsbidrag

En del av den forurensningen som bidrar til konsentrasjonen av PM_{10} , $PM_{2.5}$ og NO_2 kommer fra omkringliggende områder, fra f.eks. trafikk og vedfyring og naturlige kilder som sjøsalt, samt fra langtransportert luftforurensning. Bakgrunnsbidraget er her altså definert som alt bidrag, uavhengig av kilde, som kommer inn over modellområdet.

For modellberegningene er det brukt timemidlede konsentrasjoner fra regionale modellkjøringer levert gjennom CAMS (The Copernicus Atmosphere Monitoring Service) for å representere bakgrunnsbidraget. Modellene har med bidrag fra sjøsalt, men dette bidraget er ikke kvantifisert i de tilgjengelige dataene som er anvendt i beregningene.

Bakgrunnsbidraget er ikke behandlet som et utslipp, men er lagt til som en tilleggskonsentrasjon på domenets grenser som videre transporteres inn i domenet og gir bidrag til de lokale konsentrasjonene.

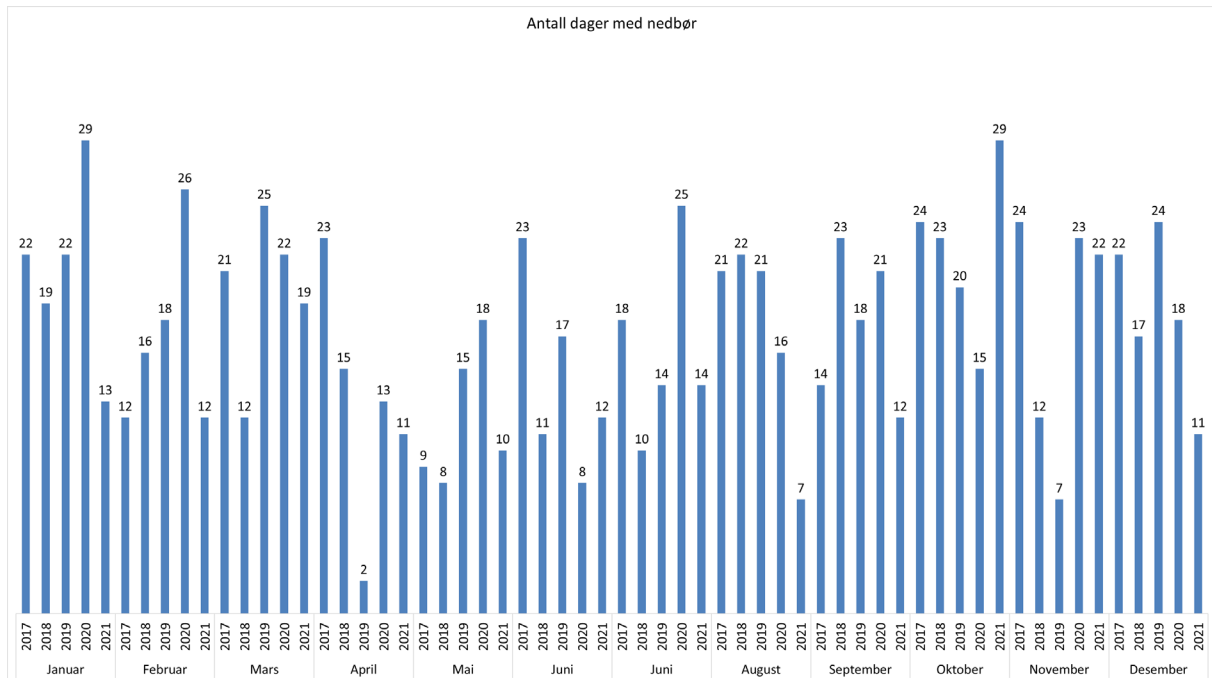
Sammenligningen av konsentrasjoner på by-bakgrunnsstasjonen Rolland – Åsane (se Vedlegg C), viser at bakgrunnsnivåene i beregningene er relativt godt estimert.

Vedlegg B Meteorologiske data

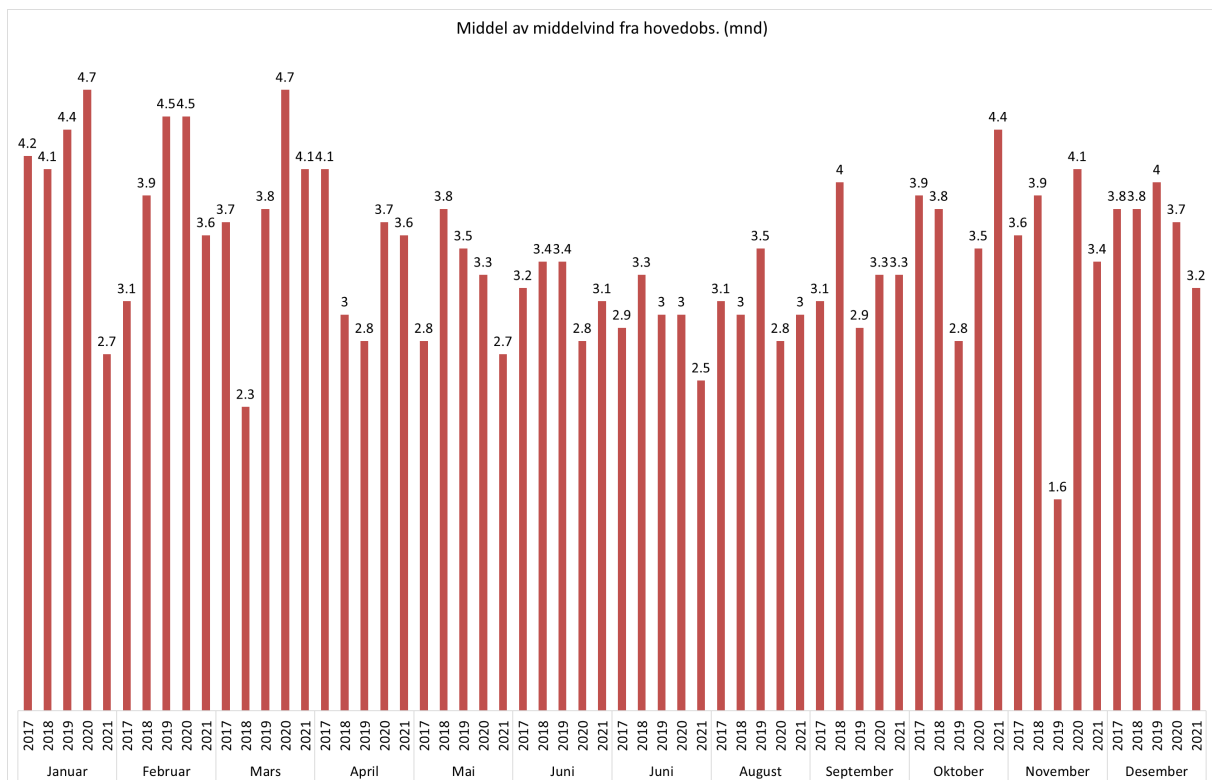
B1 Målt meteorologi

Det er benyttet beregnet meteorologi for spredningsberegningene. Unntaket er NORTRIP veistøvmodell hvor det er benyttet målt nedbør. Beregnet meteorologi er evaluert mot målte verdier i vedlegg C3.

Meteorologidata er hentet ut fra seklima.met.no. Under vises en oversikt over antall nedbørsdager for årene 2017 til 2021 og månedsmiddel av middelvind for samme periode.



Figur B 1: Antall nedbørsdager per måned for perioden 2017 til 2021. Kilde: seklima.met.no.



Figur B 2: Middel av middelvind (m/s) per måned for perioden 2017 til 2021. Kilde: seklima.met.no.

B2 Beregnet meteorologi

For at spredningsmodellen skal kunne beregne både spredning og transport av luft-forurensningene må meteorologiske inngangsdata som vindhastighet, vindretning og atmosfærisk stabilitet, være tilgjengelige med tilstrekkelig horisontal og vertikal oppløsning.

I dette prosjektet er det utført egne meteorologiske beregninger for 2019 med WRF (Weather Research and Forecasting model). WRF er en fritt tilgjengelig meteorologimodell utviklet ved NCAR, USA (Skamarock et al., 2019). Til studier er det en mulighet å nøste med gradvis finere romlig oppløsning. I denne studien er modellene nøstet to ganger, først med en gridboksoppløsning på $5 \times 5 \text{ km}^2$ og deretter med et indre modellområde som dekker domenet for spredningsberegningene (se Figur 3-2) og har en gridboksoppløsning på $1 \times 1 \text{ km}^2$.

WRF bruker synoptiske meteorologiske data⁴⁸ som randbetingelse for å beregne meteorologiske parametere for modelldomenene. I denne studien er inngangsdata for 2019 benyttet og meteorologien er derved representativ for året 2019.

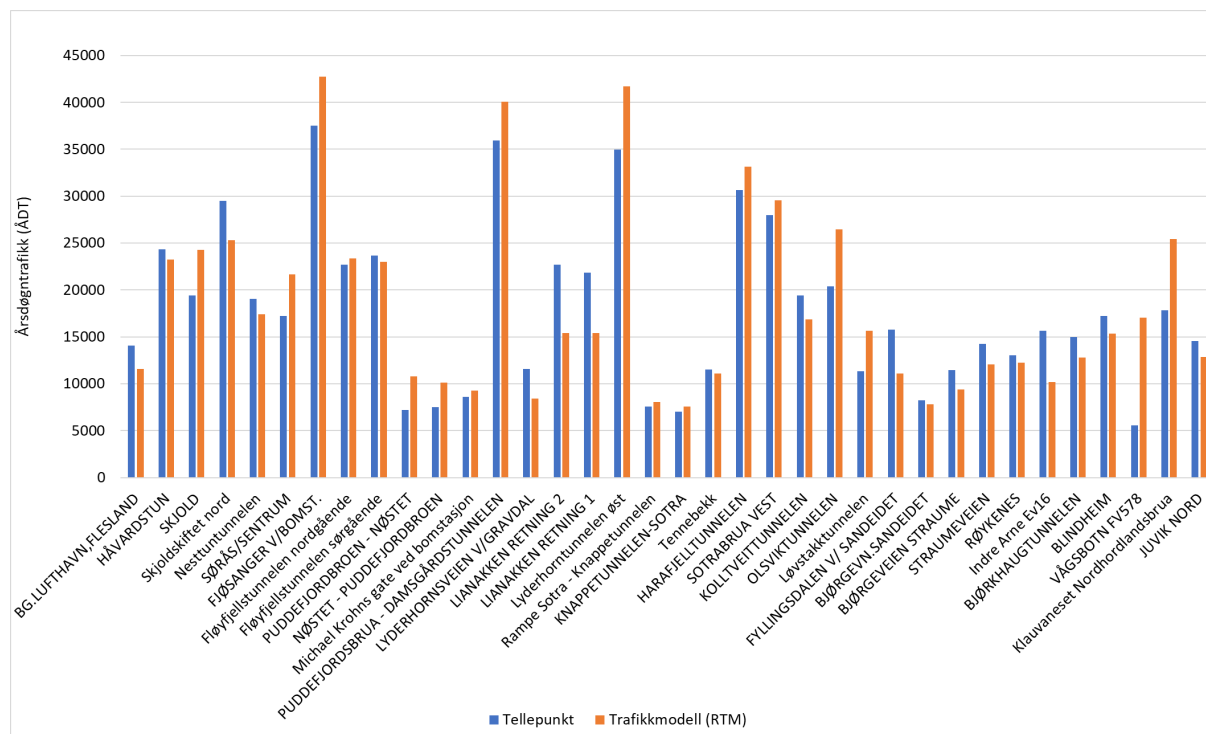
⁴⁸ Innen meteorologi betegner synoptisk skala værsystemer med en størrelsesorden 1000 km eller mer.

Vedlegg C Modellevaluering

C1 Trafikkberegninger

Det foreligger ingen offisiell dokumentasjon av de spesifikke Regional Transportmodell (RTM delområde Bergen og omegn) beregningene som er levert til prosjektet av SVV. Det er utført en egen sammenligning av målt totaltrafikk med beregnet trafikk for personbil og tunge for noen utvalgte tellepunkt i 2019. Beregningen skal være kalibrert slik at den til en viss grad tar høyde for varebiltrafikk.

Sammenligningen i Figur D 1 viser generelt god overenstemmelse med data for totaltrafikken. Modellen gir litt mindre trafikk mot Flesland, mer trafikk på Skjold, men noe lavere på Skjoldskiftet nord. På Fjøsangerveien ved bomstasjonen, samt ved Sørås er det ca. 20% mer trafikk i modellen enn målt. Det er ca. 10% mer trafikk i modellen på Puddefjordsbroa. Det er mindre trafikk i modellen ved Lianakken og Lyderhornsveien v/Gravdal, samtidig er det ca. 20% mer trafikk i østgående løp i Lyderhornstunnelen og også noe mer trafikk ved Harafjelltunnelen. Ved Tennebekk som leder mot Loddefjord er det god overenstemmelse. I Olsviktunnelen som leder mot Askøy er det ca. 30% mer trafikk i modellen enn i tellingene. Trafikken i Fløyfjellstunnelen stemmer godt. Ved Klauvaneset er det vesentlig mer trafikk i modellen, likeledes ved Vågsbotn FV578. Men trafikken gjennom Eikåstunnelen (ikke vist) og forbi Blindheim stemmer godt.



Figur D 1: Her er ikke busstrafikken inkludert i RTM (men på tellepunkt).

Tabell D 2 viser sammenligning av trafikk i RTM-modellen med nærmeste tellepunkt til målestasjonene for luftkvalitet. For Danmarks plass er det et tellepunkt for trafikk akkurat der målestasjonen er plassert. Her stemmer totaltrafikken godt, men modellberegningene antyder noe lavere andel tunge dersom tunge defineres som kjøretøy over 7,6 meter lengde. I Loddefjord er nærmeste tellepunkt Lyderhornsvei som er i retning sør/øst for målestasjonen. På dette punktet er det svært god overenstemmelse med både totaltrafikk og tunge. Rådal målestasjon ligger øst for rundkjøringen der Flyplassvegen møter Fanavegen. Her er det ingen trafikktellepunkt, men det er ett punkt på Flyplassvegen (Håvardstun) øst for rundkjøringen og ett på Fanavegen (Rådal) noe sør for rundkjøringen. Vest for rundkjøringen er det ingen gode tellepunkt som dekker trafikken langs Fanavegen forbi målestasjonen. Ved Håvardstun stemmer totaltrafikken godt, men det er vesentlig

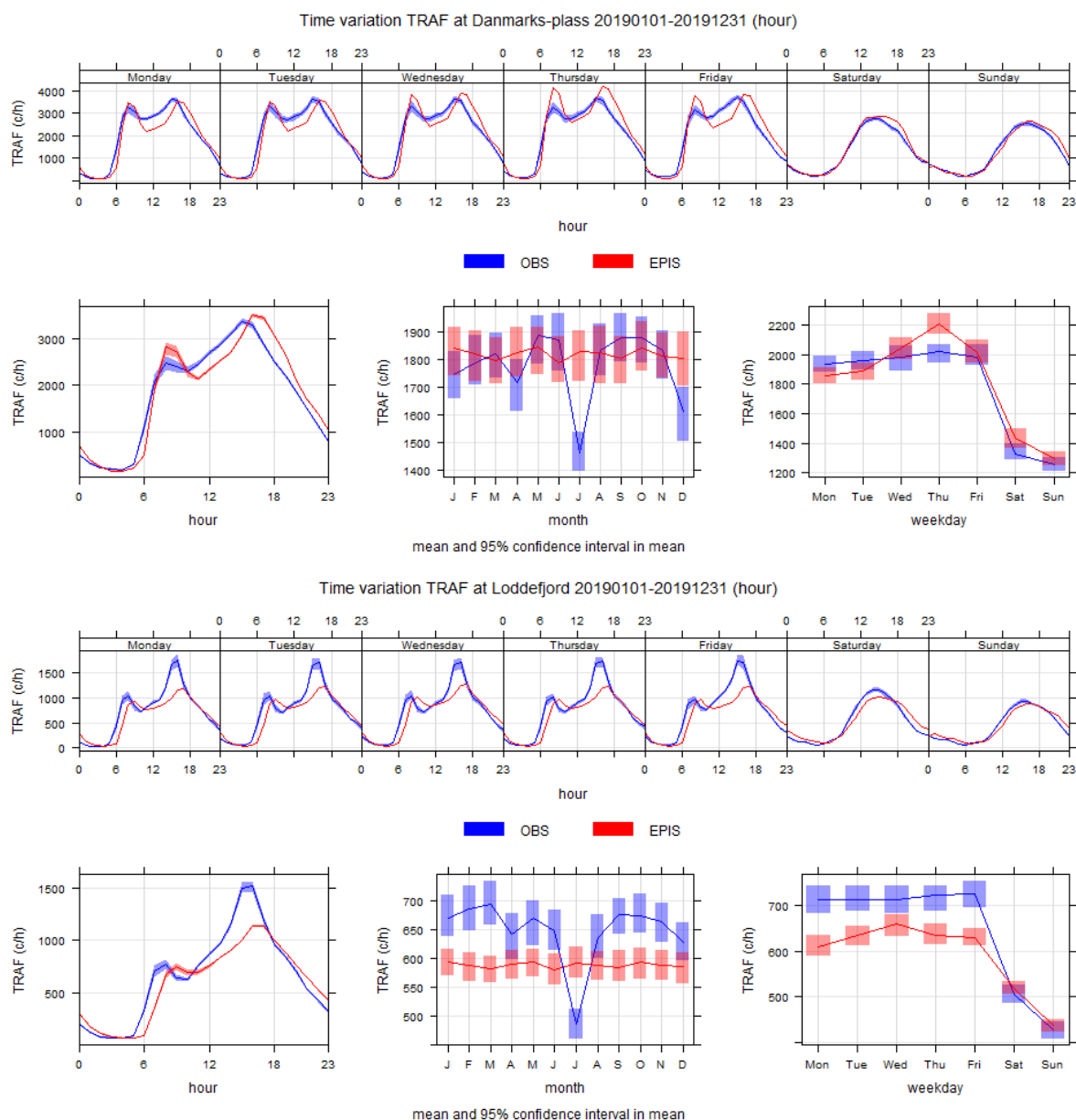
mindre tung/busstrafikk enn hva tellingene antyder. For Rådal tellepunkt var datadekning dårlig i 2019 og et anslag for 2019 samt 2018 er benyttet for å gi et ca. nivå. RTM beregner vesentlig mindre trafikk her og også betydelig mindre tungtrafikk. Det har pågått mye anleggsaktivitet ved Rådal i de siste årene i forbindelse med bygging av Os-Rådal vei- og tunnelsystemet. Anleggstrafikken forbundet med dette er ikke dekket av RTM-beregningen.

Tidsfordelingen er basert Norsk Regnesentral sine generelle tidsvariasjonskurver for time- og døgnvariasjon. Korrelasjonen mellom denne modellerte trafikken og tellingene er generelt god og gitt i Tabell D 2.

Tabell D 2: Sammenligning av målt og beregnet trafikk. (*) RTM mangler busstrafikk her.

Målestasjon luftkvalitet	Nærmeste tellepunkt	Tellepunkt totaltrafikk	RTM totaltrafikk	Tellepunkt lange > 7,6m	RTM Gods + buss	Korrelasjon med timetrafikk modell, R
Danmarks plass	Danmarks plass (ved ladestasjon)	42 760	44 236	2 669	1 745	0,9
Loddefjord	Lyderhornsvei	15 510	14 639	788	810	0,84
Rådal	Håvardstun (Flyplassvegen)	24 324	23 519	1 481	593	0,83
Rådal	Rådal (Fanavegen)	ca. 15 000	10 764	ca. 1 500	248 (*)	-

Figur C 1 sammenligner målt og modellert timestrafikk ved Danmarks plass og Loddefjord (Lyderhornsvei). Denne viser relativt godt samsvar på Danmarks plass (feriemånedene er ikke tilstrekkelig hensyntatt), mens ved Loddefjord er det en ettermiddagstopp i ukedagene som ikke den modellerte tidsvariasjonen til trafikken tar høyde for.

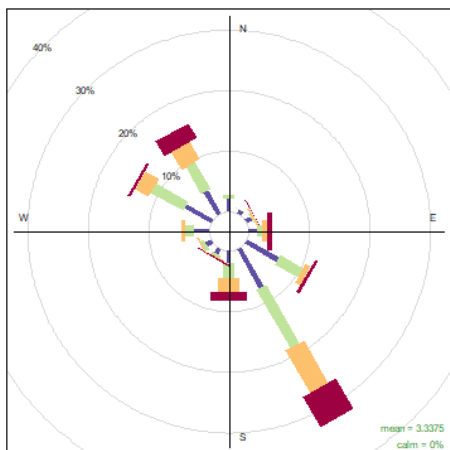


Figur C 1: Sammenligning av målt og modellert timestrafikk ved Danmarksplass og Loddefjord.

C2 Meteorologiske beregninger

Figur C2 viser sammenligning av beregnet og målt vindrose for Florida og Flesland, mens Figur C3 gir sammenligning av statistikk for ukedager, måneder og døgnvariasjon for hver ukedag. Med unntak av april og november underestimerer WRF vindhastigheten noe. Ved Florida er det en noe sterkere sør-sørøstlig komponent i målingene enn hva som er beregnet. Tilsynelatende mangler det noe i beregningene på de høyeste vindhastighetene ved begge stasjoner. Figur C4 sammenligner statistikk for målt og beregnet temperatur og viser at det er generelt svært god korrelasjon. Sammenligningen mellom målinger av meteorologiske parametere ved henholdsvis Flesland og Florida viser en korrelasjon på ca. $R = 0,96$ og $0,97$ for timesmidlet temperatur og $0,77$ og $0,70$ for timesmidlet vindhastighet. Dette er relativt godt samsvar.

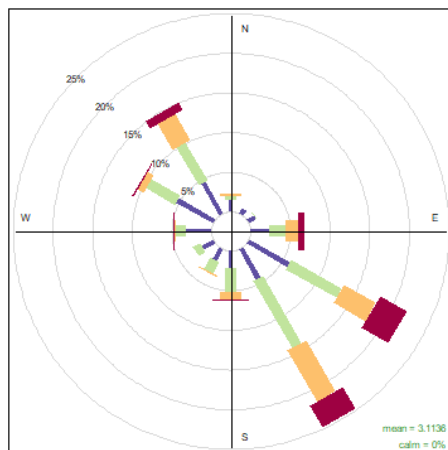
Wind rose obs. at Florida-met 20190101-20191231 (hour)



0 to 2 2 to 4 4 to 6 6 to 18.9
Wind speed
(m s⁻¹)

Frequency of counts by wind direction (%)

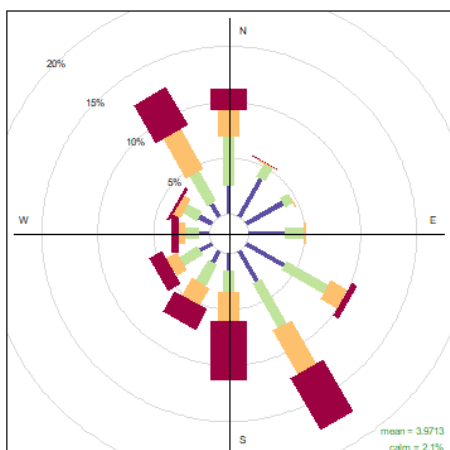
Wind rose EPIS at Florida-met 20190101-20191231 (hour)



0 to 2 2 to 4 4 to 6 6 to 12.068
Wind speed
(m s⁻¹)

Frequency of counts by wind direction (%)

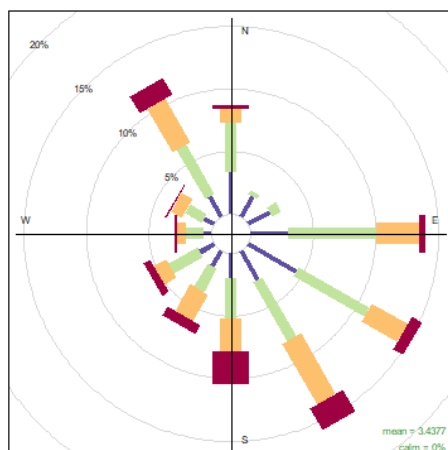
Wind rose obs. at Flesland-met 20190101-20191231 (hour)



0 to 2 2 to 4 4 to 6 6 to 18.5
Wind speed
(m s⁻¹)

Frequency of counts by wind direction (%)

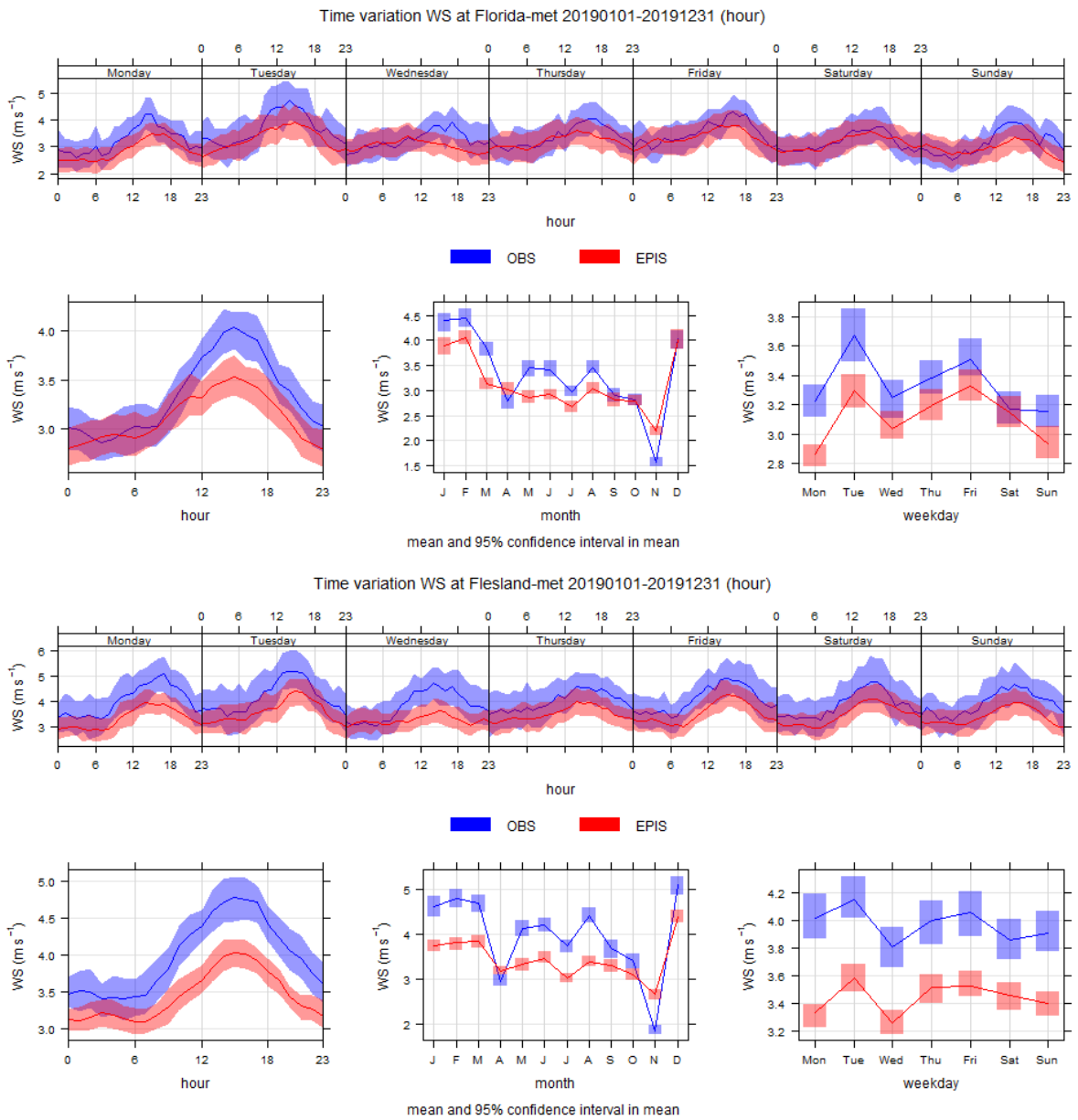
Wind rose EPIS at Flesland-met 20190101-20191231 (hour)



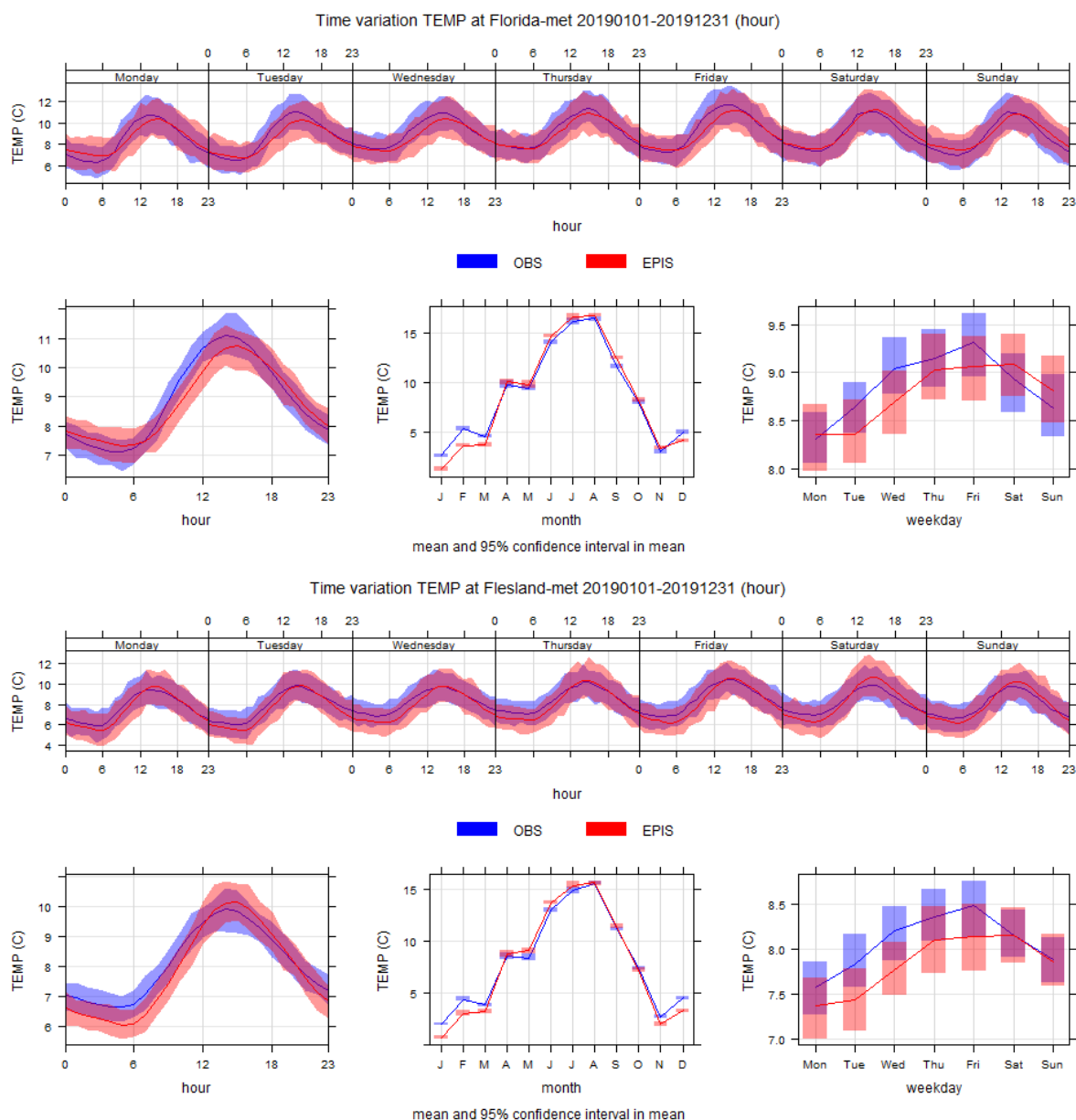
0 to 2 2 to 4 4 to 6 6 to 12.493
Wind speed
(m s⁻¹)

Frequency of counts by wind direction (%)

Figur C2: Sammenstilling av målt (venstre) og beregnet med WRF (merket EPIS til høyre) vindrose ved Florida og Flesland (nederst)



Figur C3: Sammenstilling av målt (blå kurve) og beregnet med WRF (rød kurve) vindhastighet (m/s) ved Florida (øverst) og Flesland (nederst)



Figur C4: Sammenstilling av døgnmidlet temperatur for observasjoner (blå kurve) og beregninger med WRF (rød kurve) ved Florida (øverst) og Flesland (nederst).

Generelt er det god overenstemmelse mellom modellert og målt meteorologi. Det største avviket er for nedbørsdata (korrelasjon, $R = \text{ca. } 0,4$). Usikkerheter i beregnet nedbør vil ha innvirkning på spesielt svevestøvsberegningene. En våt veibane vil ha neglisjerbare svevestøvutslipp, mens en tørr veibane potensielt kan ha store utslipp avhengig av størrelsen på støvdepotet. For å redusere denne usikkerheten i spredningsberegningene har det blitt benyttet en metode for å beregne/interpolere nedbøren per time i hele feltet basert på målt meteorologi ved følgende 5 stasjoner: Florida, Sandsli, Åsane, Gullfjellet og Skredderdalen.

C3 Luftkvalitetsberegninger med EPISODE

I et modellsystem er det usikkerheter i mange ledd. Til tross for kvalitativt god oversikt over utslippene, er det fortsatt usikkerheter knyttet til både utslippsmengde, den geografiske fordelingen og tidsvariasjonene. For trafikk er det usikkerhet knyttet til resultatene fra trafikkmodellen, f.eks. i

forholdet mellom tunge og lette biler og trafikkmengder. Vi mangler også detaljert informasjon om frekvens for salting og støvdemping, noe som har betydning for konsentrasjonen av veistøv.

Bakgrunnsestimaterne og vindfeltet er også resultater av modeller som innehar sine egne usikkerheter. Vindfeltet har en oppløsning på 1 km. Spredningen fra veiene antar åpent lende. Dette medfører at spesielt trange byrom, hvor lokale forhold kan være dominerende, er vanskelig å få representert riktig i modellen.

Modellberegningene for 2019 er sammenlignet med måledata ved målestasjonene i Bergen. I Tabell C1 er årsmiddel presentert for henholdsvis PM_{10} , $PM_{2,5}$ og NO_2 .

Som vi ser av tabellen er det relativt godt samsvar mellom målte og beregnede årsmiddelkonsentrasjoner for PM_{10} med unntak av ved Rådal målestasjon. Som vist i Vedlegg C1 er totaltrafikken og trafikken for tunge spesielt vesentlig lavere i trafikkmodellen enn hva som er målt langs Fanavegen. Dette sammen med anleggstrafikk i forbindelse med tunnelutgraving som bringer støv fra anleggsområder ut i veibanen, kan være årsaken til at målingene viser høyere årsmiddel enn målt på Danmarks plass og at modellen underestimerer dette. Figur C 5 viser støvdepot i veikanten i Fanavegen under befarings 7. april 2022.

Størrelsen på korrelasjonen, R, angir hvor godt måleverdier og beregninger er korrelert. Korrelasjonen mellom målte og beregnede verdier er generelt noe svak, særlig ved Danmarks plass og ved Rådal. Figur C6 sammenligner statistikk for målte og beregnede verdier ved Danmarks plass og Loddefjord. Denne viser at spesielt november måned er underestimert på Danmarks plass. Dette skyldes sannsynligvis at dette var en inversjonsperiode, og at modellen overestimerer vindhastigheten (se Figur C3) og antageligvis underestimerer styrken på inversjonsperioden. Ellers er samsvar på månedsmiddel rimelig godt. Døgnvariasjonen indikerer at modellen har en kraftigere ettermiddagstopp enn det målingene skulle tilsi. Beregningene for Loddefjord har bedre korrelasjon og treffer også godt i november, men underestimerer månedsmiddel i april spesielt.

Det er også en viss underestimering av årsmiddel $PM_{2,5}$ ved de veinære målestasjonene (Tabell C1), men korrelasjonen er bedre enn for PM_{10} . For november er det tilsvarende tendens som for PM_{10} , med underestimering for Danmarks plass, men godt samsvar ved Loddefjord.

For NO_2 er det underestimering ved alle de veinære stasjonene, Rådal og Loddefjord spesielt, mens det er en betydelig overestimering ved Klosterhaugen. Underestimeringen ved Rådal kan skyldes for lite trafikk og for lite tungbilandel, mens det ved Loddefjord kan skyldes trafikk ved rutebilstasjonen og til kjøpesenteret som ikke er representert i trafikkmodellen. Spredningsmodellen vil ha vanskeligheter med å fange opp detaljerte topografiske forhold slik at kanalisering langs veien ved Rådal og Loddefjord som gir økte konsentrasjoner ikke fanges godt nok opp. Overestimeringen ved Klosterhaugen kan skyldes noe for høye skipsutslipp. I tillegg ligger Klosterhaugen innenfor km-gridruten hvor noe av skipsutslippet er lagt og spredningen er relativt grovt oppløst i nærområdet til kilden.

Det er relativt godt samsvar mellom målte og beregnede verdier for alle 3 komponenter ved Rolland, Åsane. Dette tyder på at bakgrunnsnivået i gjennomsnitt er godt representert i modellberegningene.

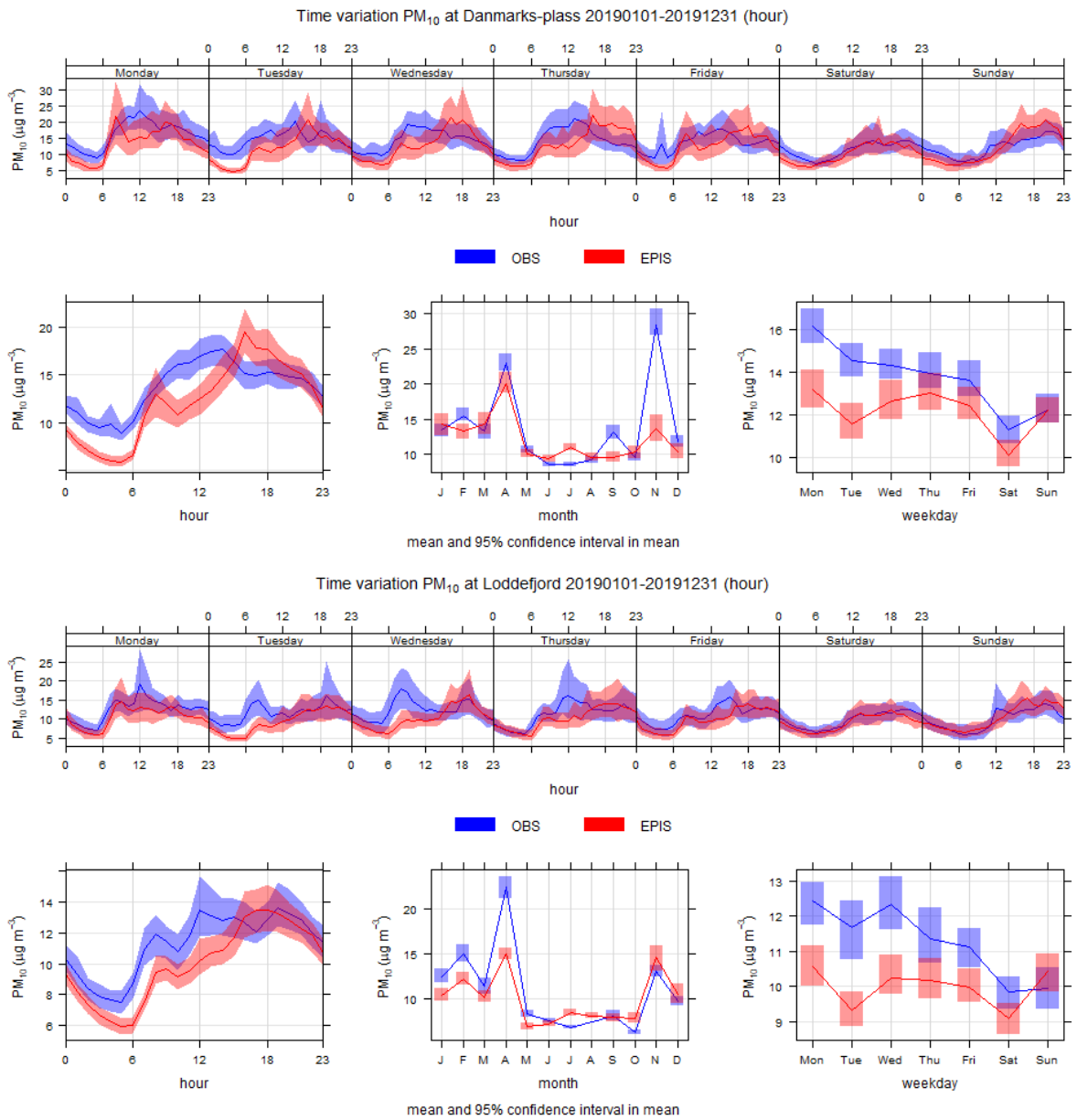
Figur C 8 sammenligner videre målt og beregnet antall overskridelser av grenseverdier, \overline{OVT} og luftkvalitetskriteriet samt verdier ved 25. høyeste døgn og 18. høyeste time. Det er generelt vanskelig å treffe på antall overskridelser, særlig på lavere nivåer. For $PM_{2,5}$ underestimeres særlig antall overskridelser av luftkvalitetskriteriet, mens samsvaret for PM_{10} for \overline{OVT} er noe bedre og for grenseverdien treffer modellen godt.

Tabell C1: Målte og modellerte årsmiddelkonsentrasjoner av PM_{10} , $PM_{2,5}$ og NO_2 i 2019, samt korrelasjoner mellom målte og modellerte timesverdier. Årsmiddel er her regnet ut basert på perioder hvor det finnes dekning for måledata og skiller seg dermed noe fra verdiene presentert i hovedrapporten.

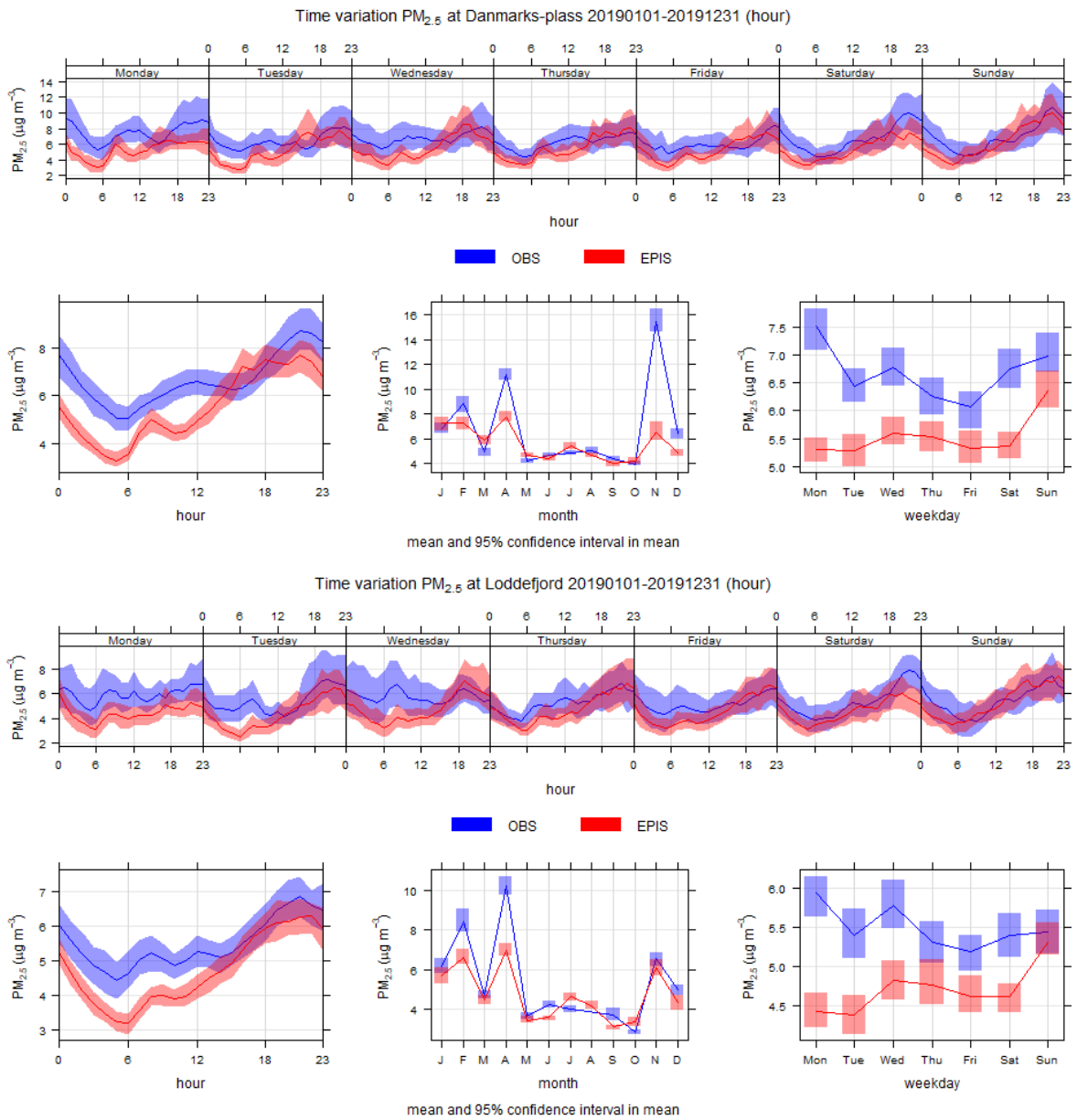
	PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
Målesteder	Målinger 2019	Modell 2019	Korrelasjon, R
Danmarks plass	13,7	12,2	0,24
Klosterhaugen	9,6	9,1	0,41
Loddefjord	11,2	10,3	0,32
Rådal	14,2	9,8	0,24
Rolland, Åsane	6,8	6,9	0,49
	$PM_{2,5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
Målesteder	Målinger 2019	Modell 2019	Korrelasjon, R
Danmarks plass	6,7	5,5	0,32
Klosterhaugen	5,8	5,8	0,41
Loddefjord	5,5	4,8	0,46
Rådal	6,0	4,9	0,39
Rolland, Åsane	4,2	3,9	0,52
	NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
Målesteder	Målinger 2019	Modell 2019	Korrelasjon, R
Danmarks plass	32,7	28,4	0,30
Klosterhaugen	18,8	26,6	0,37
Loddefjord	25,3	18,8	0,34
Rådal	28,3	15,6	0,29
Rolland, Åsane	5,7	5,9	0,35



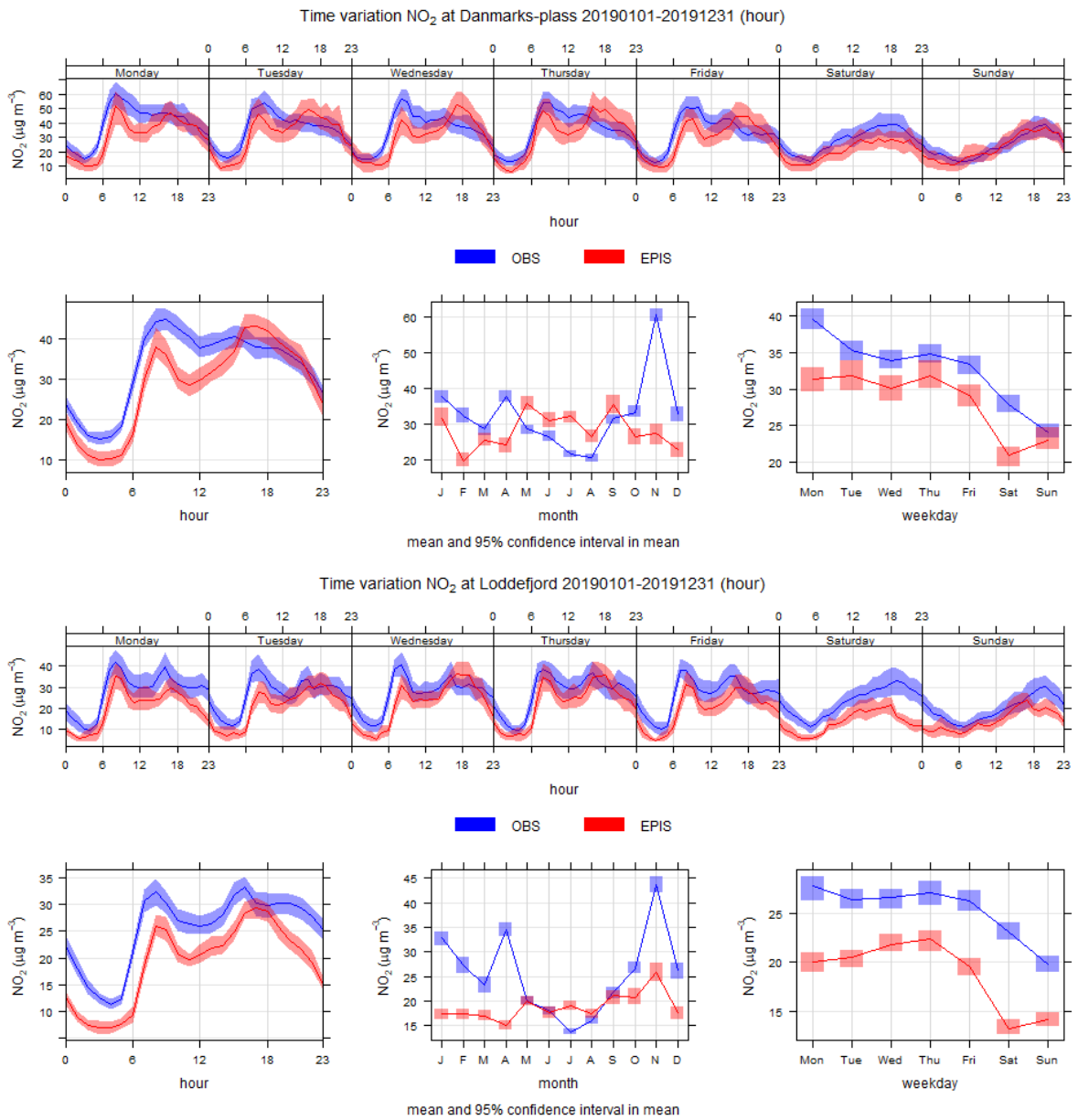
Figur C 5: Støvdepot i Fanavegen som kan ha sitt opphav i anleggsvirksomhet. Foto: Torleif Weydahl



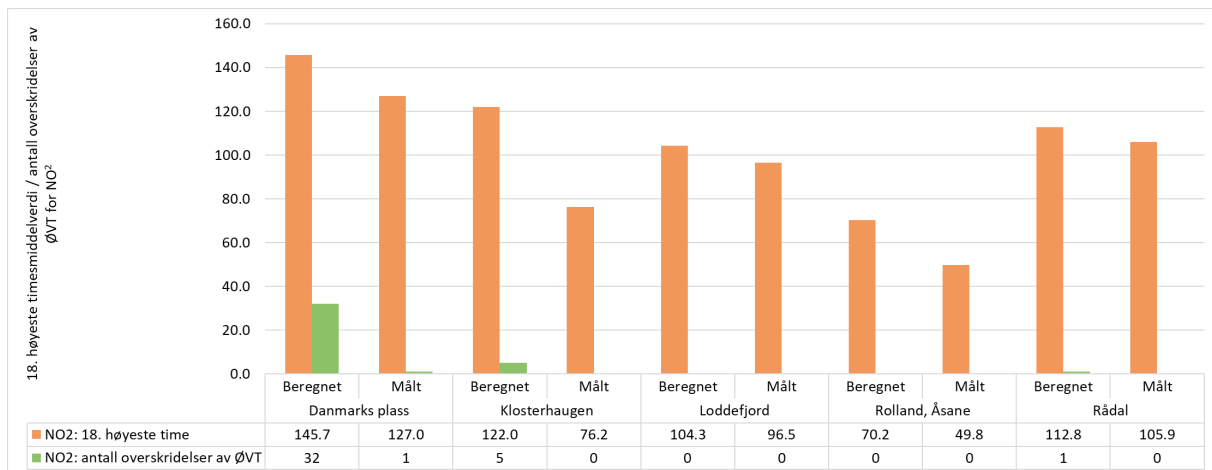
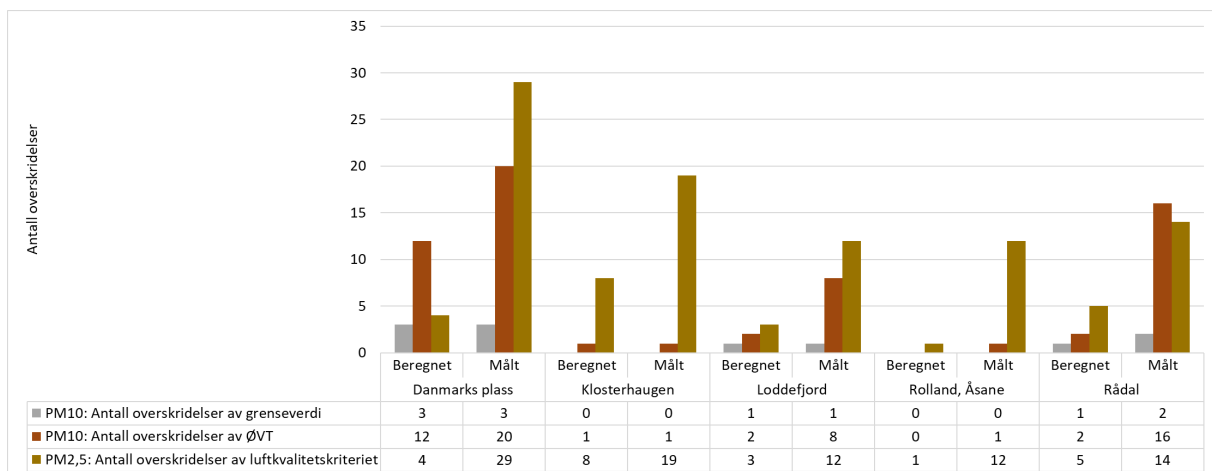
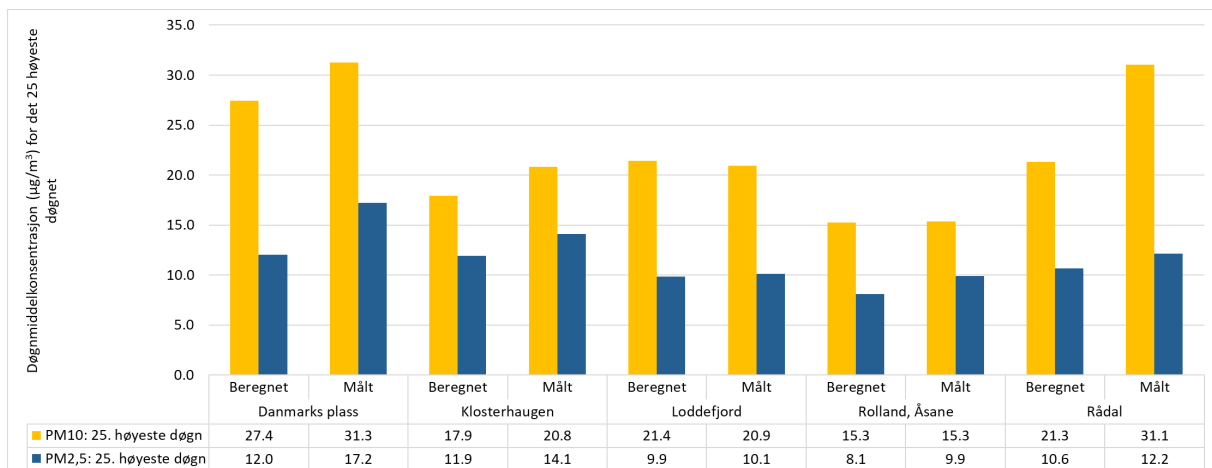
Figur C6: Sammenligner statistikk for målte verdier (OBS) og resultat fra spredningsberegninger (EPIS) for PM_{10} konsentrasjoner ved Danmarks plass (øverst) og Loddefjord (nederst).



Figur C6: Sammenligning av målt (blå kurve) og beregnet (rød kurve) konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) av $PM_{2.5}$ ved Danmarks plass (øverst) og Loddefjord (nederst).



Figur C7: Sammenligning av målt (blå kurve) og beregnet (rød kurve) konsentrasjon ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) av NO₂ ved Danmarks plass (øverst) og Loddefjord (nederst).

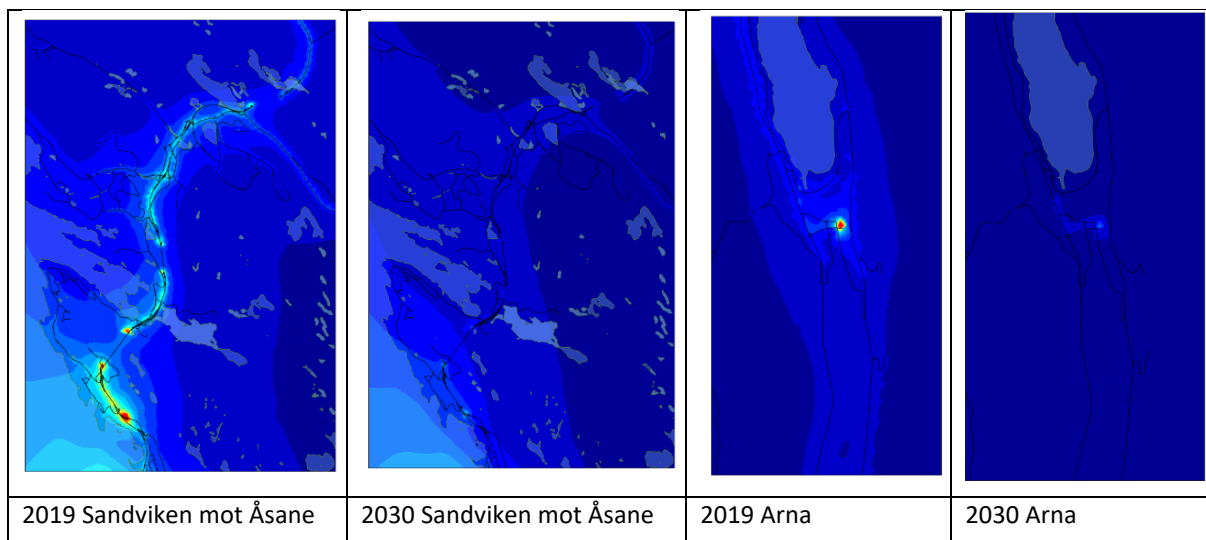
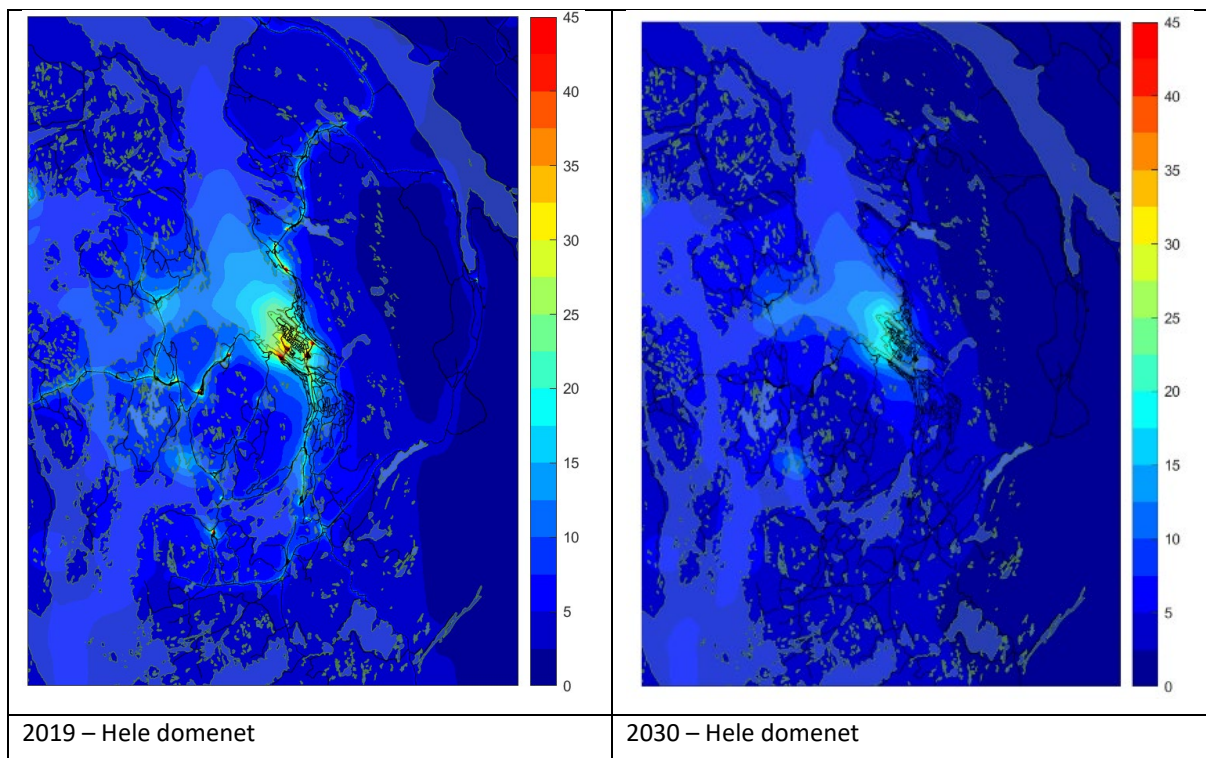


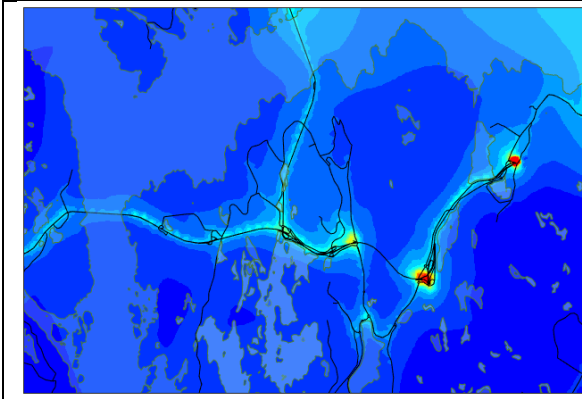
Figur C 8: Øverst: Sammenligning av beregnet og målt døgnmiddelverdi for PM₁₀ og PM_{2,5} ved det 25. høyeste døgnnet. Midten: Sammenligning av beregnet og målt antall overskridelser av døgnmiddel grenseverdi og ØVT for PM₁₀ og luftkvalitetskriteriet for PM_{2,5}. Nederst: 18. høyeste time og antall overskridelser av ØVT for NO₂.

Vedlegg D Beregningsresultat for 2019 og 2030

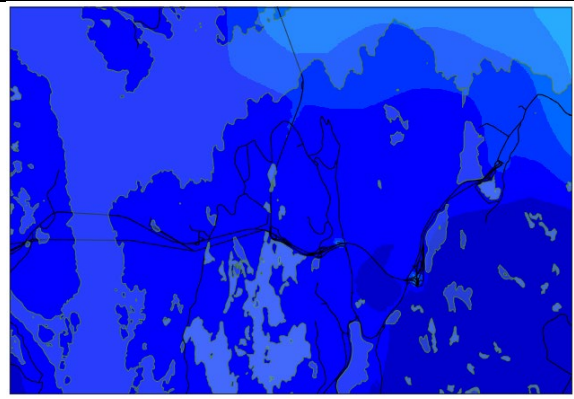
Vedlegget viser resultat for hele beregningsområdet og for utvalgte områder; Sandviken mot Åsane, Arna, Loddefjord og mot Sotra og Rådal/Søreide.

NO₂ årsmiddel:

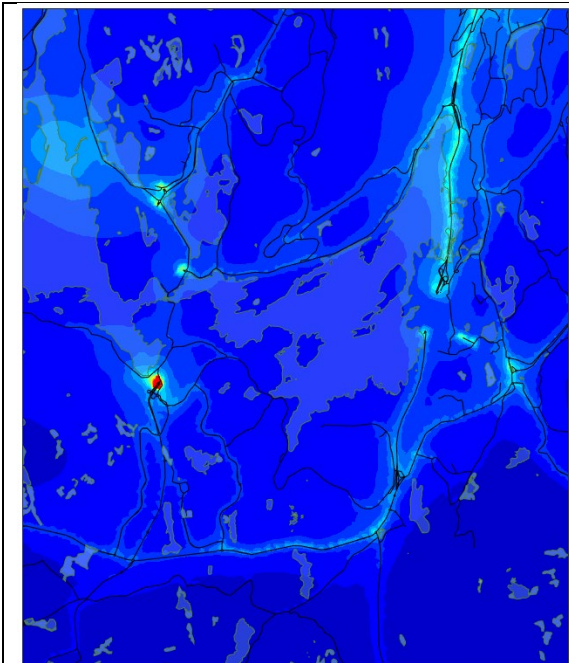




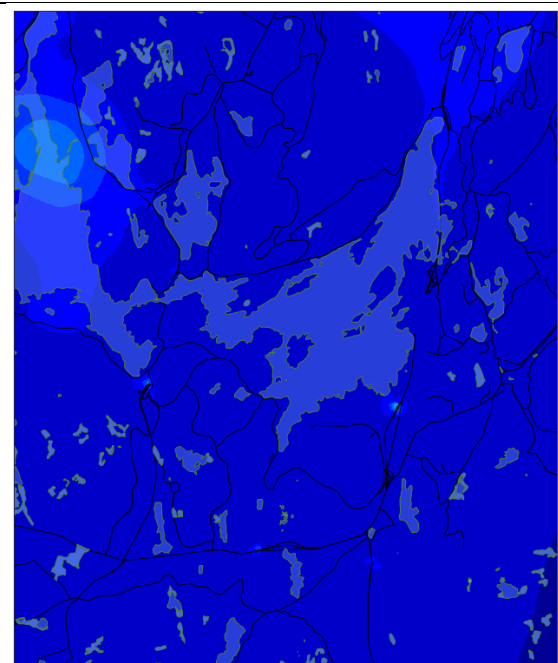
2019 Loddefjord og mot Sotra



2030 Loddefjord og mot Sotra

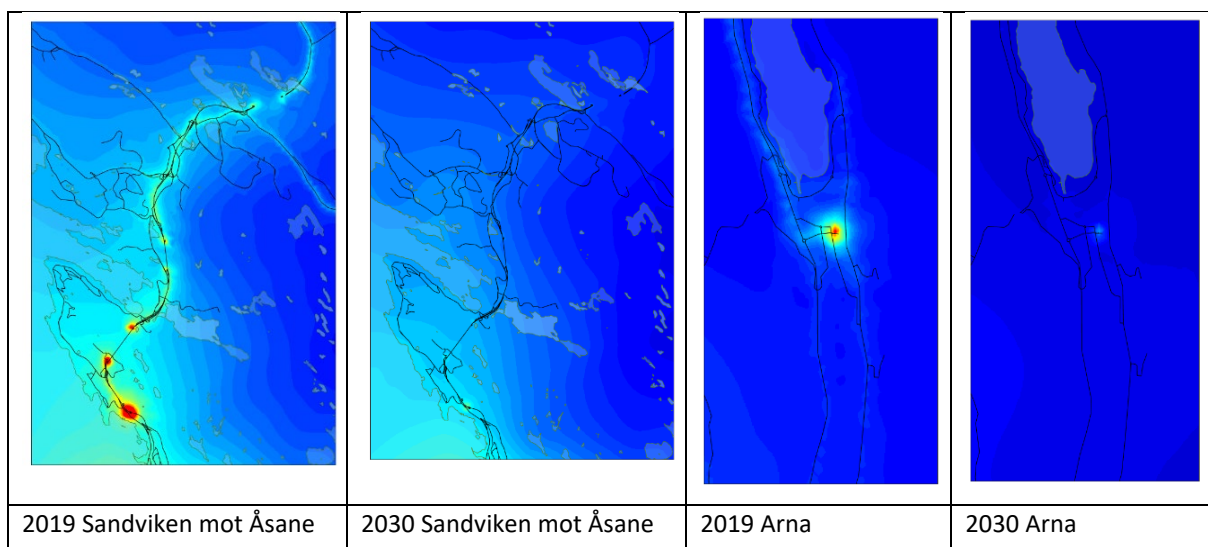
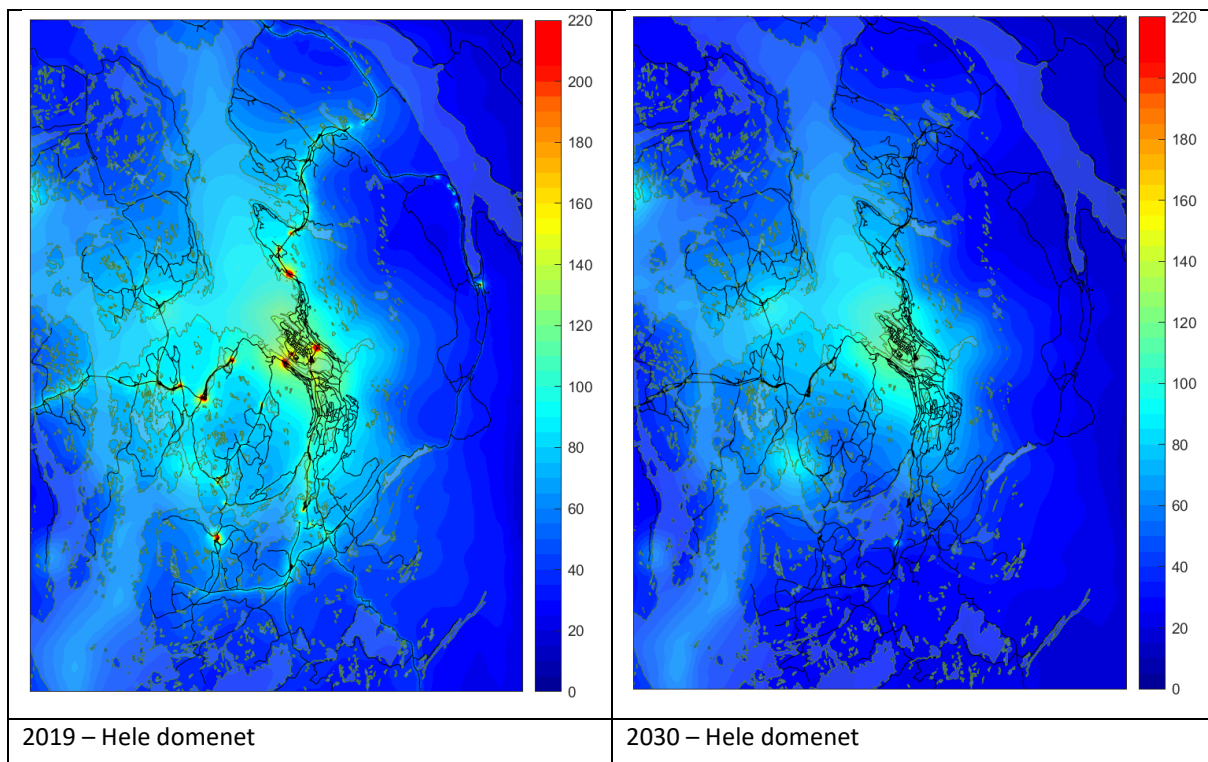


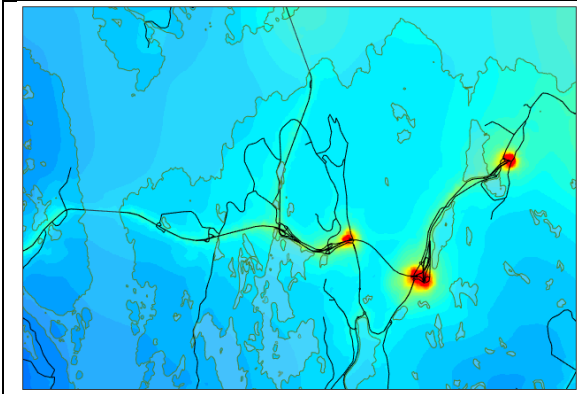
2019 Rådalen, Søreide



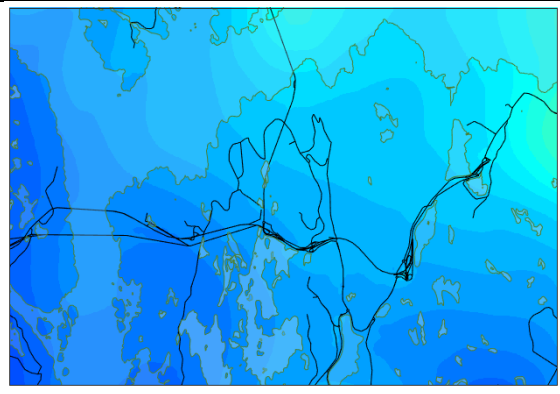
2030 Rådalen, Søreide

NO₂ 19. høyeste timemiddel

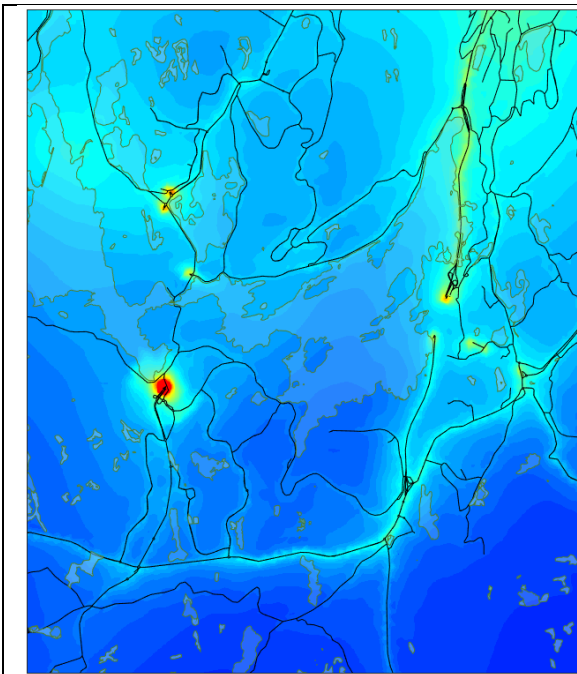




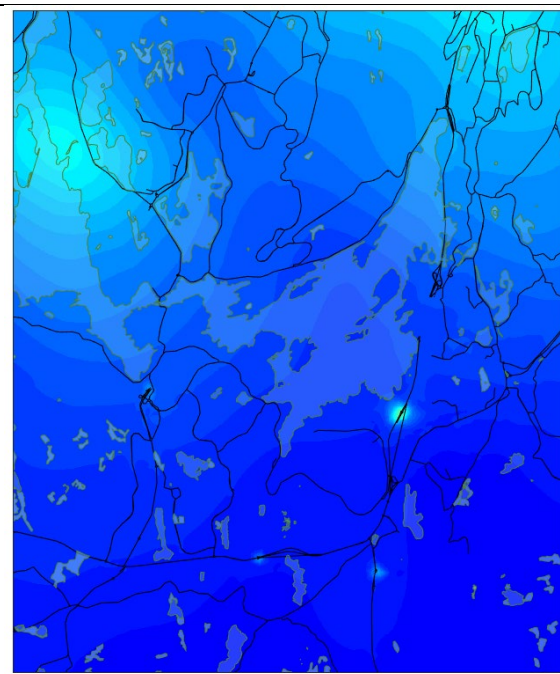
2019 Loddefjord og mot Sotra



2030 Loddefjord og mot Sotra

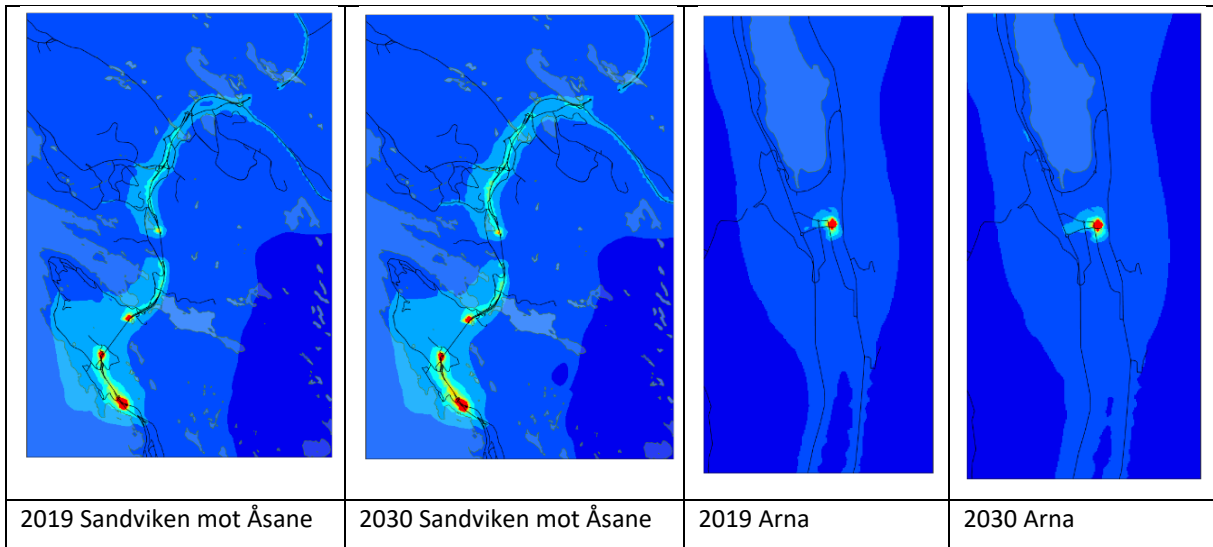
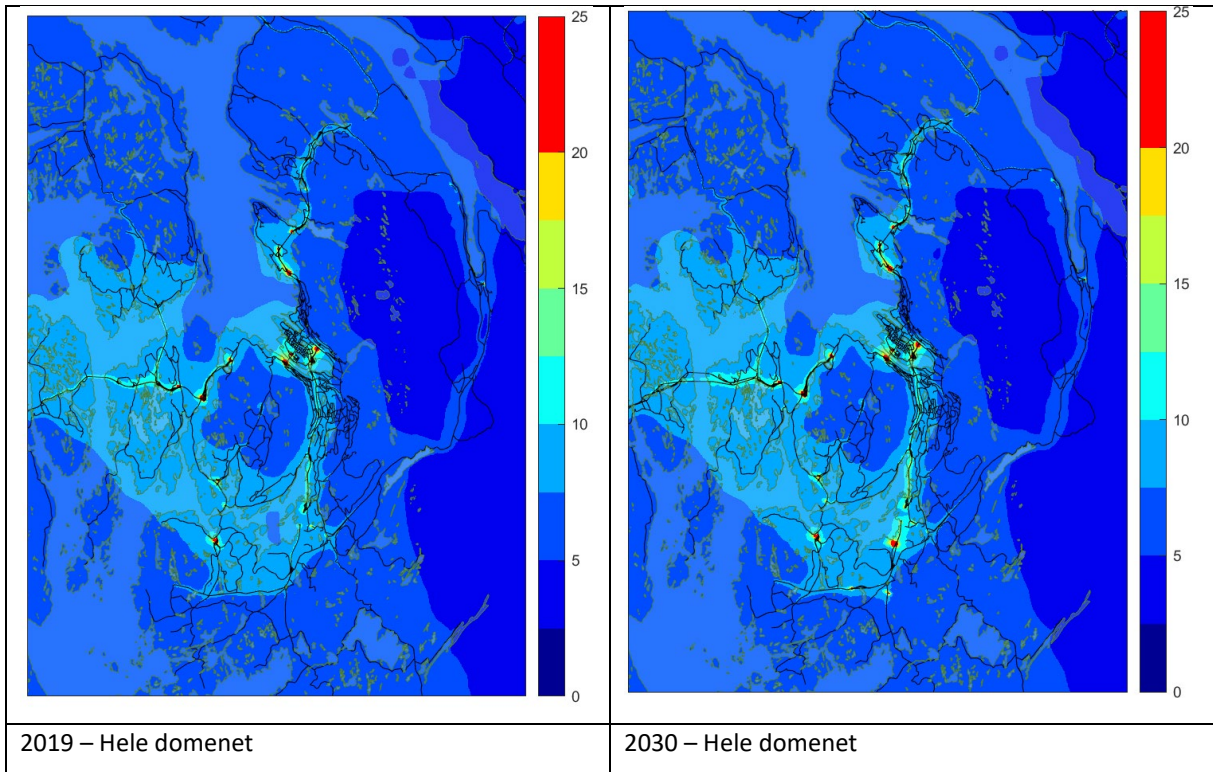


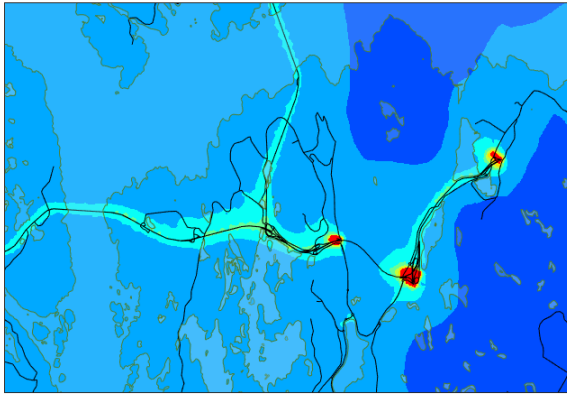
2019 Rådal, Søreide



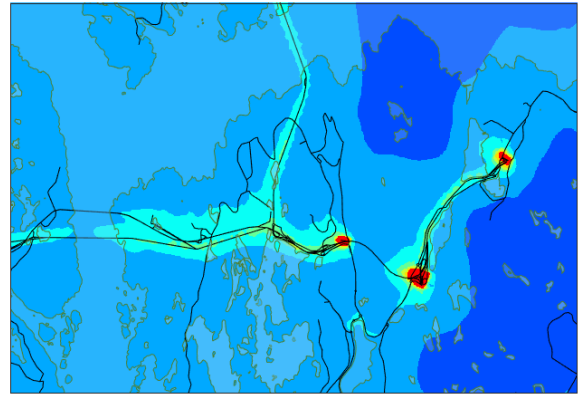
2030 Rådal, Søreide

PM₁₀ Årsmiddel

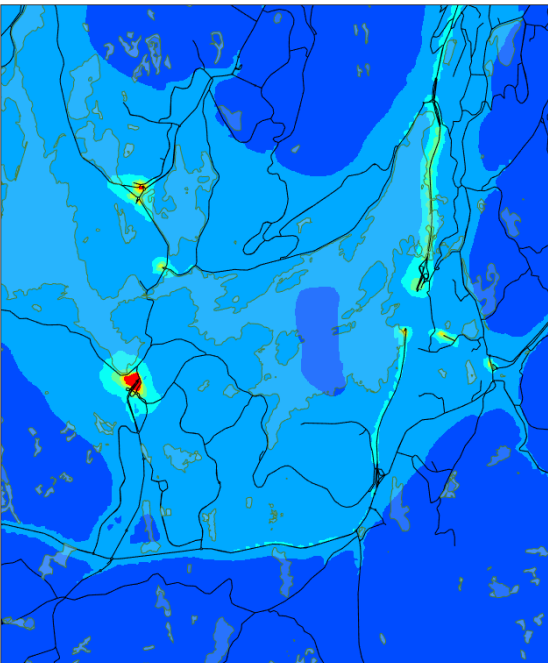




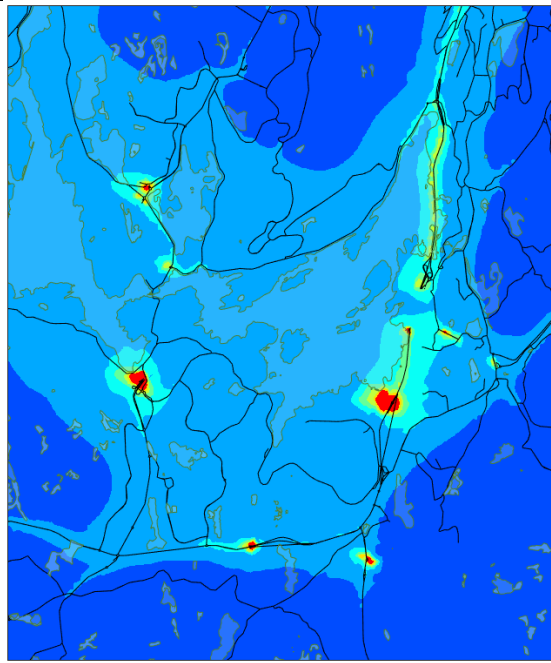
2019 Loddefjord og mot Sotra



2030 Loddefjord og mot Sotra

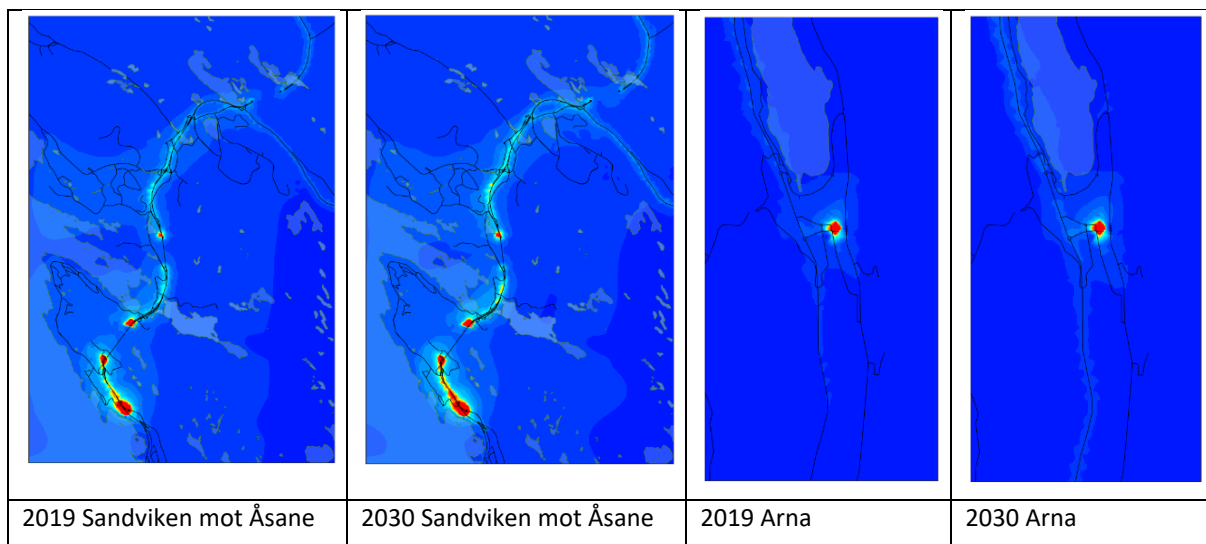
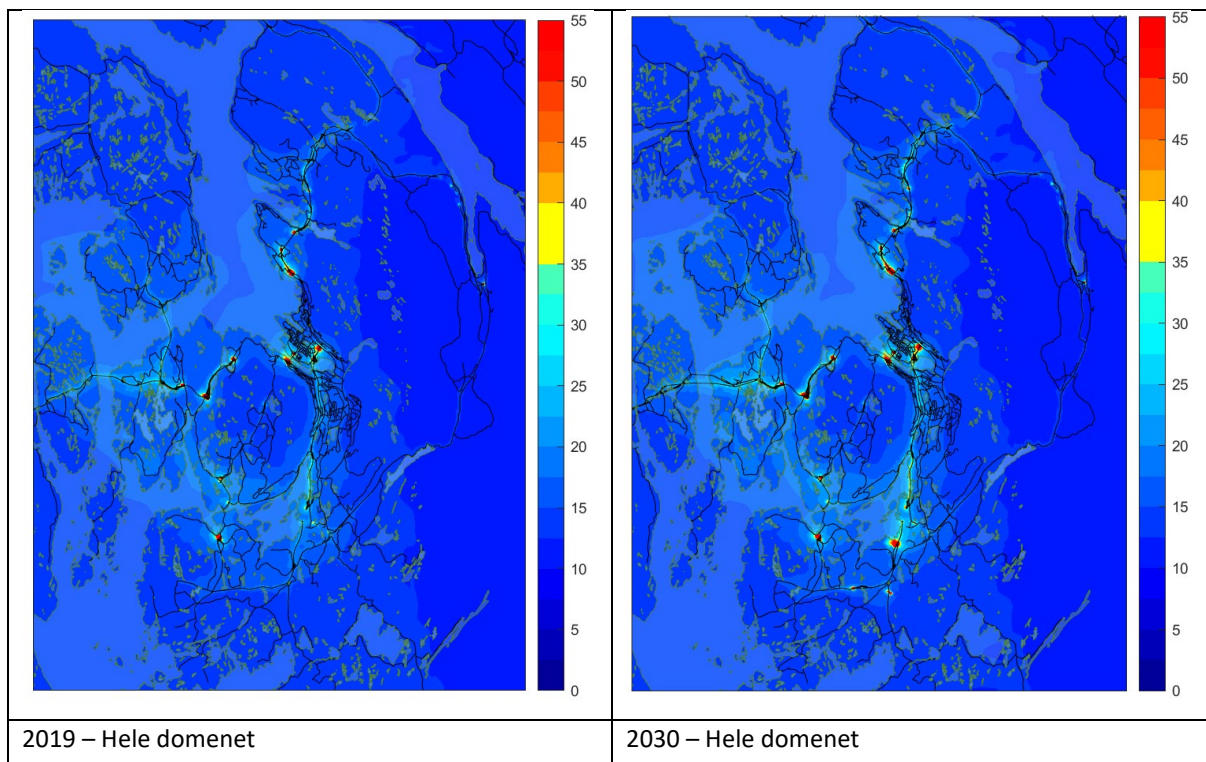


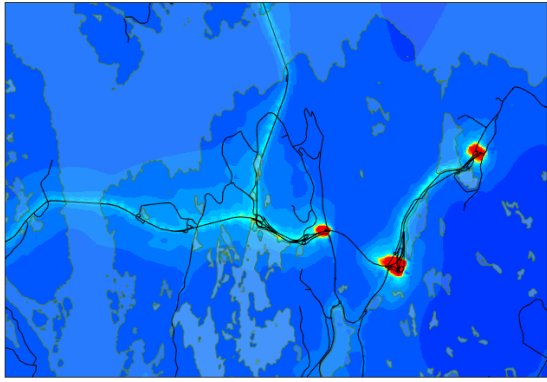
2019 Rådal, Søreide



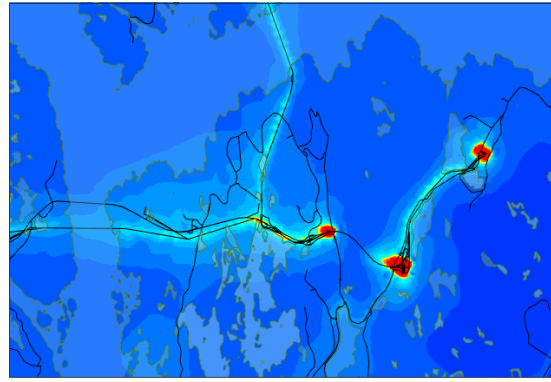
2030 Rådal, Søreide

PM₁₀ 26. høyeste døgnmiddel

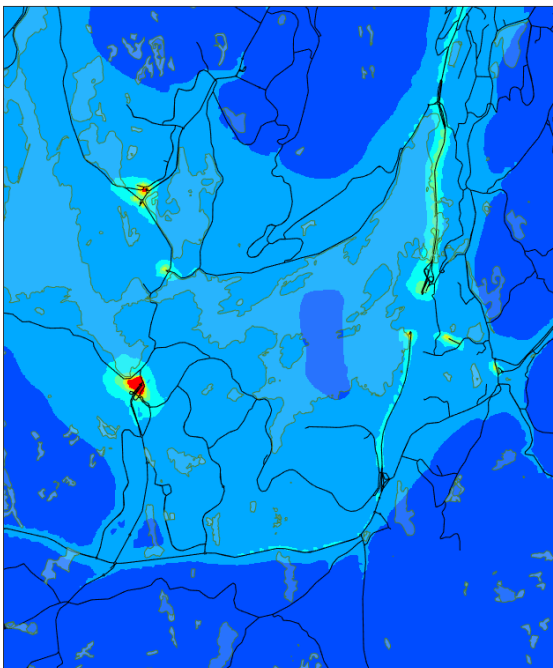




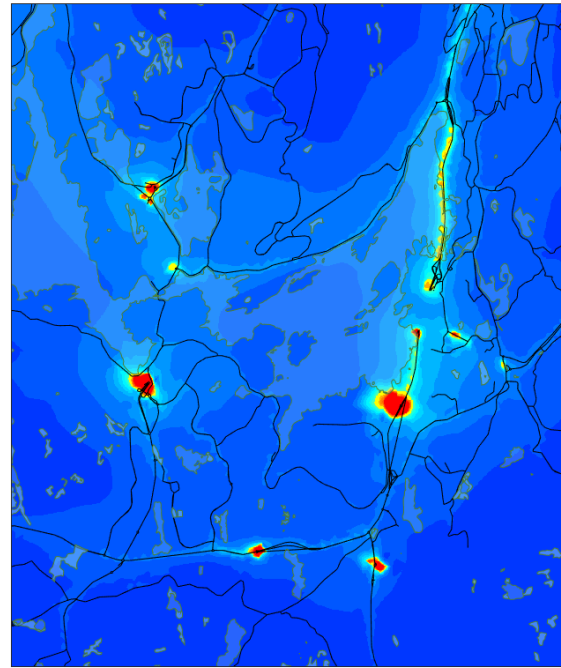
2019 Loddefjord og mot Sotra



2030 Loddefjord og mot Sotra

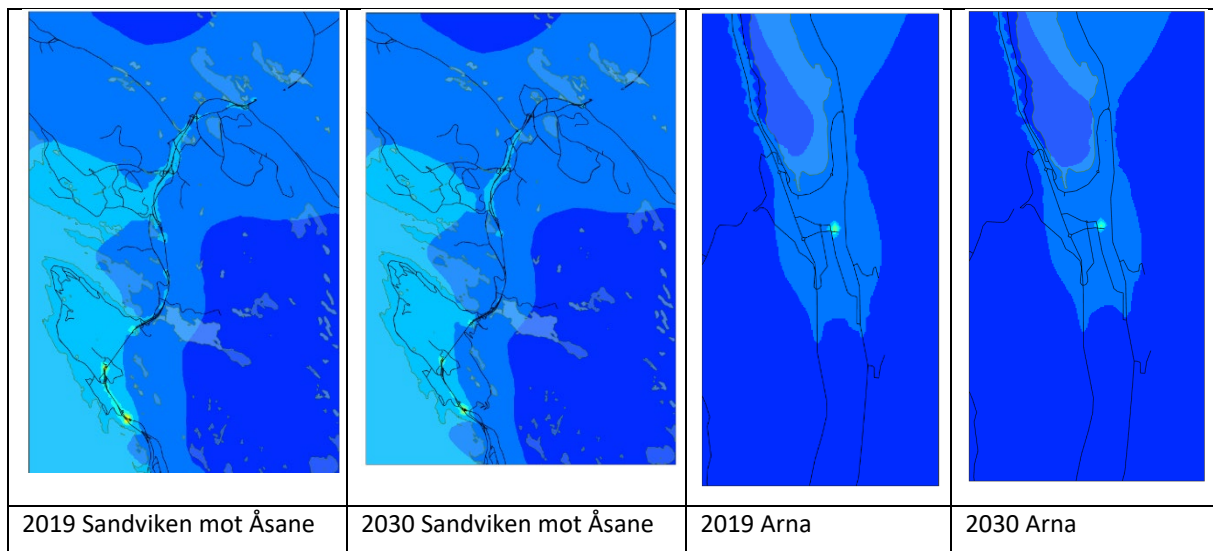
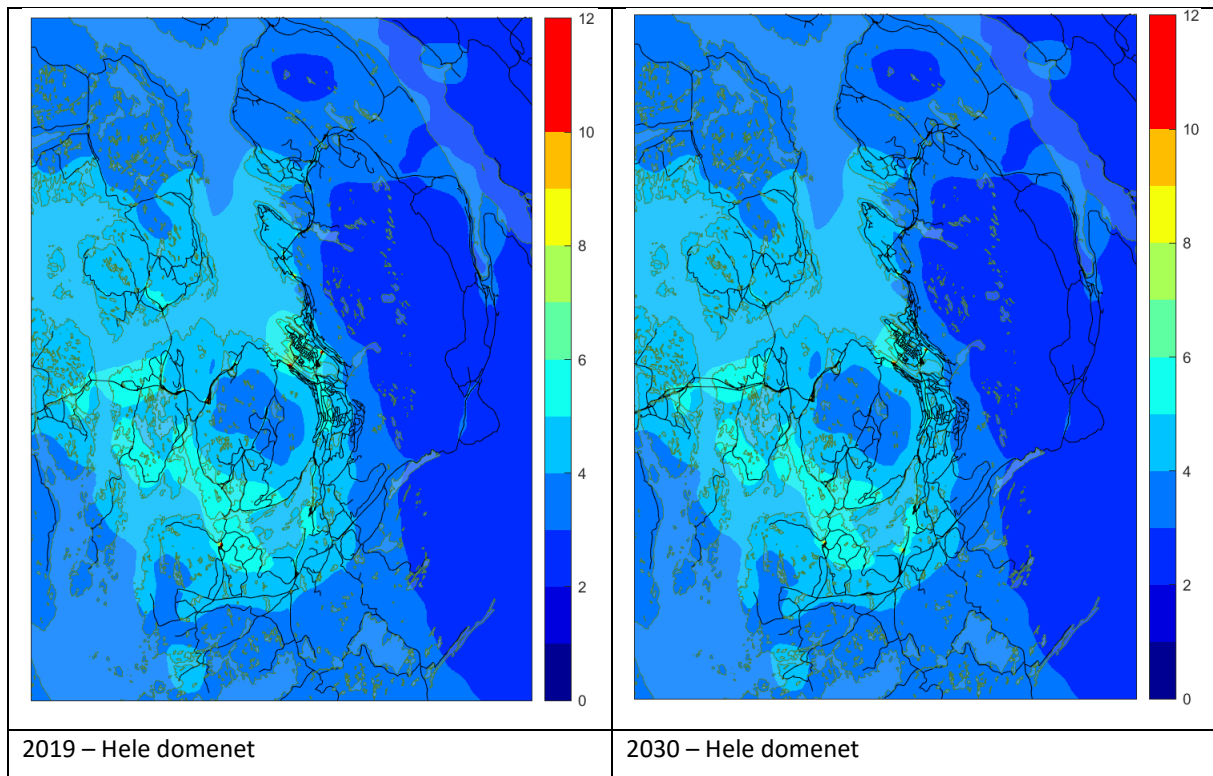


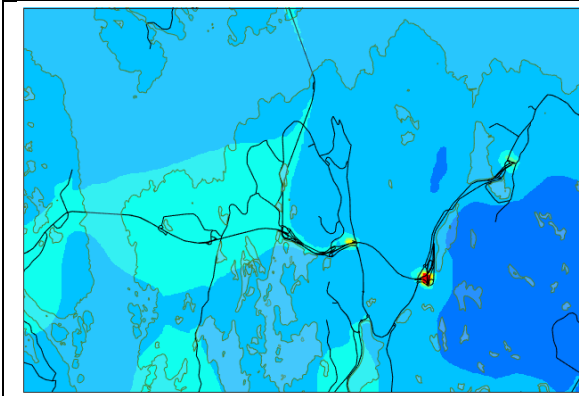
2019 Rådal, Søreide



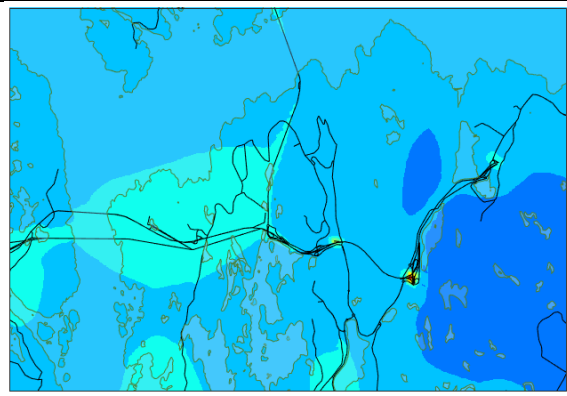
2030 Rådal, Søreide

PM_{2,5} Årsmiddel

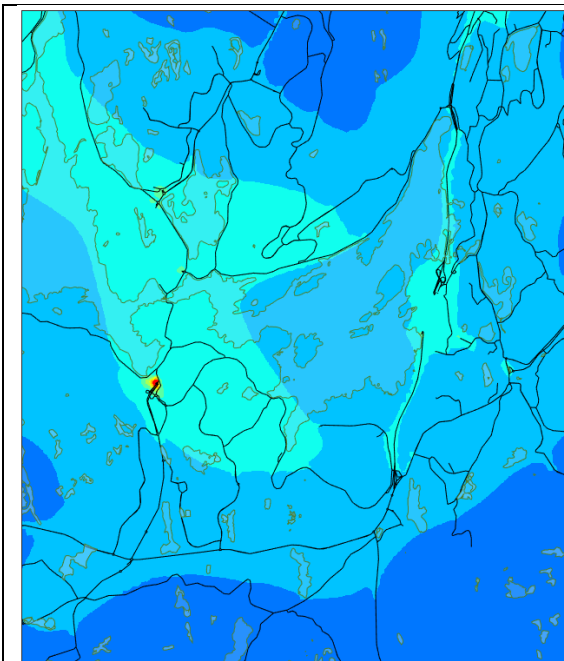




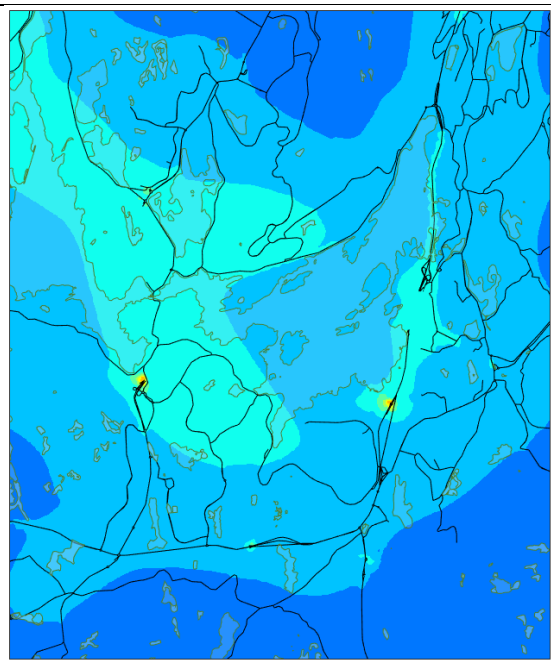
2019 Loddefjord og mot Sotra



2030 Loddefjord og mot Sotra



2019 Rådal, Søreide



2030 Rådal, Søreide

NILU – Norsk institutt for luftforskning

NILU – Norsk institutt for luftforskning er en uavhengig stiftelse etablert i 1969. NILUs forskning har som formål å øke forståelsen for prosesser og effekter knyttet til klimaendringer, atmosfærens sammensetning, luftkvalitet og miljøgifter. På bakgrunn av forskningen leverer NILU integrerte tjenester og produkter innenfor analyse, overvåkning og rådgivning. NILU er opptatt av å opplyse og gi råd til samfunnet om klimaendringer og forurensning og konsekvensene av dette.

NILUs verdier: Integritet – Kompetanse – Samfunnsnytte

NILUs visjon: Forskning for en ren atmosfære

NILU – Norsk institutt for luftforskning

Postboks 100, 2027 KJELLER

E-post: nilu@nilu.no

<http://www.nilu.no>

ISBN: 978-82-425-3100-1

ISSN: 2464-3327