

Bybanen til Åsane – BT5.  
Reguleringsplan med teknisk forprosjekt

---

Dato: 2022-09-15

## DSF – Fløyfjelltunnelen - vurdering av ventilasjonstårn og luftforurensning fra tunnelportaler

### Sammendrag og oppsummering

Det er gjort vurdering av spredning av luftforurensning fra tunnelportaler for forlenget Fløyfjellstunnel til Eidsvåg. Formålet har vært å (1) vurdere om det er behov for ventilasjonstårn og (2) finne geografisk plassering for eventuelt lufttetårn. Vurderingen av økt utslipp av støv fra tunnelen som følge av forlengelse er gjort for begge tunnellopp, men det er kun vurdert tiltak for utslippet fra nordgående løp. For sørgående tunnellopp er det ikke gjort vurdering av konsekvens for eksisterende ventilasjonstårn. Eventuelle oppgraderinger av ventilasjonstårnet er en del av Statens Vegvesens sitt prosjekt med oppgraderingen av Fløyfjelltunnelen sør.

Nordgående løp i Fløyfjelltunnelen er i dag tilknyttet ventilasjonstårn i Sandviken. Etter forlengelsen av tunnelen vil dette ikke ha egnet plassering for å begrense utslipp av luftforurensning fra nordgående løp. Effektiv bruk av ventilasjonstårn forutsetter at ventilasjonstårnet er tilkoblet tunnelen like før ut-portalen der konsentrasjonene av forurensning i luften er høyest.

Dersom Fløyfjelltunnelen forlenges, uten tiltak, vil det for nordgående løp være et vesentlig område utenfor tunnelportalen i Eidsvåg som kan få overskridelser av kravet til PM<sub>10</sub>-konsentrasjon. Det anbefales derfor at det etableres et ventilasjonstårn like før portalen i Eidsvåg for nordgående løp. Dette vil begrense området som kan få overskridelse av kravet til PM<sub>10</sub>-konsentrasjon. For detaljert vurdering av luftkvalitet utenfor tunnelportal i Eidsvåg henvises det til notatet NO-DSF-013.

03J	Tredje utgave	2022-09-15	errpe	KJB	GAS	IOV
02D	Andre utgave	2022-03-11	errpe	KJB	GAS	IOV
01D	Første utgave	2021-03-22	errpe	MiSkr	GAS/KJB	IOV
Versjon	Beskrivelse	Dato	Utarb. av	Fagkontroll	Tverf.kontr.	Godkj. av

Dette dokumentet er utarbeidet av rådgiver som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører rådgiver. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

## 1 Bakgrunn

Dagens fløyfjellstunnel er en toløps tunnel fra Bergen sentrum til Sandviken. Sørgående løp er tilknyttet et ventilasjonstårn i Bergen sentrum. Nordgående løp er tilknyttet et ventilasjonstårn i Sandviken. Det er gjort en vurdering av konsekvens av forlenget Fløyfjellstunnel og hvordan dette påvirker utslippet av luftforurensning fra tunnelen.

Statens Vegvesen har et eget prosjekt på oppgradering av eksisterende Fløyfjellstunnel. Luftetårnet ved Kjerringen, tilknyttet sørgående løp, er en del av Statens Vegvesens sitt prosjekt. Eventuelle behov for oppgradering og vurdering av kapasitet i til dette ventilasjonstårnet er derfor ikke inkludert i dette notatet.



Figur 1: Prinsippskisse av tunnelsystem.

Figur 1 viser skisse av mulig fremtidig tunnelsystem. Eksisterende del av tunnelsystemet er vist med heltrukket linje, mens ny del er vist med stiplet linje. Dagens utportal for nordgående løp i Sandviken skal tas ut av bruk og det etableres en ny avrampe til Sandviken. Dagens portal i Sandviken for sørgående løp skal brukes videre som pårampe

Det er gjort vurdering av utslipp fra tunnelportalene i tunnelsystemet. Tunnelen skal ventileres ved at trafikken trekker med seg luft gjennom tunnelen (stempeleffekt). Lufthastigheten i tunnelen kan økes, ved behov, i samme retning som trafikken ved bruk av impulsvisfer. Dette fører til at det vil komme luft ut fra tunnelportalene der bilene kjører ut. De blå pilene i figuren viser ut-portalene i tunnelsystemet.

## 2 Beregningsgrunnlag og -metode

Som følge av stadig økende andel elbiler, samt forbedret motorteknologi for dieselskjøretøy, har det de senere årene vært en markant reduksjon i utslipp av NO<sub>2</sub>. Denne utviklingen forventes å fortsette. Utslipet av PM<sub>10</sub> er i liten grad påvirket av forbedret motorteknologi.

PM<sub>10</sub>-utslippet domineres i hovedsak av veg- og bremseslitasje. Dersom utslippet av NO<sub>2</sub> og PM<sub>10</sub> sammenlignes opp mot forurensingsforskriftens grenseverdier, er det slik at det fra tunnelportaler er PM<sub>10</sub> som først vil overskride grenseverdiene. Vurdering av størrelse på området utenfor tunnelportal, hvor kravet til luftkvalitet ikke tilfredsstilles, er derfor gjort for utslipp av PM<sub>10</sub>.

Utslipp fra tunnelportalene og forventet lufthastighet ut fra portalene er beregnet i IDA-tunnel, versjon 4.7.1, fra EQUA Simulations [1]. Det tas hensyn til friksjonskrefter mot tunnelvegg og kjøretøy, drag fra kjøretøy, impulskrefter fra vifter, innløp, utløpstap, trykktap som følger av tværnittsendringer. Utslippstall fra lette og tunge kjøretøy er hentet fra HBEFA. For støv inkluderer dette faktorer som kommer fra andre kilder enn forbrenning i motor, slik som bremseslitasje, vegslitasje (inkludert piggdekk) og oppvirvling fra vegbanene. Denne faktorer gir et vesentlig bidrag til PM<sub>10</sub> utslippet fra tunnelen. Ved bruk av denne modellen er utslippet fra tunnelen beregnet.

AERMOD er benyttet for beregning av konsentrasjon av støv utenfor tunnelportal. AERMOD (Lakes Software, n.d.) er en gaussisk spredningsmodell som er utviklet av amerikanske miljømyndigheter (United States Environmental Protection Agency, EPA). Modellen er godkjent av norske myndigheter, og anses å være et «state-of-the-art»-modelleringsystem for spredningsberegninger. Modellen simulerer fysiske atmosfæriske prosesser og beregner konsentrasjoner i omgivelsene over et vidt spekter av meteorologiske forhold og modelleringsscenarier. AERMOD View fra Lakes Environmental er benyttet som programvare.

Basert på de meteorologiske dataene for området, terrengdata (innhentet fra Statens kartverk (Kartverket, u.d.)), samt lokale bakgrunnskonsentrasjoner og utslippskilder, beregner programvaren konsentrasjon av luftforurensning i omgivelsene i mikrogram per kubikkmeter luft (µg/m<sup>3</sup>).

Modelleringen er gjort med svevestøv (PM<sub>10</sub>) som utslippsparametere. Det er gjort beregninger for døgnmidlet og årsmidlet konsentrasjon på bakkenivå for å vurdere konsentrasjonen ved vannoverflaten.

En svakhet med modelleringsprogrammet er at den ikke egner seg til å modellere effekter av f.eks. støyskjerming og bygninger, når utslippskilden er en linjekilde. Dette fungerer kun for punktutslipp for f.eks. industri. Støyskjermer kan ha flere påvirkninger på luftforurensningen. De tvinger luftstrømmene til å gå over og rundt barrieren, slik at luftforurensningsnivået blir lavere nedstrøms av barrieren. De kan også skape en sirkulerende turbulens på baksiden av skjermen og videre nedstrøms. Forurensning som slippes ut nedstrøms for barrieren kan dermed bli fanget i turbulensen. Slike effekter er ikke mulige å modellere i AERMOD.

Det er lagt til grunn at ventilasjonstårnet kun er i drift på dagtid. Det vil da si at ventilasjonstårn/avtrekk er i drift i den perioden når trafikken i tunnelen er høy og konsentrasjonen av støv i tunnelen er høy. For denne vurderingen vil det si perioden 06:00 til 20:00. Den resterende delen av døgnet er ventilasjonstårn/avtrekkssjakter ikke i drift og alt utslippet fra tunnelen blir da ut tunnelportalene.

Luftkvalitet utenfor tunnelportal er vurdert for en døgntrafikk på 115 % av ÅDT. Dette tilsvarer YDT. Trafikkmengden i tunnelen forventes å variere over året og være ulik over dagene i uken. Det er dager med uheldig værforhold i piggdekkseasonen hvor det vil oppstå de største områdene utenfor tunnelportalene med overskridelser av kravet til luftkvalitet. En døgntrafikk på 115 % av ÅDT vurderes å være blant de dagene med høyest trafikk i løpet av

piggdekkessesongen. Beregnet utslipp og da beregnet konsentrasjon utenfor tunnelen vurderes å representere de dårligste periodene i løpet av en vintersesong.

### 3 Sørgående løp

Sørgående løp får ved forlenget løsning fortsatt kun én ut-portal. Det vil si at all forurensningen som produseres i sørgående løp med tilhørende ramper vil bli sluppet ut fra eksisterende tunnelportal mot Bergen sentrum. Denne tunnelportalen har i dag ventilasjonstårn. Forlenget tunnel vil føre til vesentlig høyere utslipp fra denne portalen, dersom ventilasjonstårnet ikke benyttes.

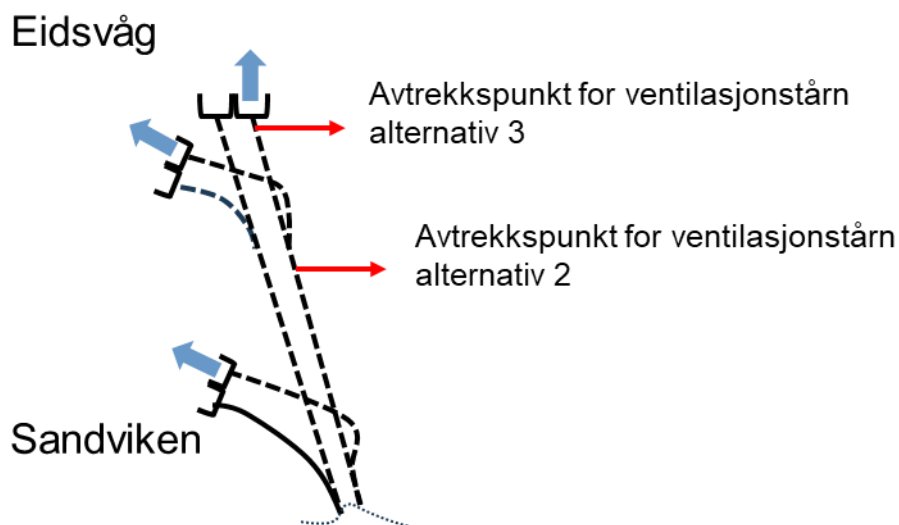
NOAV er ikke kjent med hvordan ventilasjonstårnet benyttes i dag. Maksimal avtrekkskapasitet og teknisk tilstand i eksisterende ventilasjonstårn er ikke undersøkt. Det anbefales at det i det videre arbeidet blir avklart Statens Vegvesens erfaring med og bruk av det eksisterende ventilasjonstårnet. Det anbefales også at det undersøkes om ventilasjonstårnet har kapasitet til å håndtere forventet ventilasjonsmengde og har tilstrekkelig løftehøyde ved den konsentrasjonen av PM<sub>10</sub> som må forventes for forlenget løsning. Det er avklart med Statens Vegvesen at dette håndteres i prosjektet for oppgradering av eksisterende Fløyfjellstunnel, Fløyfjelltunnelen sør.

### 4 Nordgående løp

Stempeleffekten fra trafikken bidrar til ventilasjon av tunnelen. I store deler av døgnet forventes dette å være tilstrekkelig for å overholde kravet til luftkvalitet inne i tunnelen.

For nordgående løp er tre alternativer for spredning av utslippet fra tunnelen vurdert:

1. Spredning uten ventilasjonstårn. Det vil si at alt utslippet av forurenset luft fra tunnelen kommer ut fra tunnelportalene.
2. Spredning med ventilasjonstårn med avtrekkspunkt før avrampen til Eidsvåg. Det vil si at mye av den forurensede luften fra tunnelen blir trukket ut ventilasjonstårnet og ikke når portalen på Eidsvåg.
3. Spredning med ventilasjonstårn rett før tunnelmunningen til hovedløpet i Eidsvåg. Det vil si at mye av den forurensede luften fra tunnelen blir trukket ut ventilasjonstårnet og ikke når portalen på Eidsvåg.
4. Vurderte plasseringer for ventilasjonstårn er vist i *figur 2*. Bygningsmessig vil ventilasjonstårnet i alternativ 2 være utformet som et tverrslag og ikke som et loddrett tårn. I dette notatet er begge alternativene omtalt som ventilasjonstårn.



Figur 2: Plassering av vurderte plasseringer for ventilasjonssjakt i nordgående løp.

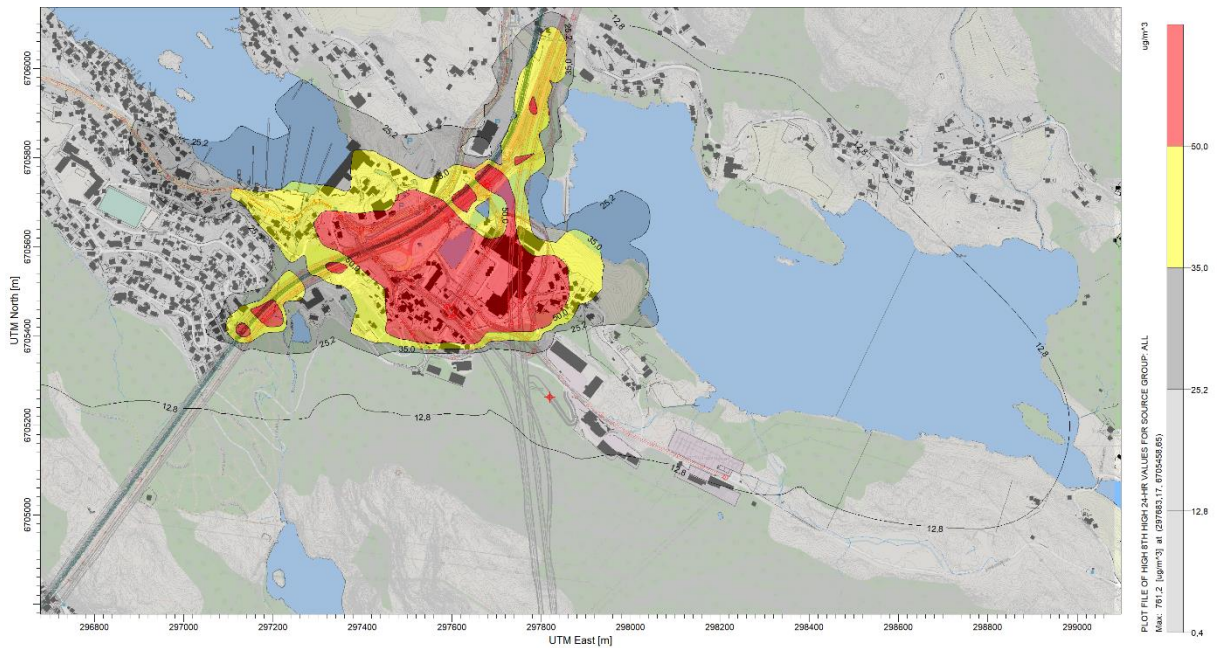
Dagens ventilasjonstårn tilknyttet nordgående løp, i Sandviken, vil ikke være egnet for bruk ved forlenget løsning for Fløyfjelltunnelen. For at ventilasjonstårn skal fungere effektiv må de være plassert i tilknytning til ut-portalen til tunneløpet. Ventilasjonstårnet skal da benyttes for å forhindre at den forurensede luften går ut portalen, men isteden får bedre uttynning når den spres fra tårnet. Ventilasjonstårnet utformes da slik at luftkvaliteten i bakkenivå tilfredsstiller gjeldende krav. For forlenget løsning, vil eksisterende ventilasjonstårn i Sandviken da komme for tidlig i tunnelen og mye av forurensningen i tunnelen vil bli generert etter ventilasjonstårnet.

#### 4.1 Spredning uten ventilasjonstårn (alternativ 1)

Uten ventilasjonstårn vil alt utslippet fra kjøretøyene i tunnelen komme gjennom tunnelportalene. For nordgående løp kan det dermed være utslipp fra ny ut-portal i Sandviken, ut-portal for rampe i Eidsvåg og portalen på hovedløpet i Eidsvåg. Hvor mye utslipp det blir fra hver portal vil være avhengig av trafikken i tunnelen og hvordan ventilasjonen er i drift.

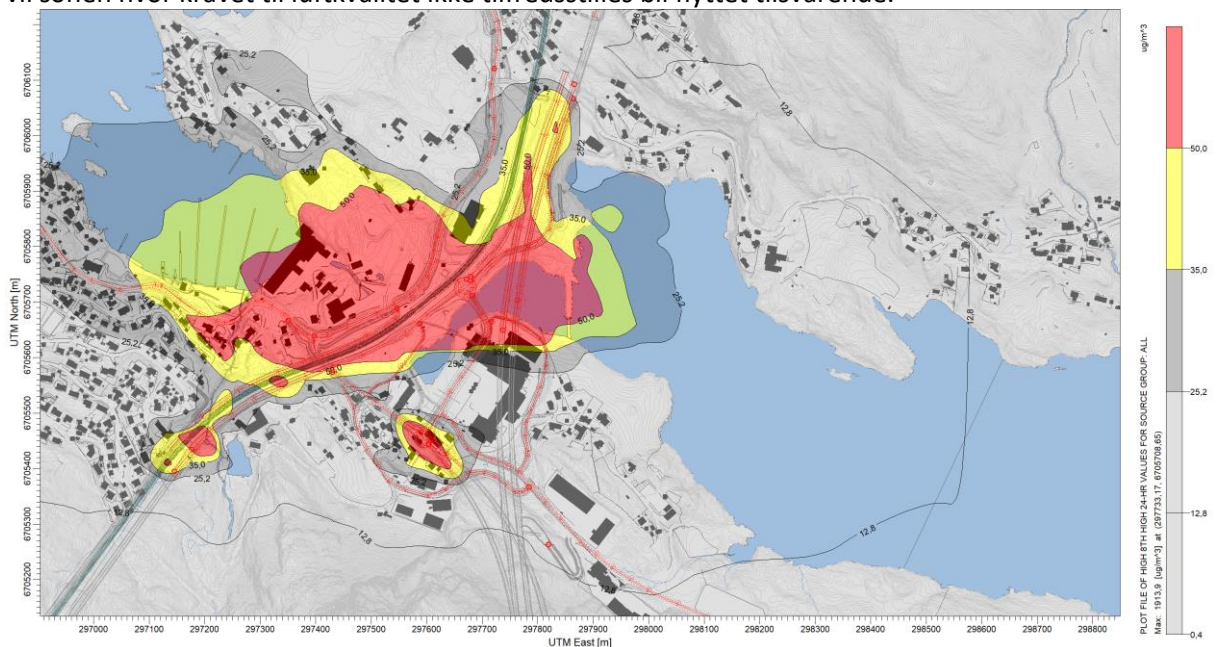
Ved den trafikken som er lagt til grunn for vurderingen blir stempeleffekten fra trafikken større i hovedløpet enn i rampene. Som følge av dette blir utslippet fra portalen i Sandviken veldig begrenset. Det meste av forurensningen i tunnelen blir med hovedløpet videre mot Eidsvåg og det meste av forurensningene fra det nordgående løpet går ut portalen på hovedløpet, men noe av utslippet går også ut rampen på Eidsvåg.

Figur 3 viser området hvor det kan bli overskridelser av kravet til døgnmiddelkonsentrasjon av PM<sub>10</sub>. Det vil si at det skraverte området tilsvarer rød sone i henhold til T-1520 [4]. Denne sonen er større enn de 50-100 m som er anbefalt i T-1520. Det anbefales derfor at det vurderes bruk av ventilasjonstårn for å kontrollere utslippet i Eidsvåg. Om dette ikke gjøres må det forventes å bli vesentlig begrensning på bruk av arealet utenfor tunnelportalene som følge av luftkvaliteten.

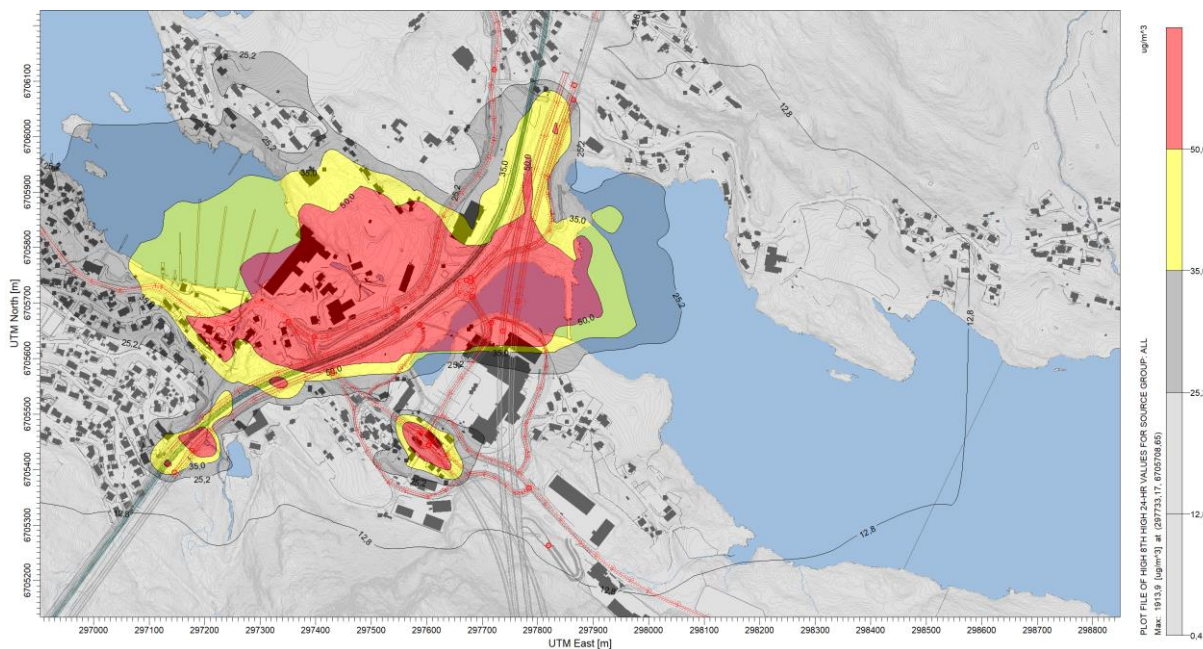


Figur 3: Spredning av PM<sub>10</sub> utenfor portalene fra hovedløpet og rampen på Eidsvåg. Området med rød skravering kan få overskridelser av døgnmiddelkonsentrasjon av PM<sub>10</sub>.

Dersom det velges en løsning med forlenget portal eller lokk i enden av hovedløpet i Eidsvåg, vil sonen hvor kravet til luftkvalitet ikke tilfredsstilles bli flyttet tilsvarende.



Figur 4 viser luftsonekart for situasjonen med forlenget tunnelportal uten ventilasjonstårn.



Figur 4: Spredning av PM<sub>10</sub> utenfor hovedløp og rampe i Eidsvåg ved forlenget tunnelportal. Situasjon uten bruk av ventilasjonstårn.

For tunnelportalen i Sandviken er utslippet over døgnet så lavt at det ikke forventes overskridelser av kravet til døgnmiddelkonsentrasjon for PM<sub>10</sub>. Dette skyldes at ventilasjonshastigheten i denne rampen er lav og i perioder mot kjøreretningen.

#### 4.2 Spredning med ventilasjonstårn før rampe (alternativ 2)

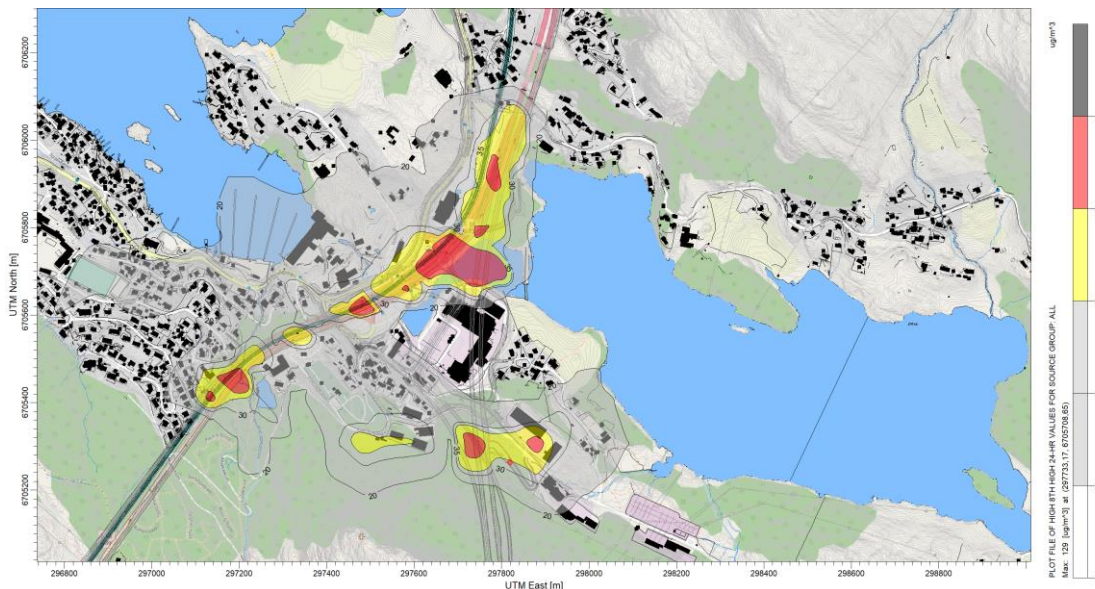
Som et tiltak for å redusere utslippet fra tunnelportalene i Eidsvåg er effekten av ventilasjonstårn vurdert. Plassering med avtrekk før avrampen i Eidsvåg er undersøkt. Effekten av et ventilasjonstårn er avhengig av luftmengden som trekkes av. Ventilasjonstårnet gir størst reduksjon i utslippet fra tunnelportalen dersom avtrekksmengden er større enn luftmengden som følger trafikken i tunnelen

Ventilasjonstårnet har stor påvirkning på utslippet fra rampen i Eidsvåg. Dette skyldes at når ventilasjonen gjennom tverrslaget er i drift, så vil ventilasjonsretningen i rampen være mot kjøreretningen. Dette forhindrer utslipp av forurensing. Utslipp fra rampen kommer da kun i den delen av døgnet hvor ventilasjonstårnet ikke er i drift hvor ventilasjonen i rampen da går med kjøreretningen. Luftkvaliteten utenfor denne portalen er dermed ikke avhengig av avtrekksmengden i tverrslaget, så lenge den er tilstrekkelig stor, men driftstiden til avtrekket gjennom tverrslaget.

Størrelse på sonen med overskridelse blir redusert med økt avtrekksmengde. Med posisjon for ventilasjonstårn før rampe til Eidsvåg, blir aldri utslippet fra portalen helt borte, det blir kun redusert. Årsaken til dette er at det siste stykket av nordgående hovedløp, etter rampen til Eidsvåg, blir ventilert med kjøreretningen og ut portalen på hovedløpet. Plassering av ventilasjonstårn før rampen, vil derfor ha dårligere effekt på reduksjon av utslipp fra tunnelportalen i Eidsvåg, enn ventilasjonstårn like før tunnelportalen (beskrevet i avsnitt 4.3).

### 4.3 Spredning med ventilasjonstårn før portal (alternativ 3)

Figur 6 viser luftsonekart for Eidsvåg med miljølokk og ventilasjonstårn plassert like før portalen. Figuren inkluderer utslipp fra Fløyfjelltunnelen inkludert ventilasjonstårn, samt utslipp fra veg i dagen.



Figur 5: Rød og gul sone etter T-1520 (8. verste døgnmiddel). Spredning utenfor tunnelportal med miljølokk og med ventilasjonstårn i drift 16 timer i døgnet.

Størrelsen på området utenfor portal med overskridelser av kravet til  $PM_{10}$ -konsentrasjon kan reduseres ved bruk av ventilasjonstårn før portalen. Størrelsen på reduksjon er avhengig av hvor stor andel av tunneluft som trekkes av og hvor mange timer i døgnet ventilasjonstårnet er i drift. For ytterligere vurdering av luftkvalitet i Eidsvåg ved bruk av ventilasjonstårn se notat NO-DSF-013.

Et ventilasjonstårn før portal i hovedløpet vil også kontrollere utslippet fra rampen i Eidsvåg. Som følge av at ventilasjonstårnet påvirker trykket i tunnelen, blir rampen til Eidsvåg ventilert mot kjøreretningen når ventilasjonstårnet er i drift. Utslippet i rampen kommer fra den perioden hvor ventilasjonstårnet ikke er i drift.

Hvor stor ventilasjonshastigheten i rampen blir, mot kjøreretningen, er avhengig av trafikkmengden i rampen og hvor ventilasjonstårnet tilkobles tunnelen. Jo lenger bort fra tunnelportalen ventilasjonstårnet plasseres, jo mer luft vil ventilasjonstårnet trekke fra rampen. Det er gjort en vurdering av plassering i sonen 100 – 200 m fra tunnelportal, og plassering i denne sonen vil fungere for å kontrollere utslippet fra rampen. Det kan bli behov for bruk av noe impulsviser i rampen og hovedløpet for å justere luftmengden i rampen opp mot avtrekksmengden i sjakten.

Aktuelt område for plassering av ventilasjonstårn er vist i figur 6. Ventilasjonstårnet blir da plassert høyt i terrenget i forhold til bebyggelsen i området. Dette fører til at det ikke vil være behov for stor høyde på tårnet for å unngå overskridelser av luftkvaliteten nede i bebyggelsen ved Jordalsveien. En tårnhøyde på 5 m er vurdert å gi tilstrekkelig uttynning for eksisterende bebyggelse. For å redusere påvirkningen i bakkenivå rundt ventilasjonstårnet anbefales det at det i reguleringsplanen åpnes for en høyde på inntil 10 m.





Figur 6: Aktuelt område for plassering av ventilasjonstårn i dagen ved tilkobling til nordgående løp like før portalen er markert i rødt.

## 5 Konklusjon

For sørgående løp vil alt utslippet gå ut portalen på hovedløpet i Bergen sentrum. Dette ivaretas av Statens veg. Fra det nordgående løpet vil det meste av utslippet være ut tunnelportalen for hovedløpet, men noe utslipp vil det også være ut rampen til Eidsvåg.

For forlenget Fløyfjellstunnel, vil det uten tiltak være vesentlige utslipp av  $PM_{10}$  fra tunnelportalen for nordgående løp. Dersom Fløyfjellstunnelen forlenges til Eidsvåg uten at det etableres ventilasjonstårn i nordgående løp, vil det bli et vesentlig område utenfor tunnelportalen i Eidsvåg som kan få overskridelser av kravet til  $PM_{10}$ -konsentrasjon.

Det er undersøkt to mulig plasseringer for avtrekk av tunnelluften i nordgående løp, både før rampen til Eidsvåg og før portal på hovedløpet. Begge plasseringene kan kontrollere utslippet av  $PM_{10}$  fra rampen til Eidsvåg. Det er alternativet med ventilasjonstårnet like før portalen på Eidsvåg som gir størst effekt på reduksjon av overskridelser utenfor tunnelportalen. Med hensyn på ventilasjonsløsningen i tunnelen og konsentrasjonen av  $PM_{10}$  utenfor tunnelen, anbefales alternativ 3 med vertikalt ventilasjonstårn like før portalen på Eidsvåg.

Forlenget Fløyfjellstunnel gir også økt forurensingen av tunnelluften i sørgående løp. Det er ikke undersøkt om dagens ventilasjonstårn har kapasitet til å håndtere forlenget tunnel. Det er avklart med Statens Vegvesen at dette blir gjort som en del av deres prosjekt med oppgradering av eksisterende Fløyfjellstunnel.

## 6 Referanser

- [1] EQUA Simulations AB. IDA Tunnel versjon 4.5 build 1 Theoretical Reference; 2012.
- [2] PIARC. Road tunnels: Vehicle Emissions and air demand for ventilation; 2019.
- [3] Statens vegvesen. Håndbok N500 vegtunneler; 2020.
- [4] Miljøverndepartementet. Retningslinje for behandling av luftkvalitet i arealplanlegging (T-1520); 2012.