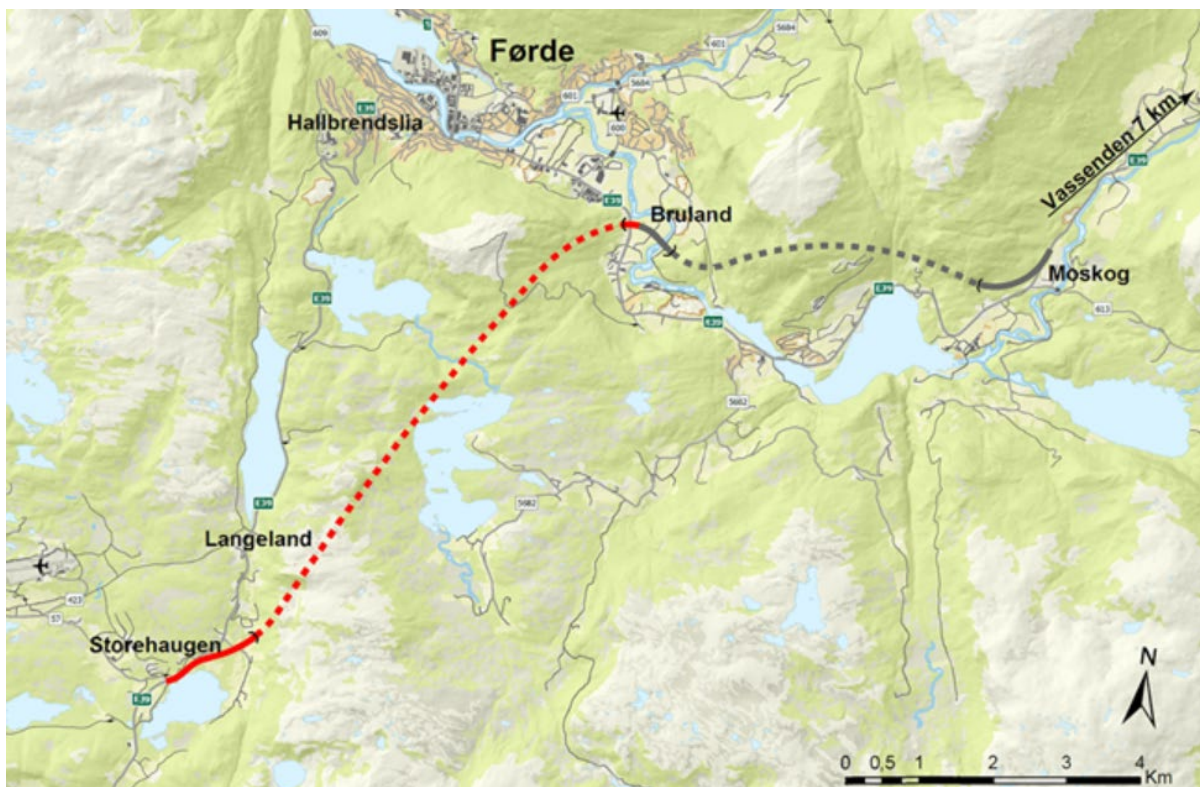


Brannventilasjon i 7,6 km lang tunnel på E39 Storehaugen - Førde Vurdering av maksimalt effektbehov

Innhald

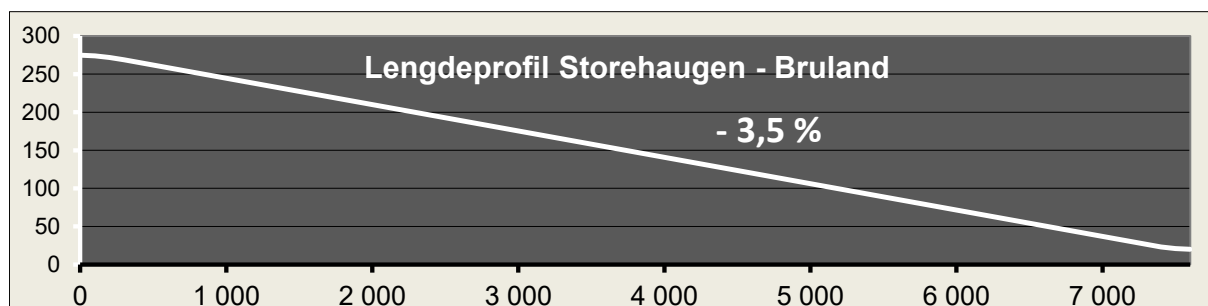
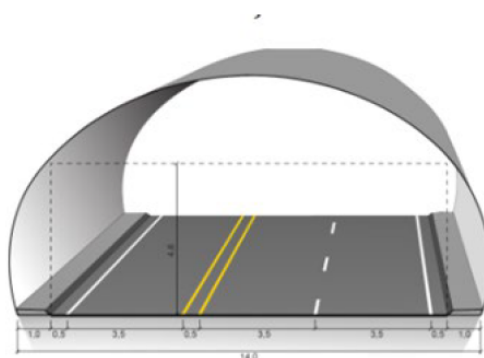
1.Bakgrunn	2
2.Dimensjoneringsgrunnlag	2
2.1.Nasjonale krav til ventilasjonsanlegg	2
2.2.Forslag til dimensjoneringskrav for E39 Storehaugen - Bruland	4
2.3.Impulsvifter: Dimensjon, skuvkraft og motoreffekt	4
2.4.Plassering av vifter	4
3.Ventilasjon ved 50 MW branneffekt	5
3.1.Brannventilasjon 3,0 m/s nordover (nedover)	5
3.2.Brannventilasjon 3,0 m/s sørover (oppover)	6
4.Trafikkventilasjon	7
5.Samla effektbehov til ventilasjon	8



1. Bakgrunn

I samband med utarbeiding av reguleringsplan for tunnel på E39 mellom Storehaugen og Førde i Sunnfjord kommune, ønsker Statens vegvesen ei vurdering av effektbehovet til ventilasjon. Utrekningane er baserte på data frå godkjend kommunedelplan frå 2013:

- Lengde tunnel ca. 7,6 km
- Stigning ca. 3,5 %
- Krav til forbiøyring
- 3 felt (T14) - dvs. forbiøyringsfelt i sørgående retning
- ÅDT i ny tunnel ÅDT 6400/7800 (år 2030/2050)
- Standard H2
- Tunnelklasse C



2. Dimensjoneringsgrunnlag

2.1. Nasjonale krav til ventilasjonsanlegg

Statens vegvesen [handbok N500 Vegtunneler](#) inneheld krav til ventilasjonskapasitet og styring av ventilasjonsanlegget ved brann. I tunnelar i klasse C med stigning opp til 2,0 %, er det krav om minimum 3,0 m/s trekk inn mot brannen for å gje brannvesenet sikker tilgang for å sløkkje brann. I tida frå brannmelding til brannvesenet kjem fram og får oversikt over situasjonen, bør ventilasjonsanlegget styrast med låg kapasitet for å leggje best mogleg til rette for sjølvredning og for å unngå at for sterk trekk skal gje større brannintensitet.

KRAV 9.35 **SKAL**

GJELDENDE FRA 22.06.2021

Ventilasjonsanlegget skal være reversibelt og skal dimensjoneres for å kunne styre røyken i ønsket retning, basert på dimensjonerende brannbelastning. Tabell 9.3 inneholder krav til minimum brannventilasjon i tunneler med stigning under 2 %.

KRAV 9.36 **SKAL**

GJELDENDE FRA 22.06.2021

Ved stigning over 2 % skal nødvendig lufthastighet beregnes.

KRAV 9.37 **SKAL**

GJELDENDE FRA 22.06.2021

Ventilasjonskapasiteten i fallretning i tilfelle brann skal verifiseres gjennom beregninger, da dette har betydning i beredskapssammenheng.

KRAV 9.39 **SKAL**

GJELDENDE FRA 22.06.2021

I tunneler med toveis trafikk skal brannventilasjon, ved melding om brann, iverksettes på følgende måte:

- 1) Ventilasjonsretning skal fortsette i samme retning som ventilasjonen hadde da brannen oppstod. Dette innebærer at ventilasjonsretning og lufthastighet skal instrumenteres slik at opplysninger om ventilasjonsretning og lufthastighet er tilgjengelig for de som er ansvarlig for å regulere ventilasjonsanlegget.
- 2) Skadestedsledelsen avgjør om og når brannventilasjonen skal endres både når det gjelder retning og styrke. Slik regulering kan gjøres fra nødstyrepånel ved tunnelen eller fra VTS.
- 3) En lufthastighet på om lag 2 m/s legger forholdene godt til rette for evakuering i en tidlig fase.

Statens vegvesen [handbok V520 Tunnelveileder](#) inneholdt ei orientering om bakgrunnen for krava i handbok N500 og forslag til innsatsretning og styring av ventilasjonsanlegget ved brann i tunnelar med stigning over 2 %. Avsnitt 9.3.5 på neste side er kopiert frå handboka.

9.3.5 Brannventilasjon

Dimensjoneringskrav for brannventilasjon i tunneler er gitt i [1]. I en tidlig fase holdes lufthastigheten under 2,0 m/s for å legge til rette for selvredning og redusere faren for spredning av brannen. Fra beredskapsplanen for tunnelen fremgår det om tidlig fase gjelder tidsrommet til brannvesenet har fått oversikt over situasjonen i tunnelen eller brannvesenet er klar til innsats.

Erfaring fra store tunnelbranner viser at ventilasjonsretning og lufthastighet er kritiske faktorer ved evakuering og redning. Det anbefales lav lufthastighet i evakueringsfasen fordi:

- trafikanter får bedre mulighet til selvredning til fots uten å bli innhentet av røykfronten.
- trafikanter som kjører innover mot brannen, kan få tilstrekkelig tid å snu og kjøre ut før de møter røykproppen.
- lav lufthastighet reduserer risikoen for brannspredning til flere kjøretøy og kan gi lavere branneeffekt og mindre røykproduksjon.
- lav lufthastighet betyr at en kortere tunnelstrekning fylles med røyk før brannvesenet kommer fram. Dette gir redusert tid til utlufting hvis brannvesenet velger å skifte ventilasjonsretningen for å evakuere personer som er innestengt på røykfylt side.

Ventilasjonsretning og nødvendig lufthastighet ved brannslukking vurderes av brannvesenet i hvert enkelt tilfelle. I tunneler med stigning gir naturlig oppdrift i varm røyk best arbeidsforhold på brannstedet når tunnelen ventileres oppover. Ved stigning over 2 % legges det som hovedregel til rette for røykventilasjon oppover og innsats fra nedre portal. Hvis bratte tunneler ventileres nedover, vil en del røyk vil trekke oppover under tunneltaket. Etter hvert som denne røyken blir avkjølt og blandes med frisk luft, blir sikten redusert og kan gi dårlige arbeidsforhold inn mot brannen. Ved valg av innsatsretning tas det også hensyn til at skyvekraften fra impulsventilatorer reduseres i varm luft. Ventilasjonskapasiteten nedover vil derfor avta ved økende brannintensitet.

2.2. Forslag til dimensjoneringskrav for E39 Storehaugen - Bruland

Røykventilasjon sørover krev relativt liten ventilasjonskapasitet fordi 3,5 % stigning gjev god naturlig oppdrift i varm røyk. Men dersom trekken går nordover når brannen startar, må ventilasjonsanlegget få stor nok kapasitet til å unngå at varmen får trekken til å snu oppover før tunnelen er evakuert på sørsida av brannen. Det gjev eit dimensjoneringskrav på minimum 2,0 m/s ved 50 MW branneffekt.

Dersom trekken går sørover når brannen startar, må ventilasjonsanlegget få kapasitet til å snu trekken for å blåse inn frisk luft frå sør så snart tunnelen er evakuert på nordsida av brannen. For å unngå at bilar blir innestengde i røyken i meir enn ein time ved brann nær enden av tunnelen, bør trekken nordover aukast til ca. 3,0 m/s.

2.3. Impulsvifter: Dimensjon, skuvkraft og motoreffekt

I tunnelprofil T14 er det plass innafor normalprofilet til parvis montering av symmetriske vifter med 1250 mm viftehjul-diameter.

Dei mest effektive viftene med 1250 mm viftehjul, har ei gjennomsnittleg skuvkraft på ca. 1500 N med 37 kW motor. Eit alternativ med 1120 mm viftehjul og motoreffekt på 22 – 30 kW, krev fleire vifter og vil gje omtrent like stort effekttopptak. Utrekningane i dette notatet er basert på dei største viftene som trekkjer ca. 40 kW frå nettet.

2.4. Plassering av vifter

Utrekningane er basert på drift av 4 – 6 vifter ved kvart av sju tekniske bygg som blir plasserte med 1000 m intern avstand. Plassering av bygg og vifter kan bli endra ved detaljprosjektering av tunnelane, men dette vil ikkje gje store endringar av det samla effektbehovet.

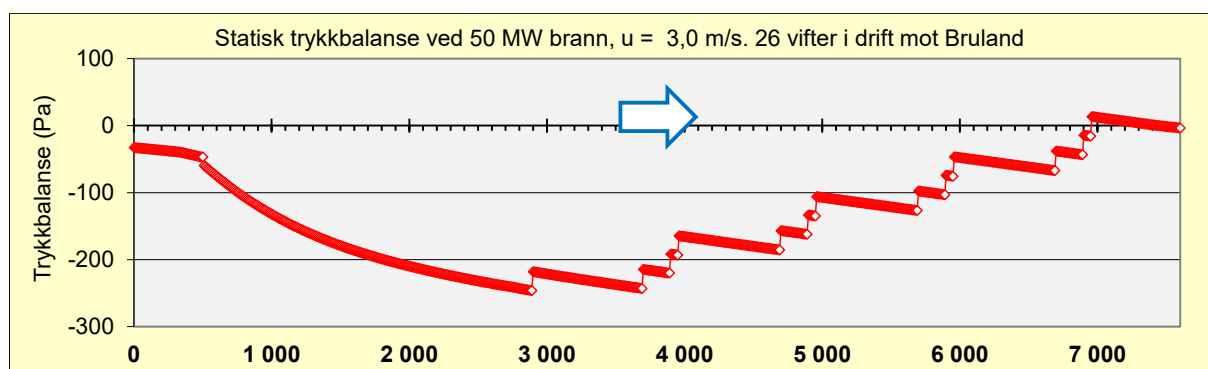
3. Ventilasjon ved 50 MW branneffekt

Ved utrekning av ventilasjonsbehov er det brukt ein modell som viser trykktap gjennom tunnelen og trykkendring frå brann og vifter. Det er rekna med at 75 % av tunnelveggen er kledd med PE-skum som er brannsikra med 80 mm sprøytebetong. Ved utrekningane er lufttemperaturen utanfor tunnelen sett til 0 grader ved brannventilasjon nedover og 20 grader ved ventilasjon oppover.

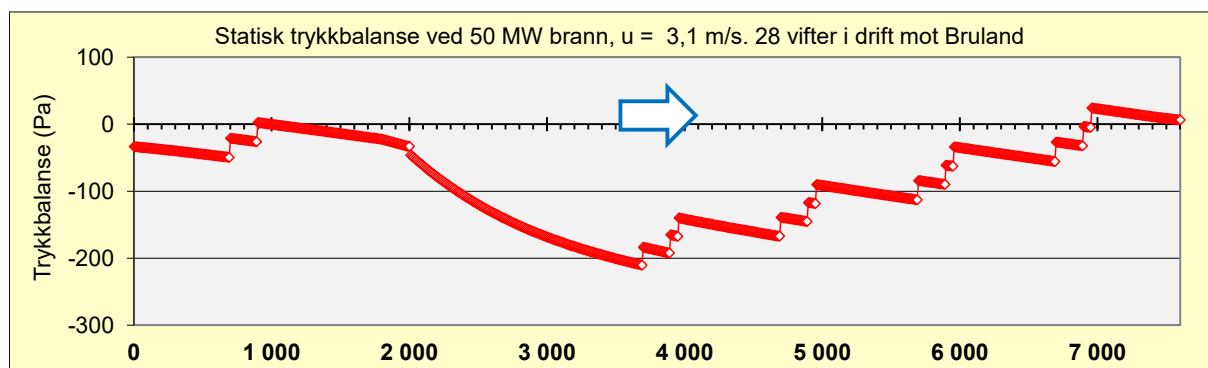
Andre inngangsdata:

Spesifikk varmekapasitet for luft ved konstant trykk	1,012 kJ/kg °K
Varmeovergangstalet mellom luft og tunnelvegg	20 W/m ² °K
Varmekapasitet for betong	0,88 kJ/kg °K
Varmegjennomgangskoeffisient for betong	1,7 W/m °K
Varmegjennomgangskoeffisient for PE-skum	0,035 W/m °K
Varmegjennomgangskoeffisient for berg	2,5 W/m °K

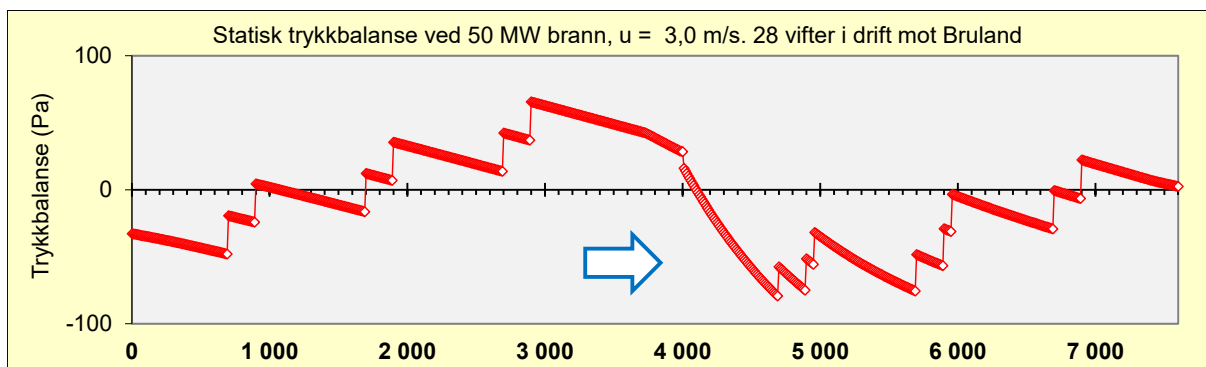
3.1. Brannventilasjon 3,0 m/s nordover (nedover)



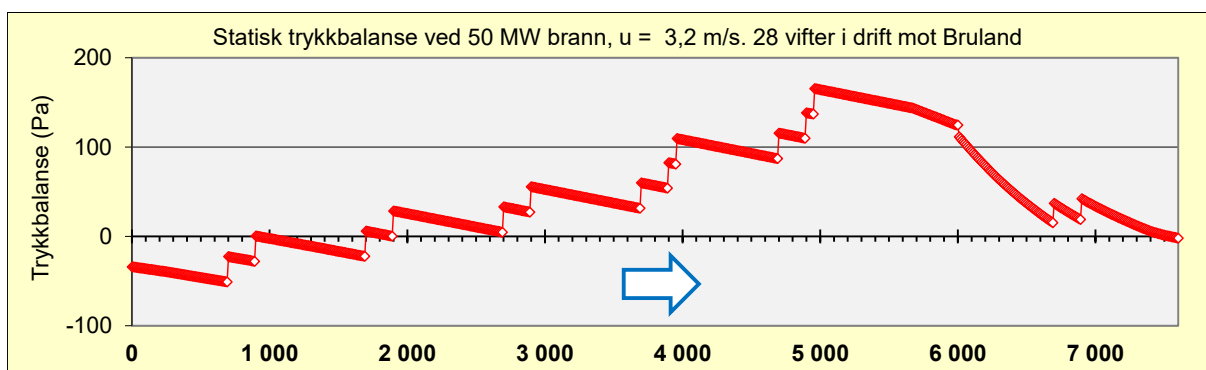
Figur 3-1: Trykkstigning frå vifter ved brann 500 m frå øvre portal. Viftene nærast brannen får liten skuvkraft pga. varm røyk og blir slått av.



Figur 3-2: Trykkstigning frå vifter ved brann 2 000 m frå øvre portal

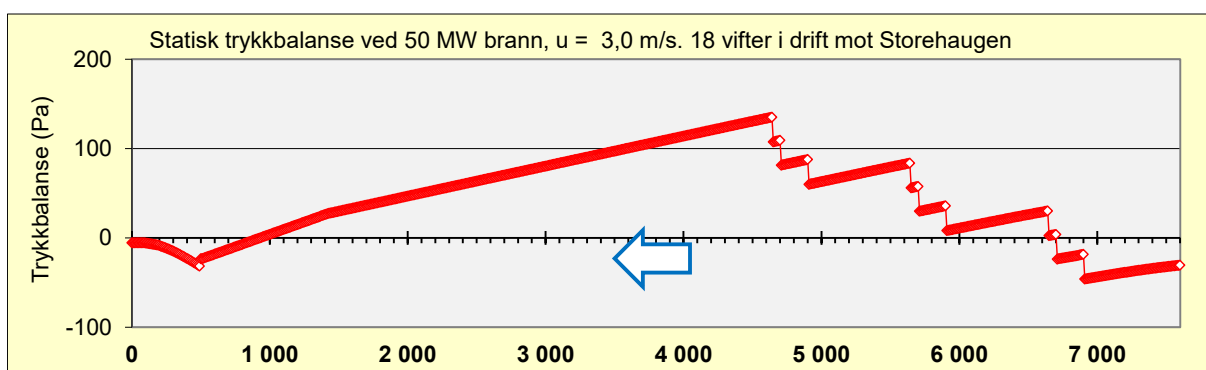


Figur 3-3: Trykkstigning frå vifter ved brann 4 000 m frå øvre portal

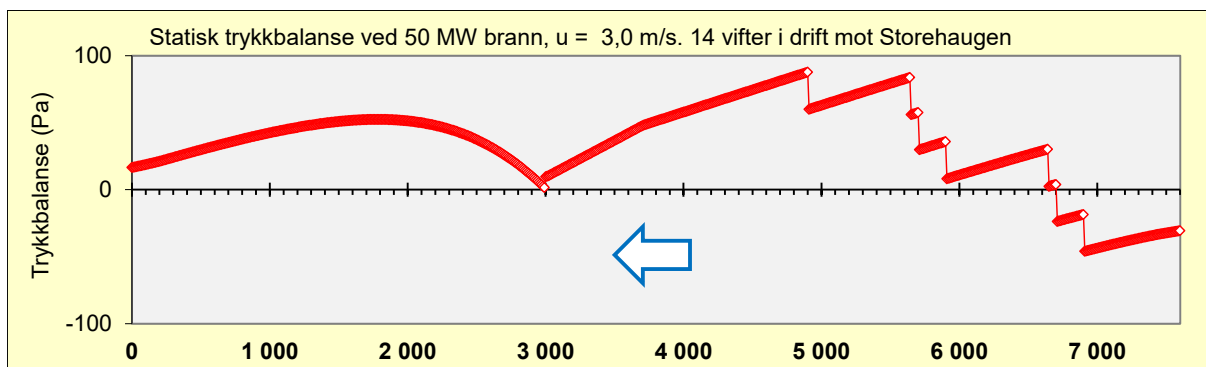


Figur 3-4: Trykkstigning frå vifter ved brann 6 000 m frå øvre portal

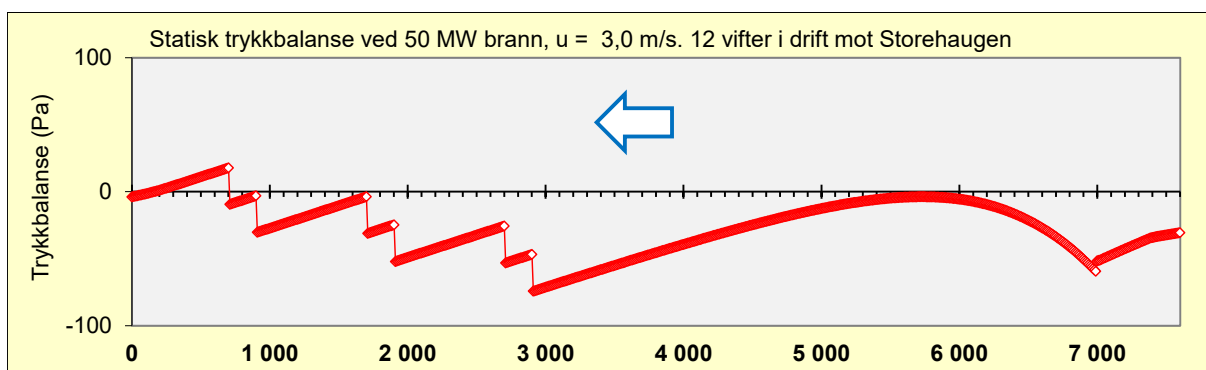
3.2. Brannventilasjon 3,0 m/s sørover (oppover)



Figur 3-5: Trykkstigning frå vifter ved brann 500 m frå øvre portal



Figur 3-6: Trykkstigning frå vifter og oppdrift ved brann 3 000 m frå øvre portal



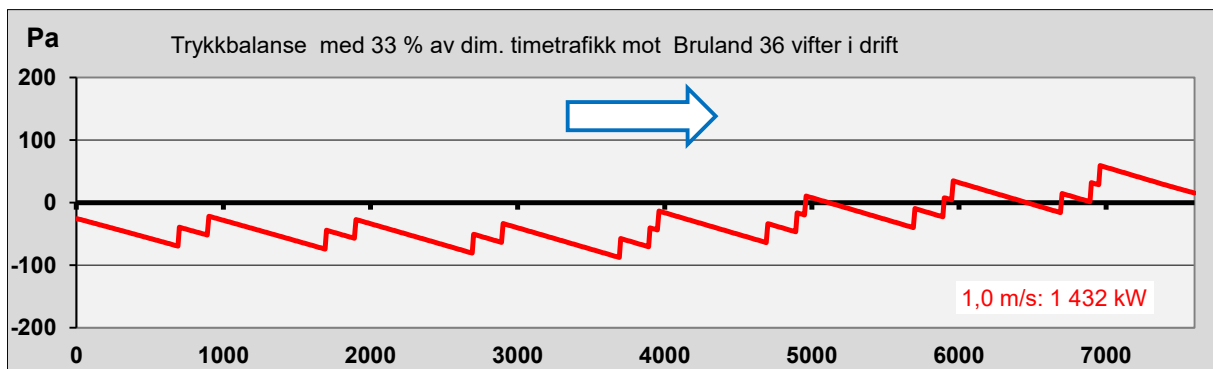
Figur 3-7: Trykkstigning frå vifter og oppdrift ved brann 7 000 m frå øvre portal

4. Trafikkventilasjon

Ventilasjonsbehovet i tunnelar går gradvis nedover i takt med utskifting av gamle bilar og overgang frå diesel og bensin til elektrisk drift. 3,5 % stigning medfører ei dobling av gassproduksjonen frå bilar som køyrer sørover samanlikna med utslepp i ein flat tunnel. Men trafikken nordover gjev derimot minimal produksjon av giftig gass. Dermed kan det ventast lite ventilasjonsbehov i morgonrushet mot Førde.

Stigninga vil gje naturleg oppdrift sørover om vinteren og naturleg trekk nordover når det er varmt ute. Men trekkretninga i tunnelen vil variere på grunn av stempeleffekt frå trafikken. Det kan ventast store variasjonar i tungtrafikken både nordover og sørover på grunn av ferjesambandet Oppedal – Lavik. Når det ikkje er vifter i drift, kan stempeleffekten bli stor nok til å snu trekken fleire gonger i timen både sommar og vinter. Dette medfører usikker startretning for ventilasjonsanlegget sjølv om det kan bli god naturleg trekk gjennom tunnelen når trafikken er liten.

Ventilasjonsanlegget bør vere kraftig nok til gjennomlufting av tunnelen på to timar ved drift mot naturleg trekkretning og varierende stempeleffekt frå trafikken. Dimensjonerande trekk når 2/3 av trafikken køyrer mot ventilasjonsretninga, blir ca. 1,0 m/s. Figur 4-1 og 4-2 viser at det trengst stor ventilasjonskapasitet for å oppnå stabil trekk dersom 2/3 av trafikken i dimensjonerande time køyrer mot ventilasjonsretninga. I denne utrekninga er dimensjonerande timetrafikk sett til 20 % av ÅDT i 2050.



Figur 4-1: Trykkstigning frå vifter ved ventilasjon nordover når 2/3 av trafikken går mot ventilasjonsretninga. Lufttemperatur ved portal: 0 °C.

5. Samla effektbehov til ventilasjon

Eit ventilasjonsanlegg med 42 vifter som er jamt fordelt på med seks vifter ved kvart teknisk bygg, vil gje god kapasitet ved 50 MW branneffekt. Anlegget vil også få nok kapasitet til trafikkventilasjon ved trafikk opp til 1500 køyreteøy/time sjølv om 2/3 av trafikken køyrer mot ventilasjonsretninga.

Ved bruk av vifter med 37 kW motor, blir effektbehovet til ventilasjon ca. 250 kW i kvart teknisk bygg. Ved prosjektering av høgspennetnettet er det naturleg å leggje inn litt reservekapasitet og dimensjonere for 45 kW motoreffekt. Maksimalt effektbehov til ventilasjon blir dermed 300 kW i kvart teknisk bygg og ca. 2,1 MW for heile tunnelen.