

Brannsikkerhet i tunneler



Sammendrag

Tunneler som brukes som en del av infrastrukturen – dvs. til vei-, jernbane- eller t-baneformål – blir stadig bredere. De er en viktig og integrert del av dagens infrastruktur. Tunneler trenger spesiell oppmerksomhet når det gjelder brannsikringstiltak, da tunnelbranner oppfører seg annerledes enn for eksempel bygningsbranner.

Med SEM-SAFE® høytrykks vanntåkesystem har SEM-SAFE Fire Safety A/S fullført en rekke fullskala branntester i en veitunnel. Disse testene har vist at sikkerheten til mennesker, brannvesen og strukturer kan sikres ved brann i en bil, lastebil eller tankbil i tunneler beskyttet av SEM-SAFE® høytrykks vanntåkesystem.

Introduksjon

Urbanisering som en global megatrend og det økende behovet for rask transport av mennesker og gods har gjort slike byggeprosjekter viktigere enn noensinne. Slike prosjekter har store økonomiske og sosiale konsekvenser på nasjonalt nivå.

Planlegging og bygging av en tunnel medfører høye kostnader og kan kreve ytterligere tiltak for å ivareta sikkerheten til mennesker, brannvesen og strukturen. NFPA 502-standarden grupperer tunneler i 4 kategorier som vist i tabell 1:

Tunnel-kategori	Beskrivelse	Fastmontert brannsluknings-system (FFFS)
X	Kortere enn 90 m	Ikke aktuelt
A	90 m eller lenger, men kortere enn 300 m	Ikke aktuelt
B	300 m eller lenger, men kortere enn 1 000 m	Obligatorisk, unntatt i tilfellene spesifisert i NFPA 502
C	1 000 m eller mer	Obligatorisk

Tabell 1:
NFPA 502 tunnelkategoridefinisjoner og faste krav til brannslukningssystem.

Myndigheter i enkelte land er imidlertid fortsatt motvillige til å stille sikkerhetskrav for å ivareta sikkerheten til personer som bruker tunnelene, brannvesenet og selve tunnelene, som i seg selv er verdifulle eiendeler.

Tunnelbranner kan ha alvorlige eller til og med dødelige konsekvenser i form av personskader eller dødsfall, og kan også forstyrre infrastrukturen. Likevel har ikke alle tunneler tilstrekkelige brannsikringstiltak på plass for å kunne gripe inn ved en brann.

Høytrykks vanntåke øker brannsikkerheten i tunneler

I denne artikkelen, basert på en fullskala branntest i en veitunnel, beskriver SEM-SAFE Fire Safety A/S effektiviteten av å bruke høytrykks vanntåke som et sikringssystem som enkelt kan integreres i sikkerhetskonseptet til tunneler. I denne artikkelen drøftes bare SEM-SAFE® høytrykks vanntåkesystem.

Papiret presenterer også hvordan SEM-SAFE® høytrykks vanntåkesystem ble installert i en av Indias største veitunneler, Samruddhi toløpstunnel. Den består av to 8,2 km lange og 17,6 m brede rør og er en del av Nagpur-Mumbai Expressway-prosjektet. Denne tunnelen er også den første i India med et vanntåkesystem.

Fullskala branntester som verifikasjon

Runehamar Test Tunnel brukes som en tunnel for branntesting

SEM-SAFE Fire Safety A/S gjennomførte flere fullskala branntester i en norsk veitunnel, Runehamar testtunnel, som ligger like utenfor Veblungsnes, en tettbebyggelse ca. 5 km fra Åndalsnes sentrum. Åndalsnes ligger ca. 440 km fra Oslo og ca. 60 km fra Molde. Se illustrasjon 1.



Illustrasjon 1:
Et kart som viser
beliggenheten
til Runehamar
testtunnel.

Runehamar testtunnel fungerte som veitunnel i mange år. Den ble bygget tidlig på 1960-tallet og har to kjørefelt.

Tunnelen var laget av hard gneisslignende berggrunn. Den har en liten nedoverbakke på 1–3 % mot vest og en svak kurve mot nord. Tunnelens dimensjoner er oppført i tabell 2 nedenfor.

Beskrivelse	Dimensjoner
Bredde	9 m (7 m asfaltert for de to kjørefeltene)
Høyde	6 m
Tverrsnitt	50 m ²
Lengde	1 650 m

Tabell 2:
Dimensjoner for Runehamar testtunnel.

Runehamar testtunnel brukes ikke lenger til trafikk og fungerer som testtunnel eid av Statens vegvesen. I tillegg til storskala branntester for vanntåkesystemer brukes den også til opplæring av blant annet norsk brannvesen.

Brannsikringstiltak

Ved planlegging av fullskala branntester har SEM-SAFE Fire Safety A/S engasjert RISE Fire Research AS (RISE FR), et anerkjent tredjeparts branntestlaboratorium i Norge.

SEM-SAFE Fire Safety A/S og RISE FR har i fellesskap utviklet en testmetode for å dokumentere at SEM-SAFE® høytrykks vanntåkesystem sikrer forsvarlige forhold, slik at folk har tilstrekkelig tid til å evakuere i tilfelle brann og samtidig gi brannvesenet tilgang til tunnelene – og for å beskytte tunnelstrukturen. Målet var å sikre tunneler der personbiler, busser, lastebiler og tankbiler kunne passere.

Testmetoden beskriver modellene som skal brukes til å representere både lastebilbranner og tankbranner ved å implementere internasjonalt anerkjente metoder på samme måte som i prosjektene Safety of Life in Tunnels 2 (SOLIT2), PIARC-World Road Association og NFPA 502, som gir anbefalinger om maks varmeutvikling i disse kjøretøyene. Les mer i tabell 3 og tabell 4 på neste side.

Type kjøretøy	Topp HRR [MW]
Personbil	5–10
Flerbruksbil	10–20
Buss	20–30
Tung lastebil	70–200
Tankbil	200–300

Tabell 3:
Anbefalinger for Peak Heat Release Rate (HRR) for ulike typer kjøretøy i samsvar med NFPA 502

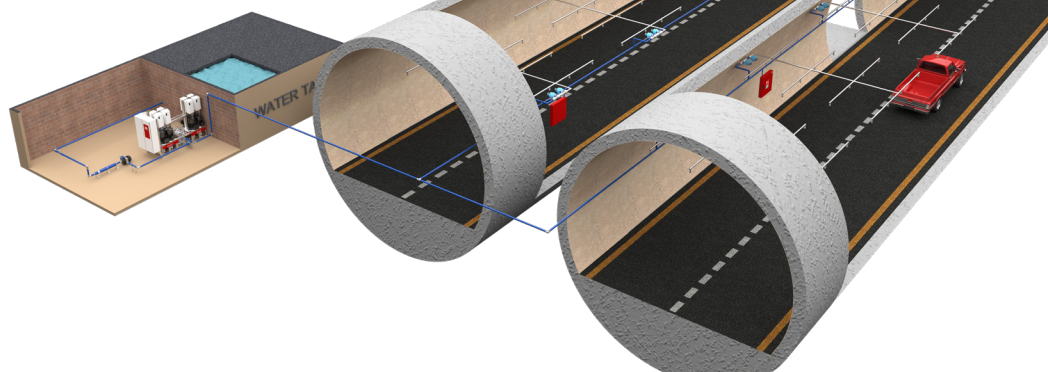
Type kjøretøy	Topp HRR [MW]
Personbil	5–10
Lett lastebil	15
Langdistansebuss, buss	20
Lastebil, tung lastebil opptil 25 tonn	30–50
Tung lastebil, vanligvis 25–50 tonn	70–150
Tankbil	200–300

Tabell 4:
Anbefalinger for Peak Heat Release Rate (HRR) for ulike typer kjøretøy i samsvar med PIARC – World Road Association

Branntestenes suksess måles basert på kriterier for bestått og ikke bestått. I testmetoden ble kriteriene for bestått og ikke bestått basert på SOLIT²-prinsipper og metoden beskrevet i NFPA 502. Kriteriene ble etablert for å sikre at personer både oppstrøms og nedstrøms brannen kan selvevakue, for å finne ut om brannvesenet kan gå inn i tunnelene og slukke eventuelle gjenværende branner manuelt, og for å evaluere strukturelle virkninger.

Både lastebil- og tankbiltester har vist at SEM-SAFE® høytrykks vanntåkesystem gir folk både oppstrøms og nedstrøms brann tilstrekkelig tid til selvevakuing. Målet var å gi folk minst 10 minutter til selvevakuing, og med SEM-SAFE® høytrykks vanntåkesystem har folk til og med noen ekstra minutter til å komme seg i sikkerhet. Holdbarhetskriteriene var basert på synlighet, temperatur, varmestråling og gassesporing for CO og CO₂.

Kriteriene for at brannvesenet kunne komme inn i tunnelene var basert på sikt, temperatur, varmestråling, brannspredning og maks varmeavgivelseshastighet, og alle parametre var under terskelverdien i løpet av hele testen.



Strukturell virkning ble evaluert basert på kriteriene for maks varmeavgivelseshastighet og tunnelstrukturens temperaturreksponeering, og igjen var alle parametre på den sikre siden.

En tunnel installert i Samruddhi-tunnelen som en del av Nagpur-Mumbai Expressway-prosjektet

Samruddhi-tunnelen i staten Maharashtra i India er den første tunnelen i India som er beskyttet av et vanntåkesystem. Den er 8,2 km lang og en del av det 778 km lange megatransportprosjektet kjent som Mumbai-Nagpur Expressway-prosjektet. Toløpstunnelen skal forenkle Indias reise mot urbanisering og økonomisk vekst. Tunnelen er bygget med tanke på bærekraft og støtter Indias grønne overgangspolitikk. Med sine 18 meter er Samruddhi-tunnelen en av de bredeste og lengste tunnelene i India. Et bilde av Samruddhi-tunnelen under bygging kan ses i illustrasjon 2 nedenfor.

SEM-SAFE Fire Safety A/S leverer SEM-SAFE® høytrykks vanntåkesystem for brannsikring, som består av høytrykks vanntåkepumpenheter, seksjonsventiler, dyser, rør og armatur. I tillegg til å levere selve systemet, tilbyr SEM-SAFE Fire Safety A/S også omfattende teknisk design, teknisk kompetanse og tilsyn av anlegg.

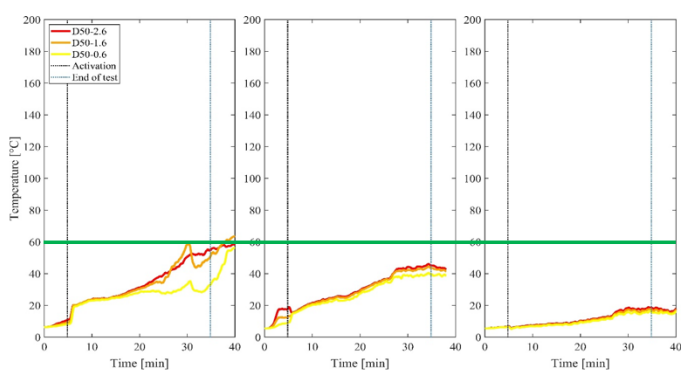


Illustrasjon 2:
Et bilde av Samruddhi-tunnelen under bygging. Vanntåkesystemet er ikke synlig på bildet.

CFD-brannsimulering i Samruddhi-tunnelen

SEM-SAFE Fire Safety A/S har utviklet Computational Fluid Dynamics (CFD)-modeller som replikerer resultatene av full skala branntester. Disse modellene brukes i tunnelen for å dokumentere vanntåkesystemets evne til å kontrollere og undertrykke en potensiell brann i tunnelen. CFD-modellen kan også brukes til å analysere om ventilasjonskapasiteten kan reduseres og om sikkerheten til mennesker, brannvesen og struktur fortsatt er tilfredsstillende.

I illustrasjon 3 vises temperaturgrafer 50 m nedstrøms (merket D50) brannen på tre ulike målesteder – 0,6 m, 1,6 m og 2,6 m over bakkenivå – som dekker evakueringssonen eller som kan påvirke evakueringmulighetene.



— Uholdbar temperatur

Illustrasjon 3:
Temperaturer 50 m nedstrøms (D50) fra midten av modellbrannen ved 0,6 m, 1,6 m og 2,6 m over bakkenivå. Graf til venstre: fullskala branntest, midtre graf: CFD-modellvalidering, graf til høyre: CFD-simulering for Samruddhi-tunnelen.

Fra illustrasjon 3 er det tydelig at temperatuere i evakueringssonen var på holdbare nivåer under fullskala branntest, dvs. minst 10 minutter etter aktivering av vanntåken. Det kan også ses at kriteriet for utålelige forhold ikke ble oppfylt under fullskala branntest. CFD-modellvalideringen replikerte trenden fra full skala branntesten med 10–20 % nøyaktighet, så modellen anses som en god, validert CFD-modell. For Nagpur-Mumbai-tunnelen viste CFD-simuleringen at temperaturen i evakueringssonen kan holdes godt under uholdbare forhold takket være vanntåkesystemet, samt at tunnelen er mye større enn der fullskala branntest ble utført.

Hvorfor bruke SEM-SAFE Fire Safety A/S høytrykks vanntåkesystem?

Rørene i SEM-SAFE Fire Safety A/S høytrykks vanntåkesystem er opptil 70 % mindre enn rørene i delugesystemer som brukes til å beskytte tunneler. Dette skyldes at høytrykks vanntåkedysene har lavere strømningshastighet, og pumpesystemet er mindre følsomt for trykktaut.

De mindre rørene kan redusere installasjonstiden og kostnadene med opptil 50 %. SEM-SAFE Fire Safety A/S høytrykks vanntåkesystem er enklere å installere på grunn av bruken av presskoblinger, noe som eliminerer behovet for sveising. I tillegg er rørene mindre og lettere.

Ettersom rørene i SEM-SAFE Fire Safety A/S høytrykks vanntåkesystem er mindre og lettere enn rørene i delugesystemer, reduseres den strukturelle belastningen fra høytrykks vanntåkesystemet med opptil 75 %.

En fullskala branntest med SEM-SAFE Fire Safety A/S høytrykks vanntåkesystem dokumenterte at ventilasjonshastigheten i tilfelle brann kan reduseres til ca. 1 m/s, samtidig som det forhindrer tilbakeslag, ettersom høytrykks vanntåkesystemet effektivt undertrykker branner, sikrer trygg evakuering og lar brannvesenet å gå inn i tunnelene, slukke eventuelle gjenværende branner og utføre søk og redning.

I tillegg til de ovennevnte fordelene er systemets levetid dobbelt så lang som levetiden til delugesystemer, og vedlikeholdskostnadene kan også minimeres.

Konklusjon

SEM-SAFE Fire Safety A/S har gjennom fullskala branntester dokumentert at SEM-SAFE® høytrykks vanntåkesystem er i stand til å kontrollere og undertrykke tunnelbranner. Det er vist at dette kan gjøres både ved lastebil- og tankbranner, samtidig som det sikres at folk har nok tid til å selvevakuere, at brannvesenet kan gå inn og slukke eventuelle gjenværende branner manuelt. Tunnelstrukturen blir heller ikke skadet, noe som reduserer omfattende reparasjon etter branner. CFD-brannsimulering ble brukt til å dokumentere sikkerheten til Samruddhi-tunnelen basert på en CFD-modell som ble vurdert opp mot en full skala branntest.

Ettersom SEM-SAFE Fire Safety A/S høytrykks vanntåkesystem bruker mindre vann sammenlignet med delugesystemer, har det vist seg at høytrykks vanntåkesystemet veier opptil 75 % mindre enn delugesystemer og krever mindre ressurser. Dette reduserer kostnadene med opptil 50 %. Disse fordelene kan oppnås uten at det går på bekostning av sikkerheten til mennesker, brannvesen eller strukturer.



Hvem er vi?

SEM-SAFE Fire Safety A/S er et multinasjonalt selskap med hovedkontor i Danmark, som utvikler og leverer høytrykks vanntåkesystemer for brannsikring under merkenavnet SEM-SAFE®. Med mange installasjoner over hele verden for bygg-, industri- og transportapplikasjoner, tilbyr vi enestående konkurransefortrinn gjennom kompromissløs ytelse og kostnadseffektive systemer.

SEM-SAFE® er et høytrykks vanntåkesystem for brannsikring som frigjør mikrodråper gjennom dyser i beskyttede områder. Systemet består av en modulær pumpeenhet, seksjonsventiler, vanntåkedyser, presskoblinger og et rør i rustfritt stål. Det unike tekniske systemet og komponentene, som gir overlegen dyseytelse, oppfyller og overgår de forventede minimumskriteriene som er fremhevet i SOLIT² og NFPA502. SEM-SAFE® er det foretrukne systemet for brannsikring av tunnelstrukturer og mennesker og forhindre/minimere avbrudd i tunneldriften.



qusai@sem-safe.com

Qusai Alasad, ME & India Regional Manager og Global Transportation Infrastructures Manager hos SEM-SAFE Fire Safety A/S, har jobbet med vanntåkesystemer i mer enn 13 år og har også omfattende erfaring med andre fastmonterte brannslukningssystemer. Han er representant for SEM-SAFE Fire Safety A/S i Samruddhi-tunnelprosjektet.

Les mer på
sem-safe.com
og kontakt oss på:



bygbjerg@sem-safe.com

Henrik Bygbjerg, Business Development Director hos SEM-SAFE Fire Safety A/S, har erfaring med mange store og fullskala branntester av vanntåkesystemer og andre aktive og passive brannsikringssystemer. Henrik har publisert flere arbeider og artikler innen brannvernteknikk. I tillegg til å jobbe som brannsikkerhetsingeniør, som konsulent, underviste han i aktiv og passiv brannsikring samt temaer innen brannvernteknikk.