



Statens vegvesen

# WG Tunnelhvelv T100 Fullskala branntest i Runehamar testtunnel

**RAPPORT**

Teknologiavdelingen

Nr. 2479



Geo- og tunnelseksjonen  
Dato: 2006-12-22



Statens vegvesen

Vegdirektoratet  
Teknologiavdelingen

Postadr.: Postboks 8142 Dep  
0033 Oslo

Telefon: 02030

www.vegvesen.no

## TEKNOLOGIRAPPORT nr. 2479

Tittel

**WG Tunnelhvelv T100 Fullskala branntest i Runehamar testtunnel**

Utarbeidet av

Harald Buvik

Dato:

2006-12-22

Saksbehandler

Harald Buvik

Prosjektnr:

600490

Kontrollert av

Mona Lindstrøm

Antall sider og vedlegg:

10

### Sammendrag

WG Tunnelhvelv T100 er godkjent som vannavskjerming i tunneler med ÅDT opp til 2500 kjt og frostmengder F10T mindre enn 3000 timegrader. Tunnelhvelvet er oppgitt av produsent til å være selvslukkende.

Tunnelhvelvet ble montert i Runehamar testtunnel i en strekning på 75 m og eksponert for en poolbrann tilsvarende liten lastebilbrann. Poolkarene ble rigget for å simulere en virkelig brannutvikling i liten lastebil. Tid-temperaturkurven for brannforsøket tilsvarte hydrokarbonkurven. Brannkilden var plassert 15 m inne i hvelvdelen.

Testen viste at mindre enn halvparten av duken brant/smeltet bort, mens resten var tilnærmet uskadet. Ca. 40 m nedstrøms brannkilden var 20 lm av tunnelhvelvet uskadet i fullt profil.

Testen viste at det i hovedsak vil være startbrannen som avgjør hvor mye av duken som vil brenne i en slik tunnelbrann. At det fantes uskadet duk igjen i hele tunnelversnittet etter branntesten nedstrøms startbrannen viser at brannen i selve duken sloknet av seg selv når virkningen av startbrannen avtok. Det er ingen indikasjon på at brann i duken alene vil spre seg under de vilkår som er testet.

### Summary

WG Tunnel Arch T100 is approved as a method for water- and frostprotection in tunnels with AADT lower than 2500 vehicles per day and low amounts of frost. This Tunnel Arch consists of a PVC-coated polyester fabric, which is announced to be self-extinguishing.

WG Tunnel Arch T100 was mounted in a length of 75 m inside the Runehamar Test Tunnel and exposed to a pool fire comparable with the Heat Release Rate (HRR) of a small truck fire. The pool was arranged in a way that simulated a delay of the fire development in the starting phase of the fire. The time-temperature curve was intended to be comparable with the Hydrocarbon curve. The fire source was located 15 m from the beginning of the Tunnel Arch test site.

The result of the fire test showed that less than half of the Tunnel Arch was burned/melted and the remaining part was intact. The last 20 m downstream the test site the entire profile was intact. The distance from the fire source was approximately 40 m. This test showed that the total amount of this fabric that will burn in a tunnel fire depends of the size of the initial fire. The Tunnel Arch will be self-extinguishing when the effect of the fire decreases. According to the specific test conditions of this test there was no indication of spread of fire in the fabric itself.

Emneord:

Tunnel, vann- og frostsikring, brann

<b>1</b>	<b>INNLEDNING.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>TESTMETODE – GJENNOMFØRING.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>PRØVINGSRESULTATER.....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>KONKLUSJON.....</b>	<b>10</b>

# 1 Innledning

Runehamar testtunnel ved Åndalsnes i Møre og Romsdal ble etablert for å kunne gjennomføre fullskala brannforsøk under mest mulig realistiske omgivelser. Denne testtunnelen som er 1500 m lang kan også benyttes til øvrige tunnelteknologiske forskningsoppgaver alt etter behov og ønsker.

For Statens vegvesen egen del vil en slik forskningstunnel være både naturlig og nyttig i det arbeidet som nå er i gang gjennom FoU-prosjektet "Tunnelutvikling". I et slikt utviklingsprosjekt vil nettopp branntesting av både nye materialer og konseptløsninger være sentrale arbeidsområder. Kvalitetssikringen i utviklingsarbeidet vil kunne skje ved dokumentasjonskrav oppnådd gjennom fullskalaforsøk.

Det har vist seg gjentatte ganger at materialdokumentasjon av brannbeskyttelse som er utført av godkjente laboratorier ikke har holdt mål under stor-skala laboratorietester. Delvis kan dette skyldes uklare eller forskjellige testemetoder og delvis at tester er gjort under ikke relevante forutsetninger. Både testemetoder og forutsetninger for hva som skal testes må derfor utvikles og gjennomføres i fullskala forsøk i en forskningstunnel. Forutsetningene og betingelsene vil dermed være mer likt "det virkelige liv".

I november 2005 ble det utført en fullskala branntest av Tunnelduk i Runehamar testtunnel. WG Tunnelduk fra Giertsen har vært brukt som vannsikring i norske tunneler siden ca. 1990. Den har også vært benyttet i tunneler med forholdsvis store frostmengder i tråd med den godkjenningen som duken hadde tidligere. En modifisert utgave av tunnelduken ble i 2005 typegodkjent under betegnelsen WG Tunnelhvelv T100. Bruksområdet forutsetter tunneler med  $\text{ÅDT} \leq 2500$  kjt og frostmengde  $F_{10T} < 3000$  h°C.

Tunnelduken er oppgitt til å være selvslukkende når avstanden til brannkilden blir stor nok. Dette har aldri vært testet i full skala tidligere. Sammen med W.Giertsen A/S ble derfor denne fullskalatesten gjennomført 11. november 2005.

Tunnelhvelvet ble montert i en strekning på 75 m. I en normalsituasjon på et prosjekt ville duken blitt montert på en føringskant av betong ca. 90 cm høy. Av praktiske og økonomiske årsaker ble dette ikke gjort i forsøket og det betraktes heller ikke å ha noen innvirkning på prøveresultatet i positiv retning i forhold til duken, snarere tvert imot. Med en slik montering ville en større del av dukflaten bli eksponert for brannen og i det området som er nærmest brannkilden.

Brannstørrelsen ble bestemt til å være tilnærmet liten lastebilbrann, det vil si ca. 25 MW og med tid-temperaturkurve tilsvarende hydrokarbonkurven.

Branntesten besto av to forsøk:

- Et innledende forsøk for å bestemme varmeutviklingen uten at tunnelduken ble involvert
- Hovedforsøket med tunnelduk eksponert for definert brann

## 2 Testmetode – gjennomføring

WG Tunnelhvelv T100 ble montert i en lengde på 75 m, ca. 1 km inne i Runehamar testtunnel (Figur 1).



Figur 1. WG Tunnelhvelv T100 ble montert i 75 m lengde

For å oppnå den forutdefinerte brannstørrelsen på ca. 25 MW ville det kreve 600 l diesel fordelt på 12 m<sup>2</sup> poolflate. Poolen ble arrangert ved at 6 stk kar på 2 m<sup>2</sup> hver ble oppstilt i vegbanenivå. Karene var på forhånd fylt med vann til 100 mm. Karene ble arrangert i to rekker med en avstand på 0,5 m mellom det første paret av kar og de fire neste. Dette for å oppnå den ønskede forsinkelsen i brannutviklingens første fase.

I hovedforsøket ble karene plassert med en avstand 15 m fra starten av tunnelhvelvet, målt fra posisjon oppstrøms brannen. Karene ble plassert med en avstand 0,5 m fra veggen (Figur 2). Ventilasjon i tunnelen, ca. 1,5 m/s, ble igangsatt ved ett fast montert viftepar ved inngangen til tunnelen.

Dieseloljen ble antent ved å helle ca. 1 liter bensin i de to første karene som så ble antent med en fakkel.

Brannutviklingen ble observert og fotografert så lenge det var mulig å oppholde seg nær brannstedet (Figur 3 - 5). Videofotografering ble foretatt fra et fast kamera under begge forsøkene. I det første forsøket ble varmeavgivelsen også målt ved en målestasjon nedstrøms teststedet ved hjelp av den såkalte "Oxygen Depletion Method". Her måles den mengden som blir forbrukt av brannen og varmeavgivelsen beregnes så ut fra forbruket.



Figur 2. Karene som ble fylt med til sammen 600 liter diesel på et sjikt med vann.



Figur 3. Brannen rett etter antennelse. Brannen har ennå ikke spredd seg fra de første to karene.



Figur 4. Brannen sprer seg til de øvrige karene. Duken begynner å sprekke nær opptil flammene.



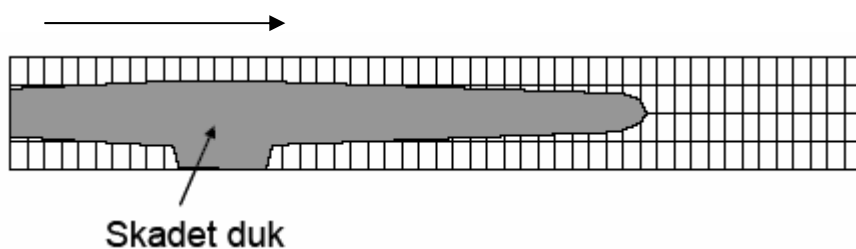
Figur 5. Duken brenner/smelter i taket i området nær brannkilden.

### 3 Prøvingsresultater

Figur 6 viser resultatet av brann testen i form av en tegning av intakt og oppbrent tunnelduk. Tegningen viser duken brettet ut og skillelinjene utgjør da de horisontale og vertikale rørene som duken er spent opp på. De ytterste feltene representerer duken fra vegnivå opp til det horisontale røret. Midtlinjen viser senterlinjen i tunneltaket. De horisontale rørene deler dukarealet tilnærmet i fire like store deler. 40 % av duken brant/smeltet opp i løpet av brann testen mens 60 % var nærmest uskadet.

Brannkilden (oppstrøms kant på første stålkarr) var plassert 15 m inne i tunnelhvelvet. I taknivå nedstrøms ble duken oppbrent eller smeltet inntil det gjensto 13 seksjoner på 1,5 m (19,5 m). Oppstrøms brant også duken opp helt til enden av hvelvområdet, dvs. 15 m fra brannkilden. Langs veggen brant duken helt opp fra vegnivå der brannkilden stod inntil duken. På motsatt side var nedre del av duken ikke oppbrent. Ellers var de vertikale delene av duken i området under de horisontale rørene i hovedsak uskadet (se figur 7 - 9).

Dette viser at det er i all hovedsak startbrannen som avgjør hvor mye av duken som vil brenne i en slik tunnelbrann. At det fantes uskadet duk igjen i hele tunneltverrsnittet etter brann testen nedstrøms startbrannen viser at brannen i selve duken sloknet av seg selv når virkningen av startbrannen avtok. Det er ingen indikasjon på at brann i duken alene vil spre seg under slike vilkår som er testet.



Figur 6. Skisse av tunnelduk monteret i 75 m lengde, og med markering av hvilke områder (vegg og tak) som ble skadet i brann testen. Ventilasjon: 1,5 m/s.





Figur 7. Tunnelhvelvet etter branntesten sett fra nedstrøms side.



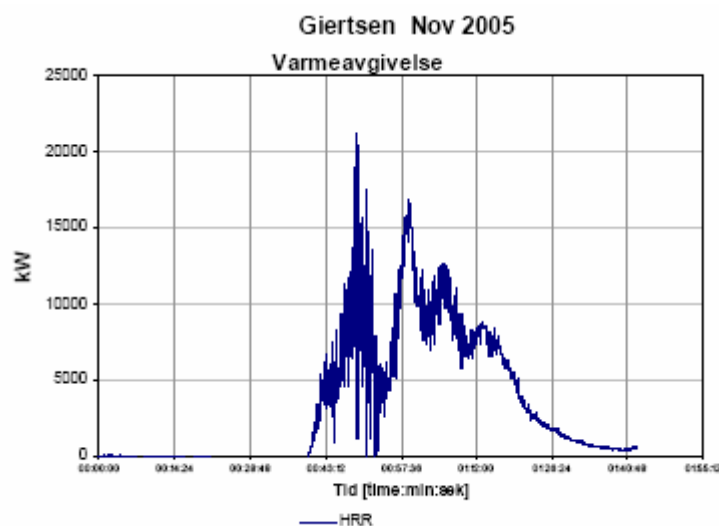
Figur 8. Duken er intakt i veggen fra vegbanenivå fra oppstrøms kant av brannkilden.



Figur 9. Tunnelhvelvet etter brannen sett oppstrøms brannkilden. Duken er oppbrent i taknivå mens veggene er intakte.

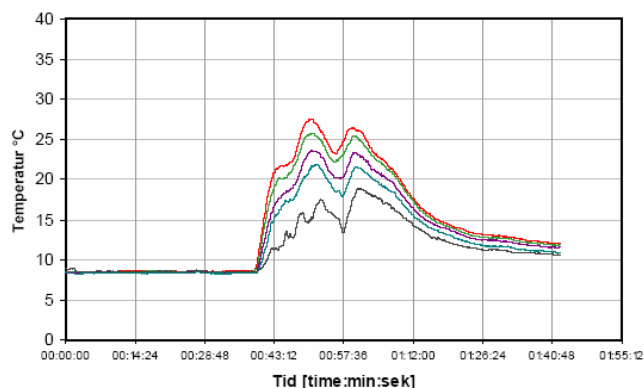
Varmeavgivelsen fra brannkilden under forsøket ble målt i et innledende forsøk uten at duken ble involvert. Den ble målt til en maksimalverdi på 21 MW (Figur 10).

Mengden skadet duk er beregnet til 173 kg basert på en total mengde på 433 kg. Brennverdien for PVC er 20 000 kJ/kg. Tillegg i brannlast fra duken vil da være 3460 kJ. Antar en at dette brenner opp i løpet av de første 15 minutter av brannen vil tillegget i brannlast utgjøre om lag 3800 kW (3,8 MW). I denne perioden er midlet varmeavgivelse 6386 kW (6,4 MW). Det vil si at duken utgjør et tillegg i varmelast på omtrent 40 %.

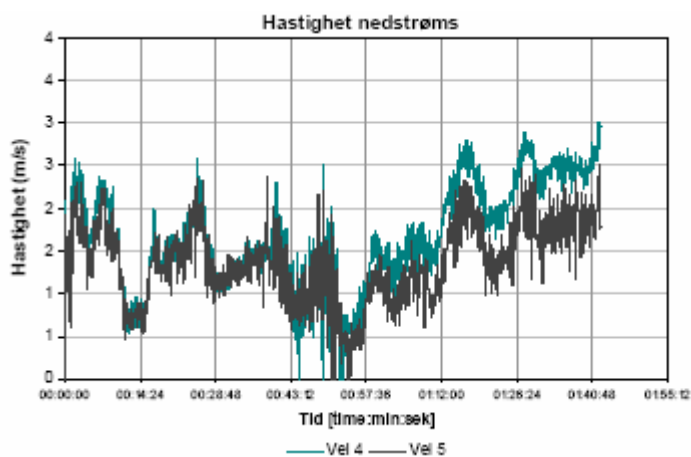


Figur 10. Varmeavgivelse fra 12 m<sup>2</sup> dieselbrann

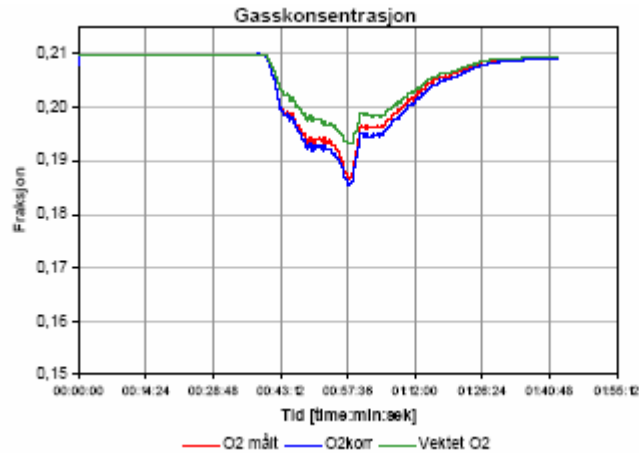
Figur 11 viser varmeavgivelsen fra startbrannen som funksjon av tid målt ca. 500 m nedstrøms brannkilden. Denne målingen vil være forsinket i tid i forhold til brannen, anslagsvis 10 minutter. I løpet av den tiden det tar for forbrenningsproduktene å strømme fra brannstedet til målestasjonen nedstrøms kjøles røyken ned til temperaturer mellom 15 – 25 °C, med de høyeste temperaturene målt øverst i tverrsnittet. I tillegg vil det kunne bli en viss forandring i konsentrasjonen i gasser idet gradienter vil kunne utjevnes når gassene transporteres så langt (se figur 12 - 14). Total varmeavgivelse vil imidlertid være korrekt siden ingen gasser forsvinner underveis.



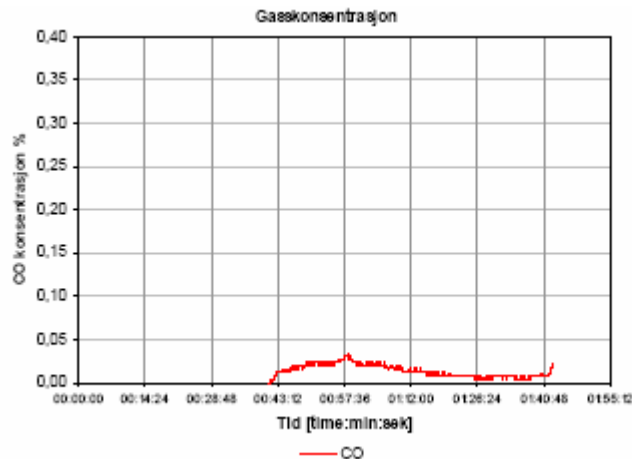
Figur 11. Temperaturer i tunneltverrsnittet målt ved målestasjon 500 m nedstrøms brannkilden.



Figur 12. Hastighet i tunneltverrsnittet målt ved målestasjon 500 m nedstrøms brannkilden. Vel 4 og Vel 5 representerer hastigheter i høyde hhv. 4 og 5 m under taknivå.



Figur 13. Konsentrasjon av oksygen ved målestasjonen 500 m nedstrøms brannkilden. De ulike kurvene representerer ulike måter å korrigere konsentrasjonene på til bruk ved beregning av varmeavgivelse.



Figur 14. Konsentrasjon av CO målt ved målestasjonen 500 m nedstrøms brannkilden.

## 4 Konklusjon

WG Tunnelhvelv T100 er laget i et materiale som forutsettes skal være selvslukkende dersom det blir eksponert for brann. Fullskala branntest gjennomført i Runehamar testtunnel har vist at denne forutsetningen er oppfylt gitt de brannbetingelser som hvelvet ble eksponert for under testen. Det er i hovedsak startbrannen som er avgjørende for hvor mye av duken som vil brenne i en tunnelbrann. Man oppnådde ikke full overtenning under brannen og det er ingen indikasjon på at brann i duken alene vil spre seg under slike vilkår som er testet. Uskadet duk i hele tunneltverrsnittet etter branntesten nedstrøms startbrannen viser at brannen i selve duken sloknet av seg selv når virkningen av startbrannen avtok.



**Statens vegvesen**

Statens vegvesen Vegdirektoratet  
Postboks 8142 Dep  
N - 0033 Oslo

Tlf. (+47 915) 02030  
E-post: [publvd@vegvesen.no](mailto:publvd@vegvesen.no)

ISSN 1504-5005