

RAPPORT



Statens havarikommisjon for transport (SHT) har utarbeidet denne rapporten utelukkende i den hensikt å forbedre jernbanesikkerheten. Formålet med undersøkelsene er å identifisere feil og mangler som kan svekke jernbanesikkerheten, enten de er årsaksfaktorer eller ikke, og fremme tilrådinger. Det er ikke havarikommisjonens oppgave å ta stilling til sivilrettslig eller strafferettslig skyld og ansvar. Bruk av denne rapporten til annet enn forebyggende sikkerhetsarbeid bør unngås.

INNHALDSFORTEGNELSE

RAPPORT OM	3
MELDING OM HAVARIET	3
SAMMENDRAG.....	4
ENGLISH SUMMARY	4
1. FAKTISKE OPPLYSNINGER	5
1.1 Hendelsesforløp	5
1.2 Skader	14
1.3 Trafikkledelse og signalsystem.....	15
1.4 Rullende materiell.....	17
1.5 Infrastruktur og kjørevei	18
1.6 Myndigheter	23
1.7 Organisatoriske forhold	29
1.8 Beredskap og overlevelsesaspekter.....	32
1.9 Brannsikring av snøoverbygg i tre.....	34
1.10 Gjennomførte undersøkelser	35
1.11 Lignende hendelser	39
2. ANALYSE.....	40
2.1 Innledning og avgrensninger.....	40
2.2 Vurdering av årsaken til brannen.....	41
2.3 Operative årsaksfaktorer	44
2.4 Beredskapsforhold på Hallingskeid	44
2.5 Årsaksfaktorer relatert til sikkerhetsstyring.....	46
2.6 Andre funn	48
3. KONKLUSJON	48
4. PLANLAGTE OG GJENNOMFØRTE TILTAK	49
5. SIKKERHETSTILRÅDINGER	50
6. VEDLEGG.....	51

RAPPORT OM

Tognummer:	62
Involvert materiell:	2 sett togtype 73
Registrering:	7310 og 7313
Eier:	NSB AS
Bruker:	NSB AS
Besetning:	Fører, ombordansvarlig, konduktørassistanse og servicearbeidere
Passasjerer:	257
Havaristed:	Hallingskeid stasjon
Havaritidspunkt:	16. juni 2011 klokken 10:07

MELDING OM HAVARIET

Statens havarikommisjon for transport (SHT) ble varslet av NSB AS om at det brant i snøoverbygget på Hallingskeid stasjon 16. juni 2011 klokken 10:45. Havarikommisjonen rykket ut til Hallingskeid med to havariinspektører, og var på stedet klokken 15:00. Berørte parter ble varslet om oppstart av undersøkelse i brev av 17. juni 2011, og ulykken ble rapportert til European Railway Agency (ERA) 27. juni 2011.



Figur 1: Kartgrunnlag: Statens kartverk, Geovekst og kommuner.

SAMMENDRAG

Torsdag 16. juni 2011 klokken 10:07 kjørte ekspressstog 62 inn på Hallingskeid stasjon hvor østre snøoverbygg stod i brann. Føreren av toget foretok nødbrems, og det ble iverksatt evakuering av passasjerene umiddelbart. Det ble ingen personskader i hendelsen, men hele toget samt store deler av infrastrukturen på stedet ble ødelagt av brannen. Det tok rundt 6 timer før brannvesenet fikk fraktet opp brannbil og slukkevann fra Voss.

Det er ikke funnet en entydig og direkte påviselig brannårsak i SHT sin undersøkelse av brannen på Hallingskeid 16. juni 2011. Den største brannrisikoen i snøoverbygg kommer fra varme arbeider, elektrisk anlegg eller glødende partikler fra tog.

Basert på de gjennomførte undersøkelsene mener Statens havarikommisjon for transport at det er de varme arbeidene som trolig var utløsende brannårsak.

Statens havarikommisjon for transport ser svakheter i Jernbaneverkets prosedyrer for varme arbeider vedrørende krav til risikovurderinger og etterkontroll.

Jernbaneverkets beredskap for å transportere brannmannskap og materiell til ulykkesstedet viste svakheter ved brannen på Hallingskeid.

Statens havarikommisjon for transport fremmer to sikkerhetstilrådinger i forbindelse med undersøkelsen.

Statens havarikommisjon for transport tilrår at Jernbaneverket må vurdere praktisk og økonomisk mulige tiltak for å oppgradere brannsikringen av eksisterende snøoverbygg.

Statens havarikommisjon for transport tilrår at Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap må ta større koordinerende ansvar for å sikre at brannsikkerhet og beredskap på utilgjengelige steder på jernbanen fyller forventningene.

ENGLISH SUMMARY

Train 62 from Bergen to Oslo ran into a snow tunnel which had caught fire. The train lost power as a result of catenary power loss just before entering Hallingskeid station. At the same time the driver noticed the fire in the east end of the snow tunnel. The train stopped in front of the fire, but due to loss of power the train was unable to back out. All passengers were evacuated, and there were no personal injuries. There were large material damages, the train was totally wrecked and the entire infrastructure in the snow tunnel was damaged. It took more than 6 hours before the emergency services had heavy equipment transported to Hallingskeid.

Accident Investigation Board Norway (AIBN) has not been able to establish a clear and demonstrable direct cause of the fire. However that the greatest fire risk in snow tunnels is hot work, electrical installations or glowing particles from trains.

Based on the investigation AIBN considers that the hot work is the probable triggering event that lead to the fire.

AIBN sees weaknesses in the Railway Administration's procedures for hot work regarding requirements for risk analysis and control after hot work.

The Railway Administration's readiness to transport fire crews and equipment to the accident site showed significant deficiencies in the fire at Hallingskeid.

Accident Investigation Board Norway issues two safety recommendations as a result of the investigation.

AIBN advises the Railway Administration to consider possible measures to upgrade the fire protection of existing snow tunnels.

AIBN advises the Directorate for Civil Protection and Emergency Planning to take greater responsibility for coordinating that fire safety and emergency preparedness in inaccessible places on the railroad fulfill expectations.

1. FAKTISKE OPPLYSNINGER

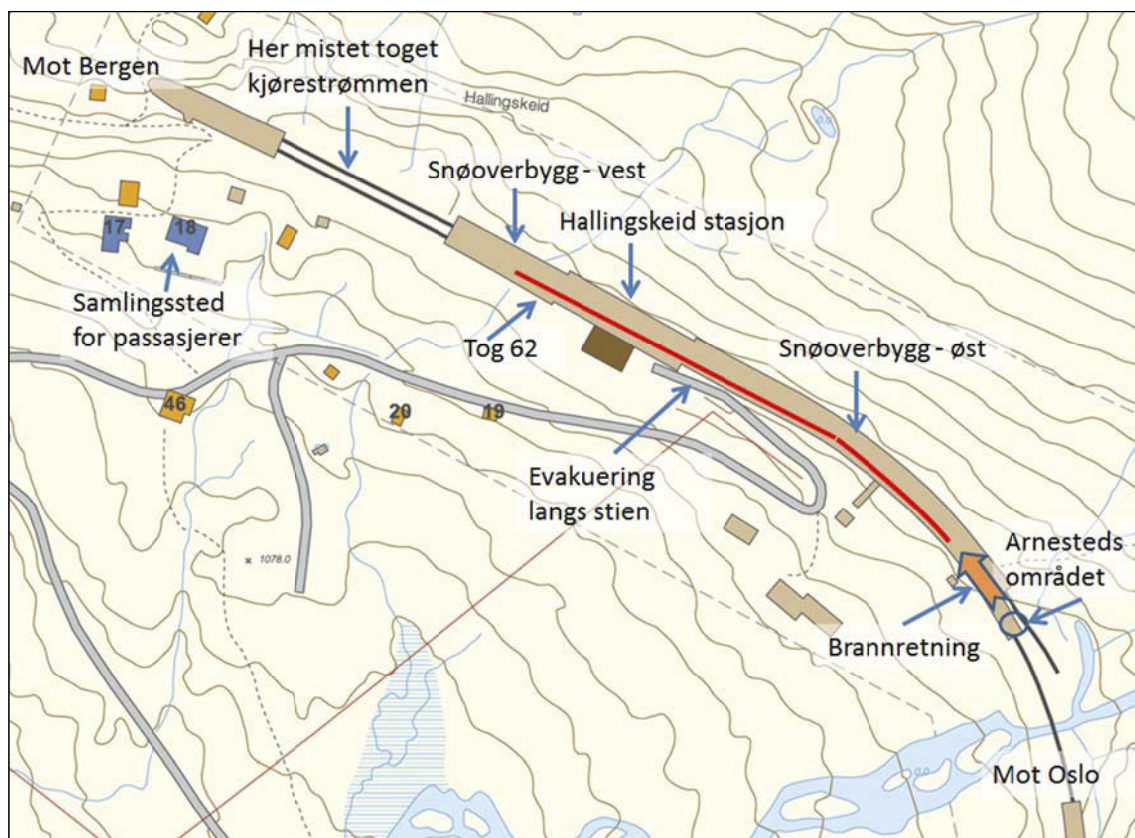
1.1 Hendelsesforløp

Tog 62 fra Bergen mot Oslo var i ferd med å redusere farten frem mot hastighetsskiltet som viser en hastighet på 60 km/t på Hallingskeid stasjon. Toget skulle ikke stoppe på Hallingskeid. Det er stigning mot stasjonsområdet når toget kommer fra Bergen, og toget mistet dermed hastighet på vei mot stasjonsområdet. Det var signal "kjør" i innkjørhovedsignal, og signal "vent kjør" i forsignal for utkjørsignal for Hallingskeid stasjon. Før vestre snøoverbygg på Hallingskeid stasjon mistet toget kjørestråmen, og føreren så opp på kontaktledningen for å observere eventuelle skader. Denne hang oppe, og ble vurdert å være fysisk intakt. Han oppdaget samtidig at det brant i snøoverbygget i østre ende. I mellomtiden hadde utkjørhovedsignalet skiftet til "stopp". Han tok da nødbrems, og passerte utkjørsignalet med ca. 5 meter. Toget stoppet i sporvekselen i overkant av 100 meter inne i østre snøoverbygg. Det brant da i snøoverbygget rundt 50-60 meter foran toget.



Figur 2: Viser bakerste togsett under brannen på Hallingskeid. (Kilde: Voss Brannvesen)

Føreren forteller at toget hadde ca. 40 km/t da vedkommende tok nødbrems. På Hallingskeid stasjon avtar stigningen, og det var derfor ikke mulighet å rulle toget tilbake ut av brannområdet. Toget stoppet på stasjonsområdet, og det var dermed plattform langs hele toget. Samtidig som toget stoppet kom ombordansvarlig inn i førerrommet, og de besluttet da å evakuere de reisende. Fører ringte togleder, og informerte om at det brant foran toget. Det er ikke bilveiforbindelse til Hallingskeid stasjon, og derfor utfordrende å frakte utstyr og redningspersonell til stedet. Ingen personer ble skadet i hendelsen, men det ble store materielle skader.



Figur 3: Hallingskeid stasjonsområde. (Kilde: Statens Kartverk 12247NE-178 fra Nordeca AS)

1.1.1 Sporarbeider i forkant av brannen

Samme dag i forkant av brannen foregikk det sporfornyelse på Hallingskeid i form av skinnesveising, og utskifting av befestigelse. Arbeidet ble utført av Norsk Jernbanedrift AS (NJD), som var innleid av Jernbaneverket. Dette var en del av en avtale om sporfornyelse på Bergensbanen som har pågått i flere år. Arbeidsmannskapene var på Hallingskeid klokken halv fem hvor de startet arbeidet. Skinnesveisingen ble utført rett innenfor åpningen av snøoverbygget i østre ende. En oversikt over NJDs aktiviteter er beskrevet i Tabell 1.



Figur 4: Bilde av arbeidslaget på Hallingskeid 16. juni 2011 kl. 05:05. (Kilde: NJD)

I dette området er det betongsviller. Skinnene ble forvarmet, sveiset og slipt. I samtale med Havarikommisjonen forklarte mannskapet at de var ferdig med arbeidet klokken

åtte, og meldte linjen klar for andre tog litt over klokken ni. Mannskapet forklarte videre at alt avfall etter sveisingen ble plassert i thermitbøtter som ble satt utenfor inngangen til snøoverbygget i østre ende. Thermitbøtter inneholder sveiseporsjonen som settes oppå sveisen og antennes. Etter at disse er brukt til å sveise sammen skinnene blir restene fra sveisearbeidet plassert i disse varmebestandige bøttene.

Et godstog passerte Hallingskeid kvart over ni, og føreren av godstoget har i ettertid rapportert at alt så normalt ut da. Arbeidsmannskapene forlot stedet i skinnetraktor omtrent klokken halv ti, og alle rapporterer at alt så normalt ut da de dro fra Hallingskeid.

Tabell 1: Oversikt over aktiviteter i forkant av brannen

Kl.	Hva
02:30	Arbeidslag fra Norsk Jernbanedrift AS (NJD) drar fra hytta hvor de oppholder seg.
03:16	NJD drar med Robel fra Haugastøl stasjon.
04:30	NJD ankommer Hallingskeid stasjon.
05:00	NJD starter varme arbeider.
08:00	3 mann fra NJD drar 3 km vest for å klargjøre neste jobb.
08:00	NJD er ferdig med varme arbeider.
09:00	3 mann som dro for å klargjøre neste jobb returnerer Hallingskeid.
09:10	NJD melder linjen klar for tog (NJD ber om direkte rute til Haugastøl).
09:16	Godstog 5502 passerer Hallingskeid.
09:30	NJD forlater Hallingskeid.

1.1.2 Varsel, evakuering og redning

Etter at føreren stoppet toget tok vedkommende umiddelbart kontakt med togleder og varslet om hendelsen. Det ble gitt melding over høyttalerne at passasjerene måtte forlate toget til plattformen på høyre side. Passasjerene ble evakuert og fikk beskjed om å la reisegodset være igjen på toget. Evakueringen fortsatte ut av en skyvedør på stasjonen, og videre ut i terrenget. For å komme ned fra stasjonen måtte passasjerene gå ned en bratt skråning mot snøoverbygget hvor det brant kraftig, og derfra videre ned på grusveien på nedsiden av stasjonen. Etter at passasjerene som kunne gå selv var evakuert til grusveien gikk konduktøren og en person tilbake til stasjonen for å hjelpe to bevegelseshemmede. NSB AS oppbevarer et par standard rullestoler i denne type tog, og to av disse ble benyttet. De bevegelseshemmede ble flyttet til utgangen av snøoverbygget i motsatt ende av brannen, hvor det var minst røyk. De øvrige passasjerene ble ført til Bergen turlag sin hytte, som ligger litt nedenfor stasjonen (merket som nr. 18 på kartutsnittet i Figur 2). Personell fra NSB AS hentet ut noen kasser med tepper fra siste vogn i toget, og delte ut til de evakuerte passasjerene. Temperaturen på Hallingskeid var 12-13 grader på det høyeste da passasjerene ble evakuert.

Det ble også hentet soveposer på stasjonen, og disse ble brukt til å pakke rundt de bevegelseshemmede for at de skulle holde varmen.

Togpersonalet kontrollerte togsettene flere ganger for å forsikre seg om at toget var tomt for passasjerer. Flere passasjerer ønsket å gå tilbake for å hente hensatt bagasje, men ble nektet dette av togpersonalet.

Brannsjefen i Voss reiste mot Hallingskeid i helikopter rundt klokken halv elleve for å få et overblikk over situasjonen. Samtidig ble brannbil og mannskaper sendt til lokstallen på Voss. I lokstallen på Voss manglet imidlertid både trekkaggregat og fører til å kjøre mannskaper og utstyr til Hallingskeid.

Den første skinnetraktoren med mannskaper fra Jernbaneverket ankom Hallingskeid omtrent klokken kvart på elleve. Det ble vurdert å bruke denne til å trekke togsettet bort fra brannen. Det viste seg at skinnetraktoren ikke hadde nok trykkluftkapasitet til å løse bremsene på toget, og dermed lot det seg ikke gjøre å trekke vekk settet. Det er mulig å manuelt deaktivere bremsene på et togsett, men NSB AS personellet vurderte at det var for tidkrevende og risikofylt på grunn av den raske brannspredningen. NSB AS opplyser at fører la på flere bremsesko slik at togsettet ikke skulle rulle bakover mot redningstogene dersom det mistet bremsetrykket som følge av brannen.

Brannsjefen i Voss overtok som ny skadestedsleder ved ankomst rundt kvart over elleve. NSB AS har opplyst at det ikke var noen informasjonsutveksling mellom brannsjefen og ombordansvarlig. Ombordansvarlig hadde rollen som skadestedsleder inntil brannsjefen overtok. Brannsjefen sendte helikopteret tilbake til Voss etter en såkalt brannbøtte. Dette er slukkeutstyr som brukes av helikopter ved f.eks. skogbrann.

Brannsjefen fikk mannskapene på skinnetraktoren fra Jernbaneverket til å evakuere de bevegelseshemmede bort fra snøoverbygget hvor de befant seg. Brannsjefen ba også om at to traktorer som stod i nærheten av vestre snøoverbygg skulle flyttes lengre bort fra brannen. Den ene traktoren hadde bl.a. gassflasker i skuffen. Brannsjefen og fører av toget gikk rundt klokken halv tolv en siste gang gjennom toget og snøoverbygget for å påse at det ikke befant seg noen personer der. På dette tidspunktet hadde brannen fått tak i toget, og nærmer seg stasjonsområdet.

Helikopter med brannbøtte returnerte til Hallingskeid litt over halv tolv, men det viste seg at det var feil på dette utstyret. Omtrent en time senere var utstyret ordnet, og slukkingen kunne starte.

Litt over halv ett ankom det to Flåmsbanevogner for å evakuere bort passasjerene. NSB AS beredskapstog på Ål hadde blitt bemannet og stilt til disposisjon for berging og brannslukking. Det ble imidlertid vurdert som en bedre løsning å benytte en dieseldrevet skinnetraktor fra Jernbaneverket med vogner fra Flåmsbana på grunn av kortere kjøretid. Det var ikke mulig å benytte et disponibelt tog som sto på Myrdal på grunn av manglende kjørestrom.

Det ankom personell fra helse, brann og politi i et Sea-King helikopter litt før klokken ett. Innsatsleder fra politiet i Voss var om bord, og overtok da som skadestedsleder. Flere brannmannskaper fra Voss var med i samme helikopter, da det fremdeles var problemer med å få tak i et lokomotiv til å trekke brannutstyr og vannvogn opp til Hallingskeid.

Hallingdal Brann- og Redningsvesen IKS opplyser at de tidlig meldte seg via e-post for eventuell beredskap til 110 Bergen og til Jernbaneverkets krisestab. De fikk kun svar fra Jernbaneverkets krisestab som svarte at dette var registrert. De leverte vann til vogna som Jernbaneverket har på Ål stasjon, men ingen øvrige bidrag ble rekvirert. Mannskapene fra Jernbaneverket som betjener vannvognen på Ål ble varslet rundt dette tidspunktet, og fikk beskjed om å dra til Hallingskeid.

Litt over klokken ett dro Flåmsbanevognene med de evakuerte passasjerene fra Hallingskeid mot Myrdal. De evakuerte skulle deretter fraktes videre med et annet tog fra Myrdal til Voss.

Det ankom etter hvert flere helikopter med brannbøtter til Hallingskeid, og sivilforsvaret kom også til stedet. Vannvognen fra Ål ankom Hallingskeid rundt klokken tre, og parkerte i lysåpningen i tunellen mot vest slik at kun fronten på skinnetraktoren var synlig. Brannsjefen i Voss forteller at han først rundt klokken sju om kvelden ble kjent med at den hadde med seg en vannvogn. Da den skulle brukes viste det seg imidlertid at den hadde en defekt vannpumpe.

Litt over klokken fire ankom toget fra Voss med brannbilen og en vannvogn. Rundt halv fem rapporteres det at brannen er slukket. Det var fortsatt en del røyk, og etterslukking pågikk utover kvelden.

Tabell 2: Oversikt over aktiviteter ved varsel, evakuering og redning

Kl.	Hva
10:06	Logg fra Jernbaneverket viser at strømbrudd registreres i Finsetunnelen, Mjølfjell omformer og Haugastøl omformer.
10:06	Tog 62 mister kjørestrømmen, fører oppdager brannen og stopper toget.
10:07	Fører varsler togleder om brann i snøoverbygg.
10:08	Passasjerer informeres over høyttalere at toget skal evakueres.
10:09	Togleder varsler 110 om brannen.
10:10	Fører, ombordansvarlig og konduktørassistanse går igjennom toget for å sjekke at alle er evakuert. Rullestolbrukere er igjen i vogn 4 og 8.
10:11	Alarmen går hos Voss brannvesen.
10:22	Brannsjef Voss melder at mannskaper er klare for å rykke ut.
10:25	Rullestolbrukere i vogn 4 og 8 blir evakuert.
10:25	To av turisthyttene på Hallingskeid ble åpnet, og ble en naturlig samlingsplass for passasjerene.
10:29	Brannbil og mannskaper ble sendt til lokstallen i Voss. Der manglet imidlertid både trekkaggregat og fører til å kjøre mannskaper og utstyr til Hallingskeid.
10:30	Brannsjef Voss reiser til Hallingskeid med helikopter.
10:45	Skinnetraktor ankommer Hallingskeid for å prøve å trekke togsettet unna brannen.
11:15	Brannsjef Voss ankommer Hallingskeid og overtar som skadestedsleder.
11:15	Brannsjef sender helikopter tilbake til Voss etter brannbøtte.
11:45	Helikopter starter slukking, men det er feil på utstyret.
12:40	Brannsjef Voss sender helikopter til Voss for å hente brannpumpe. Det mangler tog som skal frakte slukkemateriell fra Voss.
12:45	Flåmsbanevogner ankommer for å evakuere reisende.
12:45	Sea-King helikopter med redningspersonell ankommer.
12:50	Mannskaper på brannvogna i Ål varsles.
12:51	Helikopter starter slukking, utstyret er utbedret.
13:10	Flåmsbanevogner forlater Hallingskeid med evakuerte passasjerer i retning Myrdal. De evakuerte skal deretter fraktes videre fra Myrdal til Voss. Registrering av reisende ble gjort på Mjølfjell ca. kl. 14.
13:23	Mannskaper (6 stk.) fra Bergen brannvesen ankommer Hallingskeid med helikopter.
14:43	Brannvogn fra Ål ankommer Hallingskeid, men blir stående i snøoverbygget øst for brannen.
13:44	Brannutstyr fra Voss er på vei til Hallingskeid med helikopter.
15:03	Tog med evakuerte passasjerer ankommer Voss.
16:10	Brannbil fra Voss ankommer Hallingskeid på togvogn.
16:22	Brannen er slukket. Fortsatt en del røyk, etterslukking pågår.
18:00	Bergen brannvesen avslutter, og reiser tilbake.
19:00	Politiet avslutter. Brannvesen, sivilforsvaret og helsepersonell er igjen på stedet.

1.1.3 Brannforløpet

Snøoverbygget på Hallingskeid ble bygget av ubehandlet tre rundt 1960, og forholdene inne i slike snøoverbygget er normalt sett tørre. Erfarne banearbeidere forteller at det er vanlig at det også samler seg noe avfall langs sporet i form av tørt biologisk materiale (gress, lyng e.l.), som kan gjøre området mer brannfarlig.

Brannutviklingen ved Hallingskeid ble godt dokumentert med både bilder og video, som er gjort tilgjengelig for SHT.



Figur 5: Kl. 10:14 Første bilde av brannen. (Kilde: Rob van Haaren)



Figur 6: Kl. 10:19 Bilde fra oversiden av snøoverbygget. (Kilde: Rob van Haaren)



Figur 7: kl. 10:22 Bilde fra oversiden av snøoverbygget. (Kilde: Rob van Haaren)



Figur 8: Kl. 10:32 Bilde fra samlingsplassen hvor passasjerene ble evakuert. Brannen ser ut til å ha nådd toget ut fra hvor det brenner i snøoverbygget, fargen på røyken (svart) og vitneforklaringer. (Kilde: Rob van Haaren)



Figur 9: Kl. 10:51 Bilde fra samlingsplassen hvor passasjerene ble evakuert. (Kilde: Rob van Haaren)



Figur 10: Kl. 11:11 Bilde fra helikopter. (Kilde: Voss brannvesen)



Figur 11: Kl. 11:18 Bilde fra samlingsplassen hvor passasjerene ble evakuert. Brannen ser ut til å nærme seg stasjonsbygningen og det andre togsettet. (Kilde: Rob van Haaren)



Figur 12: Kl. 11:37 Bilde fra vestre snøoverbygg. Brannen ses i bakgrunnen, og man kan se at kobbel på bakerste togsett er klargjort. Det er strøm på lavspenningsettet ettersom det er lys i snøoverbygget. (Kilde: Voss brannvesen)



Figur 13: Kl. 11:51 Bilde fra samlingsplassen hvor passasjerene ble evakuert. Snøoverbygget på vestre side av stasjonen har nå kollapset, og bygget har rast sammen. (Kilde: Rob van Haaren)



Figur 14: Kl. 11:57 Bilde fra samlingsplassen hvor passasjerene ble evakuert. Videoen viser at helikopteret forsøker å slippe vann over brannen, men det er problemer med utstyret og man får ikke løst ut brannbøtta. (Kilde: Rob van Haaren)



Figur 15: Kl. 12:20 Bilde fra samlingsplassen hvor passasjerene ble evakuert. Det kommer nå røyk ut fra åpningen på snøoverbygget på vestre side av stasjonsbygningen. Dette tyder på at brannen er i ferd med å spre seg til vestre snøoverbygg. (Kilde: Rob van Haaren)



Figur 16: Kl. 12:33 Bilde fra samlingsplassen hvor passasjerene ble evakuert. Det brenner i snøoverbygget som ligger på vestsiden av stasjonsbygningen. (Kilde: Rob van Haaren)



Figur 17: Kl. 12:46 Evakueringstoget har ankommet Hallingskeid, og passasjerene går om bord. (Kilde: Rob van Haaren)



Figur 18: Kl. 12:51 Utstyret på helikopteret er ordnet og det slippes vann over taket på snøoverbygget på vestsiden av stasjonsbygningen. (Kilde: Rob van Haaren)



Figur 19: Kl. 13:12 Vestre snøoverbygg. (Kilde: Politiet)



Figur 20: Kl. 15:05 Bilde fra helikopter. (Kilde: SHT)

1.2 Skader

1.2.1 Involvert materiell

Togsett type 73, nr. 7310 og nr. 7313, ble totalskadet i brannen. Norsk Jernbanedrift AS (NJD) mistet i tillegg en vogn med underlagsplater og isolasjon i brannen.



Figur 21 og figur 22: Bilder av skadene. (Kilde: SHT)



Figur 23: NJD vogn på stikksporet. (Kilde: SHT)

1.2.2 Infrastruktur og kjørevei

Snøoverbyggene på østsiden og vestsiden av stasjonen ble totalt utbrent. Kontaktledningsanlegget, skinner, befestigelse, deler av signalanlegget, kabler osv. ble også ødelagt i brannen. Selve stasjonsområdet i betong, og venterommet på utsiden av stasjonsområdet som var bygget i tre ble berget. Teknisk rom for sikringsanlegget som ligger under venterommet ble ikke berørt av brannen.



Figur 24: Bilde fra Hallingskeid tatt noen timer før brannen. (Kilde: Norsk Jernbanedrift)



Figur 25: Bilde fra Hallingskeid tatt noen timer etter brannen. (Kilde: SHT)

1.2.3 Andre skader

Det ble skader på mobiltelefonnett (GSM), ettersom kabler til dette utstyret var i nærheten av brannen. Deler av passasjerenes bagasje gikk også tapt i brannen.

1.2.4 Værforhold

Finsevattn værstasjon var ute av drift denne dagen. Meteorologisk Institutt rapporterer følgende om været på ulykkesdagen:

«Det som generelt kan sies er at om morgenen var det østlig bris og ganske skyet vær uten nedbør. Temperaturen var omkring 2-3 grader i den aktuelle høyden. Utover dagen økte vinden noe på fra øst. Kraftigste middelvind, gjennomsnitt over 10 minutter, var 7-9 m/s, og kraftigste vindkast 12-13 m/s. Temperaturen steg til 12-13 grader på det høyeste. Det ble heller ikke målt nedbør ved observasjonene kl 20, som altså angir nedbør mellom kl 8 og 20»

Sveiserapporten fra Norsk Jernbanedrift AS viser at det var 5 grader i skinnene da de utførte arbeidet. Sveiserne har forklart at det var kraftig vind som blåste inn i østre ende av snøoverbygget hvor de jobbet. På bildene som er tatt på Hallingskeid denne dagen er det klart vær om morgenen (se Figur 24), mens det blir mer skyer utover formiddagen (Figur 25). Det kom noen få regndråper litt over klokken fem om ettermiddagen, men ikke nok til at det hadde noen effekt som etterslukking.

1.3 **Trafikkledelse og signalsystem**

Hallingskeid stasjon er underlagt Bergen trafikkstyringsentral som styrer alle stasjoner på strekningen fra Bergen til Hønefoss, med unntak av Myrdal stasjon som er en grensestasjon mot Flåmsbana. Alle signaler og togbevegelser på linjen styres og overvåkes av togleder.

På ulykkesdagen var det bakre betjeningspanelet, se Figur 26, for fjernstyringen av signalanleggene i bruk. Styringen av signalanlegget ble etter ulykken faset over i nytt Vicos system, som vises på skjermene Figur 26. Innføringen av nytt Vicos system var planlagt før brannen på Hallingskeid.



Figur 26: Bergen togledersentral betjeningsplass CTC.

1.3.1 Kommunikasjonskanaler

På Hallingskeid stasjon er det mobilnett, men det er dårlig dekning. Det var en egen telefon på stasjonen med direktelinje til Voss for opplysninger om togtider. Jernbanen har et eget telefonsystem som heter GSM-R. Systemet fungerer som et vanlig mobilnett, men er beregnet for jernbanen. Det er dette systemet som brukes i kontakten mellom togleder, og ombordpersonalet i toget. GSM-R finnes både som fastmontert utstyr i toget, og som bærbare enheter som kan tas ut av toget.

Det vanlige mobilnettet (GSM) falt ut som følge av brannen, og det var derfor kun telefonsystemene GSM-R og satellittelefon som fungerte i området. Brannsjefen i Voss og brannmannskapene fra Bergen hadde med hver sin satellittelefon. Politiets skadestedsleder hadde fått lånt en GSM-R telefon av Jernbaneverket, men denne fungerte bare enkelte steder på Hallingskeid. Ombordpersonalet har fortalt at deres bærbare GSM-R telefoner forholdsvis raskt gikk tom for strøm.

Opplysninger fra helsepersonell som var på Hallingskeid forteller at det var mulig å kommunisere på radiosamband via kanal 30. Denne kanalen kan AMK 110 sentralen sette i konferanse med blant annet kanal 29 på Voss. Det er da mulig å kommunisere direkte til mannskap som har radiosamband. Kanal 30 står på Dyrhaugane på samme plass som politiet har sin sender. Disse skal dekke området på Hallingskeid. Når det gjelder Røde Kors har de en sender på Gjerenuuten i Ulvik som også skal dekke Hallingskeid. Havarikommisjonen har ikke undersøkt nærmere hvorfor radiosambandet ikke ble benyttet.

1.3.2 Samtalebånd

Jernbaneverket har tatt opp samtaler fra GSM-R nettet både før og etter ulykken, men det er flere viktige samtaler det mangler opptak fra. Havarikommisjonen har fått tilgang på de samtalene som var lagret etter ulykken. Samtaler i GSM-R nettet blir lagret på et system som heter Voice Recorder (VR). Det finnes andre logger i GSM-R systemet som brukes til å registrere bruk av GSM-R telefonen. Customer Care and Billing System (CCBS) og Call Data Record (CDR) er to logger som viser at det har forekommet samtaler, men som ikke er lagret på VR.

Jernbaneverket har ikke klart å fremskaffe opptak av samtalen hvor fører i tog 62 varsler togleder om brannen. Både togleder og fører husker at denne samtalen fant sted, og føreren forklarer at dette var en nødsamtale hvor fører umiddelbart fikk kontakt med

togleder. Togleder forklarer at det var en samtale, men kan ikke huske om det var et nødanrop. Logger i systemene CCBS og CDR viser at samtalen klokken 10.07:17 var en punkt til punkt samtale (vanlig samtale), og ikke et nødanrop.

Jernbaneverket Bane Nett har utarbeidet en egen rapport over registrert trafikk i GSM-R nettet i forbindelse med brannen på Hallingskeid 16. juni 2011. Den konkluderer med at Jernbaneverket Nett våren 2011 byttet VR system, og at en feil innstilling førte til at samtaler i VR systemet ble slettet etter 30 dager. Denne feilen er rettet og alle opptak lagres i 1 år før automatisk sletting. Det var derfor ikke mulig å hente ut andre samtaler som i ettertid viste seg å være relevante i forbindelse med hendelsen.

Tabell 3: Oversikt over sentrale samtaler

Kl.	Hva	Logg
09:10	Norsk Jernbanedrift AS (NJD) melder linjen klar for tog, og ber om direkte rute til Haugastøl uten stopp for kryssing.	VR
09:34	Tog 62 er på Mjølfjell og har en kort samtale med togleder angående signal.	VR
10:03	NJD tar kontakt med togleder og ber om lokal skifting på Haugastøl.	VR
10:07	Fører i tog 62 varsler togleder om brannen.	CCBS og CDR
10:08	Togleder tar kontakt med NJD, og forteller at det brenner på Hallingskeid.	VR
10:26	Godstog 5502 som passerte Hallingskeid 09:16 får gjennomkjørt til Ål, og beskjed om at det brenner.	VR
10:27	Tog 62 tar kontakt med togleder og informerer om situasjonen.	CCBS og CDR
11:41	Godstog 5502 har stoppet på Bergheim og fører har kontrollert toget for feil, spesielt med tanke på tjuvbremser. Fører rapporterer til togleder at alt var løst, alle skruer (bremser) av og alt i orden på godstoget.	VR

Det finnes flere samtaler som omhandler evakuering av passasjer samt hvordan andre tog skal kjøre i forhold til brannen og påfølgende strømbrudd. Dette er ikke videre omtalt i rapporten.

1.3.3 Logg fra CTC-sentralen

Denne loggen ble ikke sikret i tide, og ble automatisk slettet en uke etter hendelsen. Informasjon fra CTC-sentralen forteller hva signalene viste før ulykken, og anses som mindre relevant for denne hendelsen.

Systemet for logging av CTC-data er etter ulykken oppgradert, og data fra CTC-sentralen lagres nå i et år.

1.4 Rullende materiell



Figur 27: Regiontog type 73 – Signatur. (Kilde: nsb.no)

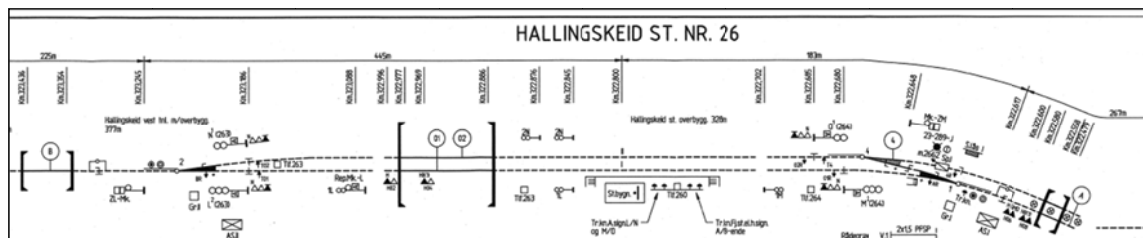
Tog 62 var morgenekspresen fra Bergen til Oslo. Det var 257 passasjerer om bord da toget kom til Hallingskeid, som gir et passasjerbelegg på 62 %. Toget var av typen 73 (Signatur), og ble bygget av Adtranz på Strømmen i perioden 1999-2001. Tog 62 bestod av to sett (7310 og 7313) som var koblet sammen, og gikk som et dobbelsett. Tog 62 hadde totalt 8 vogner, en lengde på 213 meter og plass til 412 passasjerer. Hvert togsett er sammensatt av vognene BM 73, BFR 73, BMU 73 og BFM 73. Toget har oppgitt tjenestevekt på 454,4 tonn. Det er ikke mulig å gå fra sett 1 til sett 2 i fart. Disse er 2 adskilte enheter som er koblet sammen.

Ferdsskriverne på toget var utbrent, og det var ikke mulig å hente data fra disse.

1.5 Infrastruktur og kjørevei

1.5.1 Beskrivelse av Hallingskeid stasjon

Hallingskeid stasjon ligger på høyfjellstrekningen på Bergensbanen, ved km 322,80 regnet over Roa. Den ligger 1110 meter over havet, og ble åpnet i 1908. Stasjonen er ikke bemannet, og det er ikke bilveiforbindelse.



Figur 28: Sjematisk plan over Hallingskeid stasjon. (Kilde: Jernbaneverket)

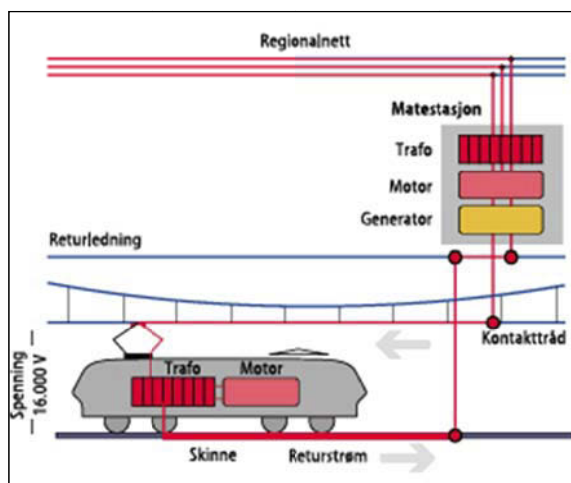
Hastigheten for passerende tog på Hallingskeid er 60 km/t. Selve stasjonsområdet er i betong, mens venterommet er bygget i tre og ligger på utsiden av stasjonsområdet. Det er et snøoverbygg på ca. 50 meter vest for stasjonsbygningen og et snøoverbygg på ca. 200 meter øst for stasjonsbygningen. Det er to spor på stasjonen som starter 445 meter før stasjonsbygningen og ender i et stikkspor 183 meter etter stasjonsbygningen.

1.5.2 Elektrosystemene i infrastrukturen

Elektrosystemene er beskrevet i forbindelse med undersøkelsen av elektrisk feil som mulig brannårsak.

Elektrosystemene i infrastrukturen på jernbanen klassifiseres vanligvis i 4 hovedgrupper:

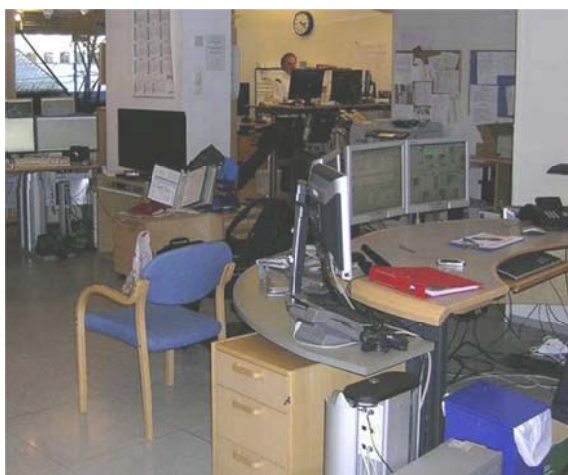
- Elkraftsentraler, kontaktledningsanlegget og matestasjoner (høyspenningsanlegg)
- Lys-, kraft- og varmeanlegg (lavspenningsanlegg)
- Signal- og sikringsanlegg
- Telekommunikasjonsanlegg



Figur 29: Strømforsynsanlegg i jernbanen. (Kilde: Jernbaneverket)

1.5.2.1 Elkraftsentral

Elkraftsentralen overvåker og betjener alle fjernkontrollerte brytere i kontaktledningsanlegget. Her foretas all seksjonering som er nødvendig for feilretting, drift og vedlikehold. Elkraftsentralen er samlokalisert med trafikkstyringsentralen hvor toglederne befinner seg.



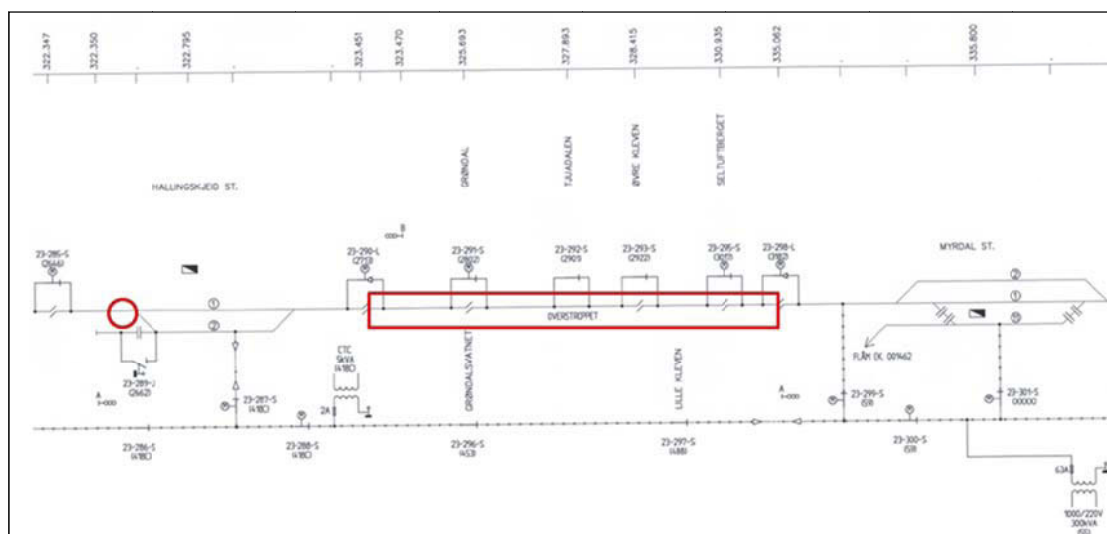
Figur 30: Elkraftsentralen i Bergen.

1.5.2.2 Logg fra Elkraftsentralen

Aktiviteter på høyspenningsanlegget blir registret på Elkraftsentralen, og er undersøkt for å se om det er registrert elementer som kan være relevante for brannen på Hallingskeid. Loggen fra Elkraftsentralen viser at kontaktledningen hadde spenning på Hallingskeid stasjon den 16. juni 2011 frem til klokken 10:06. Som det fremkommer i Tabell 4 ble deler av omformerstasjonene styrt ut 04:30 og 05:25. Jernbaneverket opplyser at dette er i henhold til en fastsatt kjøreplan for å få en jevn belastning på omformerne på stasjonene. Omformer stasjonene består av flere omformere, og leverer strøm selv om enkelte av omformerne blir styrt ut.

I perioden 04:54 til 08:40 var spenningen på strekningen mellom Myrdal stasjon og Hallingskeid stasjon frakoblet (se Figur 31), men det var spenning på selve stasjonene.

Årsaken til dette er at det ble utført arbeid med kran og da er det standard prosedyre å koble fra strømmen. Dette er beskrevet i Elsikkerhetsplan nr. 5087.



Figur 31: Området som er frakoblet mellom klokken 04:54 og 08:40. Sirkel viser området hvor det foregikk sveisearbeid mellom klokken 5 og 8, dette var arbeid under spenning (AUS).

Klokken 09:16 passerte godstog 5002 området som var frakoblet i perioden 04:54 til 08:40 i retning mot Oslo, uten at de ble oppdaget uregelmessigheter.

Klokken 10:06 frakoblet soneregrensebryteren i Finsetunnelen omformerstasjonene på Mjølfjell, Haugastøl og Kjosfossen. Dette medførte at tog 62 mistet strømmen rett før Hallingskeid stasjon. Et stort område av Bergensbanen og hele Flåmsbana var dermed uten strøm. Operatøren på Bergen Elkraftscentralen startet arbeidet med å begrense området som var strømløst klokken 10:10. Noen minutter senere var det strømløse området redusert til området mellom Finsetunnelen og Myrdal stasjon.

Tabell 4: Oversikt over de mest relevante aktiviteter i EI-kraftloggen

Kl.	Objekt	Logg
04:30	MJØLF_OMF_OM1__D1_ELC	Styrt UTE - OK
04:30	MJØLF_OMF_OM3__D1_ELC	Styrt UTE - OK
04:54	MYRDAL_ST_335,800	Styrt UTE - OK
04:55	HALLINGSKEID_VEST_323,482	Styrt UTE - OK
05:25	KJOSF_OMF_2311_908_L	Styrt UTE - OK
05:25	KJOSF_OMF_2311_908_L	Styrt INNE
08:39	HALLINGSKEID_VEST_323,482	Styrt INNE
08:40	MYRDAL_ST_335,800	Styrt INNE
10:06	FINSE_TNL_307,944	UTE
10:06	MJØLF_OMF_15_U1_E_ELC	UTE
10:06	HAUGA_OMF_15_U4_E_ELC	UTE
10:06	KJOSF_U1_E	UTE (fra egen logg – ikke EI-kraftloggen)
10:10	MYRDAL_ST_335,800	Styrt UT
10:12	HALLINGSKEID_ST_322,795	Styrt UT

1.5.2.3 Matestasjoner

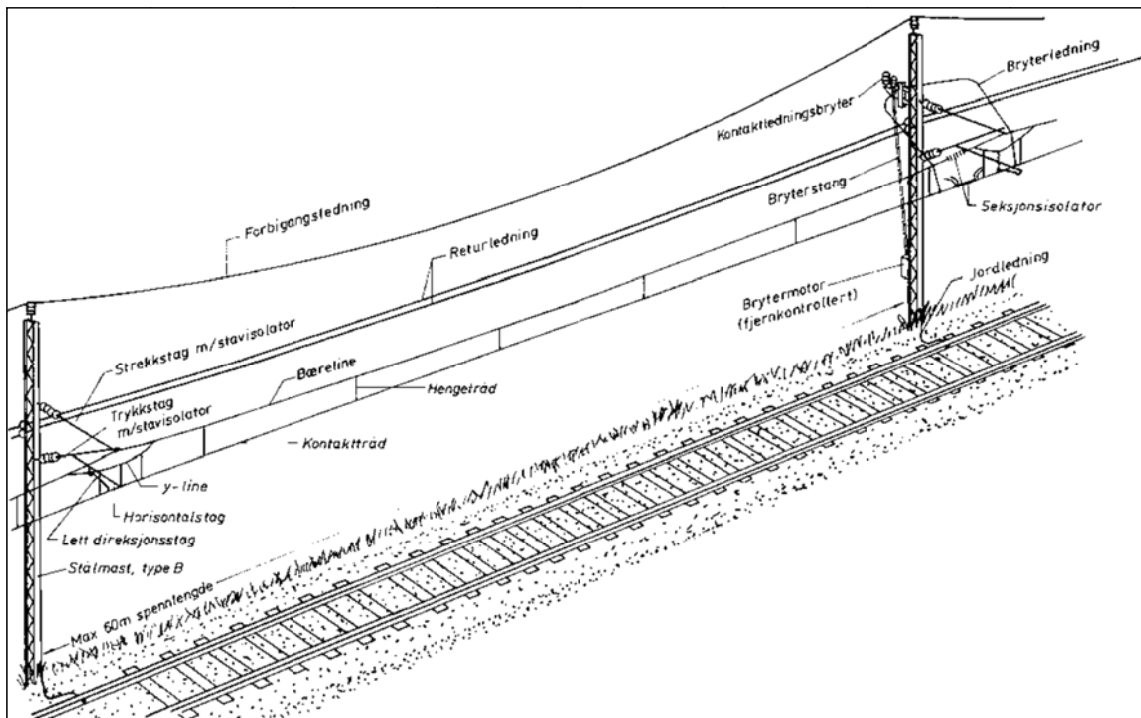
Togene ved Hallingskeid stasjon forsynes med strøm fra matestasjonene Mjølfjell, Haugastøl og Kjosfossen. Disse er samkjørt og leverer kjørestrøm ut på kontaktledningsnettet.



Figur 32: Viser aktive matestasjoner og tre tog på strekningen før strømmen koblet ut kl. 10:06.

1.5.2.4 Kontaktledningsanlegg

Kontaktledningsanlegget gir kjørestrøm til togene. Dette består av tilførselskrets og en returkrets.



Figur 33: Komponenter i kontaktledningsanlegget. (Kilde: Jernbaneverket)

Kontaktledningsanlegget består av master, fundamenter, utliggere, isolatorer, bærelinje, hengetråder og kontaktråd. Returstrømveien mellom stasjonene går ofte i skinnegangen, mens på Hallingskeid stasjon går det egen returledning som er koblet opp mot skinnegangen midt på stasjonsområdet. Det sitter impedanser ved returledningens

ytterpunkter mot skinnegangen som befinner seg utenfor de ytterste sporvekslene på Hallingskeid. En impedans er en spole med midtpunkt, som kun slipper returstrøm forbi isolerte skinneskjøter og filtrerer bort sporfeltstrømmen.

På Hallingskeid går det også en 24 kV kabel i samme kabelkanal som tele- og signalkablene. I følge Jernbaneverkets teknisk regelverk, felles elektro kapittel 5 punkt 2.4, er det ikke tillatt å legge kabler over 1000V i samme grøft, felles rør, eller felles rom i kanal som telekabler eller signalkabler.



Figur 34 og 35: 24 kV kabel i kabelkanal sammen med tele- og signalkabler ved Hallingskeid. (Kilde: Jernbaneverket)

1.5.2.5 Lys-, kraft- og varmeanlegg (lavspenningsanlegg)

Tog 62 stoppet i sporvekselen som ligger inne i østre snøoverbygg på Hallingskeid. Havarikommisjonen målte 95 meter i rettlinje fra utgangen av østre snøoverbygg til fronten på det utbrente toget. Siste lys i østlig retning som er montert i tunnelen befant seg rett etter hvor sporvekselen slutter. Det var også montert et hjelpesignal i utgangen av østre snøoverbygg, men det var ikke spenning på sløyfen til dette signalet.

1.5.2.6 Signal- og sikringsanlegg

Signalanlegget på Hallingskeid er av typen NSB 78. Denne typen er kun i bruk på Bergensbanen. Teknisk rom (relerom) er plassert under stasjonsbygningen, og ble ikke berørt av brannen. Dersom det oppstår en feil i signalanlegget skal det feile til sikker tilstand (failsafe) som gir signal «stopp».

Dette anlegget er styrt fra Bergen togledersentral med elektronisk fjernstyringssystem type JZA711. Anlegget har kortere tidsbegrensning for uttak av logg enn nyere anlegg.

Signalanlegget drives av 220 volt 95 Hz fra egen omformer på Hallingskeid, og regnes som lavspenningsanlegg. Spenningen på stasjonens sporfelter ligger på ca. 10-15 volt vekselstrøm.

Det automatiske togkontrollsystemet (ATC) endres fra delvis utbygd ATC (DATC) til fullt utbygd (FATC) etter sporvekselen i østre del av snøoverbygget på Hallingskeids stasjon.

1.5.3 Stasjon og snøoverbygg



Figur 36: Hallingskeid stasjon og snøoverbygg. (Foto: Willy Koch - 2007)

I vestre ende av Hallingskeid stasjon var det et ca. 60 meter langt snøoverbygg, mens det i østre ende var et ca. 200 meter langt snøoverbygg. Selve stasjonsområdet i betong er på ca. 70 meter. Snøoverbyggene hang sammen med stasjonsområdet og var bygget i tre, med korrugerte aluminiums plater på taket (ser ut som bølgeblikkplater). Deler av veggene på vestre side av snøoverbygget, se Figur 36, er kledd med eternit plater, mens høyre side er bordbelagt med tre. Selve stasjonsområdet er i betong, mens venterommet er bygget i tre.

Opplysninger innhentet fra Jernbaneverket og Voss Brannvesen bekrefter at snøoverbygget ikke er definert som særskilt brannobjekt etter Brann- og eksplosjonsvernloven § 13. Snøoverbyggene er ikke pålagt spesielle brannverntiltak etter § 14 i Brann- og eksplosjonsvernloven. Snøoverbygget er heller ikke definert som jernbanetunnel. St. meld. nr. 35 (2008/2009) om brann sikkerhet kapittel 4.6 omhandler veg- og jernbanetunneler. I denne meldingen vises det til at veg- og jernbanetunneler er utpekt som et område som skal vies særskilt oppmerksomhet på grunn av potensialet for mange omkomne.

1.6 Myndigheter

1.6.1 Lover og forskrifter

Lover og forskrifter som regulerer jernbanen og overordnet beredskap finnes på www.lovdatab.no. Etterfølgende vil fokusere på relevante lover og forskrifter i forhold til hendelsesforløpet, samt lover og forskrifter som fremheves i analysedelen.

Forskrift 18. desember 2002 nr. 1679 om opplæring av personell med arbeidsoppgaver av betydning for trafikksikkerheten ved jernbane, herunder sporvei, tunnelbane og forstadsbane m.m. (opplæringsforskriften)	
Lovtekst	Havarikommisjonens kommentarer
Generelt	Stiller særskilte krav opplæring av personell som utfører oppgaver av betydning for trafikksikkerheten. Fører, konduktør og konduktør assistanse er i denne kategorien. Servicepersonellet er av NSB AS ikke definert til å ha oppgaver av betydning for trafikksikkerheten.

Forskrift 29. februar 2008 nr. 240 om togframføring på det nasjonale jernbanenettet (togframføringsforskriften)	
Forskriftstekst	Havarikommisjonens kommentarer
§ 7-15 sier følgende: «Dersom kontaktledningen blir spenningsløs, skal føreren straks redusere togets hastighet til sikhastighet».	Dette ble gjort av fører, som reduserte hastigheten da toget mistet spenningen.
§ 7-27 sier følgende: «Ved brann i toget skal toget stoppes umiddelbart. Dersom toget er inne i en tunnel, skal fører om mulig kjøre toget ut av tunnelen. Føreren av persontog skal om mulig, ikke stoppe toget på steder hvor det er vanskelig å evakuere passasjerene som på broer, skjæringer m.m.».	Fører stoppet i snøoverbygget hvor det var gode avstigningsmuligheter i form av plattformer. Ettersom kontaktledningen var spenningsløs var det ikke mulig for fører å kjøre toget ut av snøoverbygget.
Kapittel 8 omhandler arbeid i spor.	Dette kapitlet regulerer blant annet bestemmelser som f.eks. hvordan tillatelse til arbeid foregår, og krav til at infrastrukturforvalter skal fastsette bestemmelser om arbeid i spor. Infrastrukturforvalter i dette tilfellet er Jernbaneverket

Lov 14. juni 2003 nr. 20 om vern mot brann, eksplosjon og ulykker med farlig stoff og om brannvesenets redningsoppgaver. (brann- og eksplosjonsvernloven)	
Lovtekst	Havarikommisjonens kommentarer
§ 6 første ledd sier følgende: «Eier av byggverk, område, transportmiddel, produksjonsutstyr, annen innretning eller produkt plikter å sørge for nødvendige sikringstiltak for å forebygge og begrense brann, eksplosjon eller annen ulykke.»	I DSB sin veiledning til denne loven står det følgende: «...Eldre byggverk som ikke er oppgradert, skal oppgraderes til sikkerhetsnivå som følger av TEK dersom det kan gjennomføres innenfor en praktisk og økonomisk forsvarlig ramme.» Videre står det følgende om økonomisk forsvarlig ramme: «...Etablering av ev. manglende rømningsveier, installasjon av brannalarmanlegg, automatisk slokkeanlegg/seksjonering, ledesystemer e.l. for å øke tilgjengelig rømningstid og tiltak for å sikre store verdier, anses ikke å ligge utenfor en praktisk og økonomisk forsvarlig ramme. Rømningsikkerhet må prioriteres høyt. Bestemmelsen er ikke rettet mot eiers/virksomhetens økonomiske situasjon.»
§ 9 annet ledd sier følgende: «Kommunen skal gjennomføre en risiko- og sårbarhetsanalyse slik at brannvesenet blir best mulig tilpasset de oppgaver det kan bli stilt overfor.»	Risikoanalysen skal kunne bidra til at brannvesen og virksomhet med risikopotensial kan avklare ansvar forebyggende og beredskapsmessige forhold og hva som må aksepteres som restrisiko.
§ 13 første og annet ledd sier følgende:	Kommunen ved brannvesenet kan vurdere om

«Kommunen skal identifisere og føre fortegnelse over byggverk, områder, tunneler, virksomheter mm hvor brann kan medføre tap av mange liv eller stor skade på helse, miljø eller materielle verdier Det skal føres tilsyn i byggverk med mer som nevnt over.»	snøoverbygg representerer en slik risiko at det skal registreres som særskilt brannobjekt. Tilsynet skal sørge for at bygget er tilfredsstillende sikret mot brann, forhold av betydning for brannbekjempelse og øvrig redningsinnsats.
Til § 13 fjerde ledd sier følgende: «Kommunen kan bestemme at det skal føres tilsyn med andre objekter enn særskilte brannobjekter.»	Kommunen kan bestemme at det skal føres tilsyn gjennom enkeltvedtak overfor den enkelte objekteier eller gjennom lokal forskrift når det er flere objekter med samme type risiko.
§ 14 første ledd sier følgende: «Kommunen kan pålegge nødvendige brannverntiltak i enkelttilfeller for ethvert byggverk, opplag, områder, tunneler m.m.	Bygg er normalt satt opp i henhold til de til enhver tid gjeldene byggeforskrifter. Er risikoforholdene slik at disse bestemmelser ikke er tilstrekkelig, kan denne bestemmelsen anvendes i konkurrans med internkontrollforskriftens § 5 nr.6.
§ 14 andre ledd sier følgende: «Sentral tilsynsmyndighet kan pålegge eier av ethvert byggverk, opplag, områder, tunneler m.m. som anses å utgjøre en ekstraordinær risiko innen kommunen, å etablere en egen brann- og ulykkesberedskap, eller bekoste og vedlikeholde en nødvendig oppgradering av det kommunale brannvesen».	Dette gjelder objekter/snøoverbygg dersom de representerer en ekstraordinær risiko.

Forskrift 26. juni 2002 nr. 729 om organisering og dimensjonering av brannvesen (dimensjoneringsforskriften)

Forskriftstekst	Havarikommisjonens kommentarer
§ 4-8 tredje ledd sier følgende: «Innsatstid i tettsteder for øvrig skal ikke overstige 20 minutter. Innsats utenfor tettsteder fordeles mellom styrkene i regionen, slik at fullstendig dekning sikres. Innsatstiden i slike tilfeller bør ikke overstige 30 minutter.»	Innsatstidsbestemmelsene er dimensjonerende for områder og objekter med høy risiko eller sannsynlighet for branner. Dette er normalt i tettsteder og noen andre definerte områder. Er risikoen høy utenfor slike områder, skal det gjennomføres forebyggende tiltak eller etableres egen beredskap etter andre bestemmelser.

Forskrift 26. juni 2002 nr. 847 om brannforebyggende tiltak og tilsyn (forskrift om brannforebygging)

Forskriftstekst	Havarikommisjonens kommentarer
§ 2-1 sier følgende: «Sikkerhetsnivået i eldre bygninger skal oppgraderes til samme nivå som for nyere bygninger så langt dette kan gjennomføres innenfor en praktisk og økonomisk forsvarlig ramme. Oppgraderingen kan skje ved bygningstekniske tiltak, andre risikoreduserende tiltak eller ved en kombinasjon av slike.»	Oppgraderingsbestemmelsen er knyttet til at det foreligger bestemmelser om type byggverk i byggeforskrifter ev spesielle bestemmelser i over/underbygningsbestemmelsene til jernbanen.
§ 3-4 første ledd sier følgende: «Virksomhet/bruker av ethvert særskilt brannobjekt skal utarbeide og iverksette ordensregler og instruksjoner som regulerer brannforebyggende og -bekjempende tiltak.»	Dersom snøoverbygget hadde vært klassifisert som særskilt brannobjekt skulle det ha vært utarbeidet beredskapsplaner for objektet som samordnes med den offentlige redningstjenesten og omfatter planer for rømning og redning.

<p>§ 8-1 sier følgende: «Sveising og andre liknende arbeider som medfører risiko for brann skal om mulig foregå på fast arbeidssted som er særskilt innrettet for å forebygge og begrense brann. Den som utfører slike arbeider på midlertidig arbeidssted, herunder takteking, skal utvise særlig aktsomhet, treffe nødvendige forebyggende tiltak for å unngå brann og tiltak for å kunne slukke brann.».</p>	<p>Arbeidet ble ikke utført på fast arbeidssted, ettersom det ikke er mulig i forbindelse med skinnesveising. Det stilles krav til særlig aktsomhet, forebyggende tiltak og tiltak for å kunne slukke brann. Norsk Jernbanedrift AS brukte sveiseduk og hadde slukkeutstyr tilgjengelig under arbeidet. Dette er vanlig under alle typer sveising, og det ble ikke gjort tiltak utover dette.</p>
---	---

Forskrift 26. februar 1998 nr. 179 om sveising, termisk skjæring, termisk sprøyting, kullbuemeisling, lodding og sliping (forskrift om varmt arbeid)	
Forskriftstekst	Havarikommisjonens kommentarer
<p>§ 8 sier følgende: «På arbeidsplasser som ikke er beregnet for varmt arbeid, skal risikoen for brann og eksplosjon vurderes når det skal benyttes utstyr som kan frembringe varme eller gnister. Før det igangsettes varmt arbeid i eller på beholdere, tanker, rørledning eller lignende som inneholder, eller har inneholdt brann- eller eksplosjonsfarlige stoffer, skal det iverksettes tiltak for å unngå brann eller eksplosjon. Alt brennbart materiale i nærheten av arbeidsplassen skal fjernes eller skjermes med varmeresistent materiale. Gassflasker skal alltid være plassert og sikret på forsvarlig måte slik at de ikke utsettes for utilsiktet oppvarming og slik at det ikke oppstår fare for brann eller eksplosjon. Gassflasker skal være plassert slik at de lett kan bringes i sikkerhet hvis det oppstår brann eller eksplosjon. Brannslukkingsutstyr skal finnes lett tilgjengelig og i rimelig nærhet der varmt arbeid pågår.»</p>	<p>Norsk Jernbanedrift AS brukte sveiseduk og hadde slukkeutstyr tilgjengelig under arbeidet. Dette er vanlig under alle typer sveising, og det ble ikke gjort tiltak utover dette. Gassflasker var plassert i skuffa på arbeidstraktoren.</p>

1.6.2 Norsk Standard, Stortingsmeldinger og veiledninger

I tillegg til lover og forskrifter finnes det relevante dokumenter som har til hensikt å forklare og veilede innenfor området brannsikkerhet. Et utvalg av dokumenter er listet opp under.

NS 3901 Risikoanalyse av brann i byggverk
Innhold
<p>Standarden fastlegger krav til risikoanalyser som skal brukes til å dokumentere at stilte mål for brannsikkerhet er oppfylt. Disse målene kan enten være gitt som krav i forskrifter eller som krav utover disse fastlagt av en oppdragsgiver. Standarden tar sikte på risikoanalyser som skal brukes i sikkerhetsstyring i alle faser av et byggverks livssyklus (bygging, drift, reparasjon, bruksendring, ombygging og rivning). Risikoanalyser etter denne standard kan brukes som hjelpemiddel i prosjektering av brannsikkerhetstiltak.</p> <p>Standarden tar sikte på alle typer av byggverk plassert på land, f.eks. bygninger, tunneler og idrettsanlegg. For risikoanalyse av andre hendelser enn brann vises det til NS 5814.</p>

St.meld. nr. 35 (2008-2009) Brannsikkerhet - Forebygging og brannvesenets redningsoppgaver

Innhold
Målene og tiltakene som omtales i denne meldingen, er et ledd i regjeringens oppfølging av målsetningen i Soria Moria-erklæringen om styrket samfunnssikkerhet. I meldingen presenteres nye nasjonale mål for brannsikkerhetsarbeidet. Målene er utarbeidet med bakgrunn i erfaringene fra perioden 2001-2005, jf. St. meld. nr. 41 (2000-2001) og Innst. S. nr. 341 (2000-2001), samt utviklingen på brannområdet de senere årene. Meldingen omhandler primært det virkeområdet som faller innenfor Justisdepartementets forvaltningsområde, fortrinnsvis med grunnlag i lov 14. juni 2002 nr. 20 om vern mot brann, eksplosjon og ulykker med farlig stoff og om brannvesenets redningsoppgaver (brann- og eksplosjonsvernloven).
Veiledning for saksbehandling ved brannsikring av jernbane- og banetunneler
Innhold
Veiledningen beskriver lovgrunnlaget som ligger til grunn for saksbehandling ved brannsikring av jernbane- og banetunneler. Denne veiledningen er en av flere kilder til bruk i planarbeiding. Innholdet er ikke uttømmende med hensyn til planfaglige og juridiske problemstillinger. Den bør derfor brukes sammen med tilhørende lovtekst samt de presiseringer og tolkninger som er gitt i andre veiledninger og rundskriv. Veiledningen har som mål å bidra til at alle instanser og andre aktører etablerer felles forståelse for de juridiske og sikkerhetsmessige forhold som skal legges til grunn ved utbygging og oppgradering av jernbane- og banetunneler. Videre skal den bidra til at aktuelle problemstillinger blir tatt opp og ivaretatt på hensiktsmessige tidspunkter i utbyggingsprosessen.
Veiledningen er utgitt av Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap og Statens jernbanetilsyn i fellesskap. Statens bygningstekniske etat, Jernbaneverket og Oslo Sporveier har deltatt i arbeidet.

1.6.3 Statens Jernbanetilsyn (SJT)

Statens jernbanetilsyn er utøvende kontroll- og tilsynsmakt for jernbanevirksomheter, inkludert sporvei, tunnelbane- og forstadsbaner i Norge.

I mars/ april 2011 gjennomførte Statens jernbanetilsyn en revisjon av Jernbaneverkets risikostyring og beredskap, tilsynsrapport nr. 08-11. Tilsynsrapporten ble publisert i mai 2011, og hovedkonklusjonen er som følger:

“Jernbaneverkets styring av beredskap er mangelfull. Det stilles ikke minimumskrav til beredskapsnivået og flere krav som stilles til beredskapsarbeidet følges ikke. Spesielt er det omfattende mangler ved Jernbaneverkets bruk av beredskapsanalyser og ved planlegging, gjennomføring, evaluering og oppfølging av beredskapsøvelser.

Operativt utføres det mye beredskapsarbeid i Jernbaneverket. “

Det ble funnet 8 avvik under revisjonen, og Jernbaneverket fikk pålegg om å korrigere avvikene og bekrefte at tiltak var utført innen 1. september 2011. Det ble i senere tid gitt utsettelse på noen av tiltakene til oktober/november 2011.

Pr. april 2012 er alle avvik korrigert og bekreftet av Jernbaneverket, med unntak av et tiltak som går på opplæring av togledere i beredskapssituasjon. Jernbaneverket har gjennomført et midlertidig tiltak, og har frist til 1. september 2012 til å gjennomføre endelig tiltak.

1.6.4 Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB)

DSB er underlagt Justis- og beredskapsdepartementet, og er sentral forvaltningsmyndighet etter brann- og eksplosjonsvernloven. En av DSBs roller er å være fagmyndighet på områdene brann- og elsikkerhet, håndtering av brannfarlig-, eksplosjonsfarlige, trykksatt og reaksjonsfarlige stoffer og landtransport i alle fareklasser, og sikkerhet ved produkter og forbrukertjenester.

DSB er også tillagt rollen som kompetansesenter for kommunale brannvesen, sivilforsvarspersonell og tilbyder av samfunnssikkerhetsopplæring. Etaten ble opprettet i 2003, og sett i et brannperspektiv som en videreføring fra Direktoratet for brann- og elsikkerhet (DBE), før det Direktoratet fra brann- og eksplosjonsvern (DBE), som igjen var en sammenslåing av Statens sprengstoffinspeksjon og deler av Statens branninspeksjon.

DSB har ikke gjennomført tilsyn med de aktuelle brannvesen hvor brann i tog eller jernbanetunnel har vært belyst.

Brann- og redningsetatene i distriktene er kommunalt anliggende, og ofte i interkommunale samarbeid. Kompetanse, regelverk og retningslinjer skal imidlertid reguleres gjennom DSB. Norges brannskole er underlagt DSB.

I 2011 omorganiserte DSB noen av sine avdelinger, og formålet med dette opplyses bl.a. å være behovet for å synliggjøre og tydeliggjøre brann- og redningsområdet i DSB. Det ble da etablert en egen avdeling for Brann og redning (nå uten Sivilforsvaret). Videre har Havarikommisjonen fått opplyst at kunnskap og politisk relevans var et sentralt internt grunnlagsdokument for denne prosessen.

Fra Justis- og beredskapsdepartementets forventes blant annet følgende av DSB innenfor brann- og redningsområdet i 2012 (Tildelingsbrev DSB 2012):

«Nasjonal brannmyndighet DSB skal være en tydelig nasjonal brannmyndighet i fagmiljøet og overfor samfunnet forøvrig. Direktoratet skal iverksette regjeringens strategi med målrettet satsning på forebyggende arbeid for å forhindre og redusere konsekvensene av branner, samtidig som brannvesenets beredskap og håndteringsevne skal styrkes. Departementet forventer en tydelig sammenheng i direktoratets samlede portefølje på brannområdet, med særlig vekt på god samhandling mellom direktoratet, fylkesmennene og kommunene. Departementet forventer videre at direktoratet arbeider for tydelige sammenhenger mellom de kommunale brannvesens portefølje, og at dette reflekteres i det helhetlige kommunale arbeidet med forebygging og beredskap. DSB gir gjennom regelverk, tilsyn og informasjon føringer for brannvernarbeidet i kommunene.»

DSB har opplyst til SHT at de i dette utviklingsarbeidet har vektlagt satsing på kunnskap gjennom statistikk, forebyggende arbeid, kompetansemiljø i større enheter, håndtering av store hendelser, ledelse, opplæring, rett utstyr, øvelser, regional spisskompetanse, samt støttesystemer i teknologiske plattformer.

1.6.5 Brann- og redningsvesenet

Hallingskeid har sin beliggenhet under Ulvik Brannvernans ansvarsområde. Etter avtale er det Voss Brannvesen som har hovedberedskap for Hallingskeid. Hallingdal Brann- og redningstjeneste og Hol Brannvesen er også under avtale i beredskap av Bergensbanen.

Risiko- og sårbarhetsanalyse (ROS-analyse) datert 19. mai 2010 for Ulvik, Granvin og Eidfjord tar for seg ulykke med tog langs Bergensbanen. Denne analysen vurderer at det er mindre sannsynlig at det skjer en togulykke, men at konsekvensene kan være katastrofale. Videre påpeker analysen at innsatstiden forventes å være over 2 timer på mange steder, noe som er svært lang tid. Dette kan medføre at personer som er alvorlig skadet i mange tilfeller ikke vil overleve i den tiden det vil ta å få frem hjelp. Som risikoreduserende tiltak blir det fremhevet å redusere innsatstiden for hjelpemannskaper og samtidig sørge for at disse er best mulig forberedt på en eventuell innsats under vanskelige forhold på fjellet.

I ROS-Analyse og dimensjonering av brannvesen datert 19.05.2010 for Ulvik, Granvik og Eidfjord står det at mannskaper fra Jernbaneverket som betjener skinnegående utstyr har hjemmevakt. Jernbaneverket hadde ikke hjemmevakt for personell som betjener skinnegående utstyr da ROS-analysen ble utarbeidet.

I samtaler med havarikommisjonen uttrykker Voss brannvesenet at hovedutfordringen ligger i å få komme til brannen/ulykken; - det vil si at beredskapens sårbarhet er sterkt knyttet til tilgang på materiell og personell for togframføring på strekninger uten vegforbindelse. Dette kommer også frem i St.meld. nr. 35 (2008/2009) om Brannsikkerhet, boks 5.6 Øvelse Bergensbanen. Erfaringene fra øvelsen viste at små kommuner og brannvesen ikke har egnet utstyr eller tilstrekkelig personellressurser til å håndtere en alvorlig togulykke på et sted uten tilgjengelighet for vanlige brann- og redningsbiler.

I mai 2010 ble det avholdt et møte mellom Jernbaneverket og brannsjefen i Voss, etter at brannsjefen hadde kritisert beredskapen på Bergensbanen. I møterefateratet er det skissert flere tiltak med frist til 31.12.2010. En tiltaksliste ble vedtatt i mars 2011. Denne inneholder bl.a. følgende punkter:

- GSM-R telefon tilgjengelig for politiet (avtale)
- Merket snøscooterløype vintertid i samarbeid med Geilo Røde Kors. Jernbaneverket opplyser at løypen kan kjøres på GPS ved dårlig sikt. Beltevogner kan brukes til å frakte tyngre utstyr.
- Etablert/ utvidet beredskapsdepoet på Haugastøl til Geilo Røde Kors Hjelpekorps og Statens vegvesen.

Det er også listet opp flere tiltak som hadde frist til slutten av 2011, eller som skulle følges opp årlig i beredskapsmøter/ koordineringsmøter med øvrige etater. Jernbaneverket har ikke avholdt årlig beredskapsmøter/ koordineringsmøter etter at tiltakslisten ble utarbeidet.

1.7 Organisatoriske forhold

Kapittelet avgrensner seg til organisatoriske forhold som anses relevant for brannen. Jernbaneverket er eier av snøoverbygget og har ansvaret for infrastrukturen. NSB AS eier toget, og har ansvaret for passasjerene. Norsk Jernbanedrift AS er leverandør til Jernbaneverket, og utførte sveisearbeidet i forkant av brannen.

1.7.1 Jernbaneverket

Jernbaneverket er underlagt Samferdselsdepartementet, og er infrastruktureieren som skal drive og utvikle jernbanenettet. Spor, signalanlegg, trafikkinformasjon, vedlikehold er av de store ansvarsområdene til Jernbaneverket.

Jernbaneverkets beredskap fikk til dels kraftig kritikk av Statens jernbanetilsyn i tilsynsrapport 08-11, som er omtalt i kapitlet om SJT. I forkant av tilsynsrapporten har også brannsjefen i Voss påpekt svakheter rundt beredskapen på høyfjellstrekningen.

Imidlertid er ikke snøoverbyggene kategorisert som tunneler, og dermed ikke underlagt tilsyn fra brannvesenet, da de ikke er definert som særskilt brannobjekter. Tilsynet fra SJT har heller ikke spesifikt angått brann i snøoverbygg.

Gjennom de senere årene har stadig mer av Jernbaneverkets vedlikeholdsarbeid blitt satt ut til entreprenører, blant disse arbeidene også sveising av skinner. I tillegg har Jernbaneverket fortsatt noen egne sveisere til slikt arbeid, men disse var ikke involvert i arbeidet i forkant av brannen i snøoverbygget på Hallingskeid. I samtale med personell fra Jernbaneverket med erfaring fra sveising på Bergensbanen ble det opplyst at de ville holdt vakt lengre enn Norsk Jernbanedrift AS gjorde. Dette er imidlertid ikke beskrevet i Jernbaneverkets sveiseprosedyrer som NJD arbeidet etter.

I samtaler med medarbeidere i Jernbaneverket, kom det frem at det ikke er uvanlig at det begynner å brenne i sviller ved sveisearbeider. Videre fortelles det om erfaringer hvor man har forlatt et arbeidssted uten tegn til røyk eller brann, men senere måtte komme tilbake for å slukke svillebrann. Dette forklares med at trekken fra et passerende tog har ført til at brannen utvikler seg, og at neste passerende tog da oppdager at det brenner i svillene.

Jernbaneverket gjennomførte i perioden oktober 2011 til februar 2012 en sikkerhetsrevisjon av leverandøren Norsk Jernbanedrift AS (Revisjonsrapport 11-27). Revisjonen ble gjennomført for å avdekke om leverandørens sikkerhetsstyring er i samsvar med sikkerhetsstyringsforskriften. Revisjonen avdekket mangler i sikkerhets- og kvalitetssystem knyttet til planer, opplæring, risikovurderinger og avvikshåndtering hos Norsk Jernbanedrift AS. Avvik 5 viser at Jernbaneverket ikke har fulgt opp at Norsk Jernbanedrift AS har etterlevd fastsatte styrings- og sikkerhetskrav ved gjennomføringen av kontrakten Sporfornyelse Bergensbanen. Jernbaneverket hadde i kontrakten sikret seg retten til å gjennomføre revisjoner, men hadde ikke benyttet seg av denne retten i dette tilfellet. Videre er det i observasjon 2 beskrevet at det ikke er gjennomført spesifikk risikovurdering av kontrakt K.003477 (sporfornyelse Bergensbanen).

Havarikommisjonen har gjennomgått omfattende dokumentasjon over alle endringer og vedlikehold på Hallingskeid stasjon siste 2 år. Det er ikke funnet avvik som anses av betydning for brannen på Hallingskeid 16. juni 2011.

1.7.2 Norsk Jernbanedrift AS (NJD)

Norsk Jernbanedrift AS er leverandør av entreprenør- og prosjekteringstjenester innenfor jernbanetekniske fag. NJD har utført prosjektet sporfornyelse på Bergensbanen for Jernbaneverket. Oppdraget har vært et sville- og skinnebytteprosjekt på ca. 35.000 spormeter skinner, ca. 21.000 sviller og bytting av ca. 110 isolerte skjøter. I tillegg skal

mellomlegg, klemmer og isolatorer på 7500 sviller også skiftes ut. Arbeidet medfører varme arbeider i form av skinnesveising. Norsk Jernbanedrift AS må forholde seg til Jernbaneverkets regelverket ved arbeid i sporet.

Arbeidslaget arbeider skift i 7 dager, og har så fri i 7 dager. Inkluderer man tiden til transport frem og tilbake til arbeidsstedet er arbeidstiden ca. 10 timer pr. dag. Vanligvis starter de arbeidet klokken 02:30, og er ferdig klokken 11:00. Arbeidet på Hallingskeid ble utført på andre dagen i skiftet for arbeidslaget.

1.7.3 Jernbaneforetaket NSB AS

NSB AS står som eneoperatør av persontrafikken på Bergensbanen, og har siden juli 2002 vært et aksjeselskap med staten ved Samferdselsdepartementet som eier. NSB AS har sin egen beredskapsplan som operatør.

NSB AS har ansvaret for beredskapstoget på Ål. Dette ble mobilisert, men ikke brukt, ettersom man benyttet vogner fra Flåmsbana til å evakuere passasjerene.

I SJT sin tilsynsrapport 03-11 er deler av hovedkonklusjonen at NSB AS har styrket systematikken rundt sin beredskap siden forrige revisjon (8-08).

NSB AS har gjennomført en grundig intern granskning av hendelsen på Hallingskeid og kommet frem til 10 tiltak. Disse omtales i kapittelet om planlagte og gjennomførte tiltak.

Statens havarikommisjon for transport har gjennomgått beredskapsplanene til NSB AS, og har ikke funnet forhold relatert til brannen på Hallingskeid utover det NSB AS selv påpeker i sin egen interne rapport om hendelsen.

1.7.4 Prosedyrer

Jernbaneverkets dokument STY-3117 «Sikkert arbeid i og ved jernbaneverkets infrastruktur», revisjon nr. 8 datert 12.12.2010 inneholder en oversikt over alle regler, sjekklister og skjema for planlegging og gjennomføring av arbeid som utføres av Jernbaneverket selv eller eksterne leverandører.

Dokumentet STY-3928 «Instruks for gjennomføring av alle typer arbeider i driftsatte tunneller og andre lange konstruksjoner» regulerer arbeidet i snøoverbygg. Instruksen omhandler blant annet «bestemmelser for brannsikring og arbeidsatmosfære» og «brannsikring ved arbeid i tunnel». Når det gjelder brannsikring listes det opp følgende:

- Informere om brannstrategi og fluktveier.
- Alle maskiner skal være utstyrt med godkjent brannslukkeutstyr.
- Brannslukkere skal være tilgjengelig på arbeidsstedet.
- Personell som betjener maskiner skal ha opplæring i brannsløkking.
- Personell skal inneha sertifikat for varme arbeider.
- Det tillates ikke arbeid med brannfarlig utstyr i nærheten av brannfarlige isolasjonsmatter (PE skum).

- Brannslukkere skal være tilpasset arbeides omfang og størrelse.

Arbeidet i snøoverbygget på Hallingskeid ble rutinemessig utført ved at det ble satt fram slukkeutstyr og benyttet sveiseduk ved sliping. NJD informerer om at deres arbeidsmaskiner er utstyrt med 6 kg pulverapparater. Det blir også utplassert sprøytekanner med 10 liter vann på arbeidsstedet samt en egen vannbeholder på 25 liter for eventuell påfylling. Det ble ikke gjort noen spesielle brannforebyggende tiltak ved arbeidet på Hallingskeid. Instruksen inneholdt ingen spesifikke krav til hvor lenge man skulle holde vakt etter varme arbeider. Etter brannen på Hallingskeid er instruksen endret, og det stilles krav til hvor lenge man skal holde vakt.

Instruksen STY- 3928 krever også at det alltid skal foretas en Sikker Jobb Analyse (SJA) ved arbeid i snøoverbygg. Dokument STY-0137 «Instruks for Sikker Jobb Analyse» omhandler hvordan SJA skal gjennomføres i Jernbaneverket. Her stilles det blant annet krav til at det skal utføres en ny SJA for alle arbeider der det foreligger farer og risiko som ikke er tilstrekkelig belyst gjennom prosedyrer. Dokumentet legger opp til at det i store prosjekter gjennomføres en risikoanalyse før arbeidet starter, og ved rutinearbeid må SJA analyse signeres ved årets start, eller ved oppstart av arbeidet iht. utarbeidet fremdriftsplan. Videre krever dokumentet at det må vurderes om det er nødvendig å gjennomføre ulike SJA-er mens et prosjekt pågår, f.eks. dersom forutsetninger og rammer endrer seg underveis i prosjektet.

NJD laget ikke en egen SJA for arbeidet på Hallingskeid den 16. juni 2011, men henviser til SJA i overordnet HMS plan datert 22.3.2010 for hele prosjektet «sporfornyelse Bergensbanen 2010-2011». I denne analysen er det identifisert risiko for brann og gnistsprut i forbindelse med sveising, og som risikoreduserende tiltak skal det brukes personlig verneutstyr og ha slukkemiddel tilgjengelig.

To uker etter brannen på Hallingskeid, 1. juli 2011, ble «Instruks for gjennomføring av alle typer arbeider i driftsatte tunneller og andre lange konstruksjoner» STY- 3928 erstattet av STY-601048 med samme navn. I STY-601048 ble gyldighetsområdet endret til å gjelde objekter med en total lengde over 500 meter. Det ble også tilføyd at det skal vurderes behov for tiltak ved varme arbeider i SJA, noe som ikke er nevnt i STY- 3928.

Det står ikke noe om brannforebyggende tiltak i Jernbaneverkets dokument JD 531 «arbeidsanvisningen for thermit skinnesveising» som NJD benytter. Arbeidsanvisningen for thermit skinnesveising omtaler momenter som at varmt slag er svært eksplosiv i kontakt med fuktighet, og ved grovsliping skal skjerm brukes. Det er ingen beskrivelse av brannforebyggende tiltak i denne arbeidsanvisningen.

1.8 Beredskap og overlevelsesaspekter

Hallingskeid ligger på Bergensbanen mellom Mjølfjell og Haugastøl, hvor det ikke er veiforbindelse. Ved tilfredsstillende værforhold er helikopter raskeste transportmiddel for å frakte «lette» ressurser inn til skadestedet. Ved vanskelige flyforhold må beredskapen i hovedsak basere seg på togtransport. I Voss finnes et beredskapstog som Jernbaneverket har ansvaret for, og på Ål finnes et beredskapstog som NSB AS har ansvaret for. Beredskapstoget på Ål har passasjervogner, mens beredskapstoget i Voss baserer seg på å skaffe vogner fra Bergen.

Hallingskeid har sin beliggenhet under Ulvik Brannverns ansvarsområde. I forståelse med Ulvik brannvesen er det Voss Brannvesen som tar seg av førsteinnsatsen på Hallingskeid, ettersom det er kortere vei til Voss fra Hallingskeid. Hallingdal Brann- og redningstjeneste og Hol Brannvesen er også under avtale i beredskap av Bergensbanen. For å frakte tyngre utstyr til skadestedet er brann- og redningsvesenet avhengig av togtransport.

Bergensbanen er etter hva SHT har fått opplyst underlagt en annen beredskap i dag enn den var på tidlig 90-tallet. Det var fram til ca. 1993 brannvogn både på Myrdal og Finse, samt et 30-talls mann i beredskap og sanitet på Myrdal. Ved Finsebrannen i 1988 ble brannvognene fylt på Hallingskeid, fra høydevannet som da var tilgjengelig der. Over tid, og særlig etter etablering av Finsetunnelen i 1993, har Jernbaneverkets personell ute på linjen blitt redusert. I samtaler med ansatte i Jernbaneverket som har arbeidet både før og etter 1993, mener disse at beredskapen er blitt svekket i senere tid.

Det fantes ingen fungerende vanntilførsel på Hallingskeid stasjon som kunne brukes til å slukke brannen. Det har tidligere vært vanntilførsel på Hallingskeid, men etter at rørene ble frostskaadete for en stund tilbake ble det besluttet å ikke reparere vanntilførselen.

Snøoverbyggene er konstruert for bl.a. å ta unna og drenere bort vann, og dette gir dårligere vilkår for slukking ved hjelp av helikopter.

NSB AS har et beredskapstog på Ål med vogner som kan frakte passasjerer hvis man må hente disse fra østsiden. Dersom man må hente passasjerer fra vestsiden, sier beredskapsplanen til Jernbaneverket at man skal hente vogner fra Bergen mens man klargjør beredskapstoget i Voss. Dersom det finnes annet tilgjengelig materiell nærmere skal man bruke det. Klargjøringen av beredskapstoget i Voss er satt til rundt 2 timer, og dette er omtrent samme tid det vil ta for å frakte vogner fra Bergen. Dette er under forutsetning av at det ikke er andre tog som blokkerer linjen. Ved hendelsen på Hallingskeid gjorde man en operativ vurdering av å bruke vogner fra Flåmsbana, som ble fraktet opp med skinnetraktor. Dette var en løsning som gikk raskere enn om man skulle hentet vogner i Bergen.

NSB AS har i møte med havarikommisjonen gitt uttrykk for at de er fornøyde med sin beredskapsinnsats på Hallingskeid. Hovedfokuset til NSB AS er først og fremst å redde mennesker, deretter kommer miljø og til slutt materielle verdier.

På Hallingskeid ble i følge NSB AS de prosedyrer og regler som gjelder for evakuering fulgt, og man fikk raskt bort passasjerene fra brannen. Videre fikk man ordnet med transport fra stedet rundt klokken 13:15, og dette er innenfor de tidsverdier som er gitt i beredskapsplanen til NSB AS på steder uten veitilgjengelighet.

1.8.1 Overlevelsesaspekter

Under evakueringen var toget intakt, og det var først etter evakueringen at toget ble ødelagt av brannen. Toget var på ulykkesdagen ikke fullsatt, og det ble registret 257 passasjerer om bord på toget som hadde plass til ca. 400. Toget stoppet inne i snøoverbygget før brannen, og det var plattform langs toget. På tidspunktet toget stoppet var ikke snøoverbygget veldig røykfyllt i følge fører og ombordansvarlig.

Evakueringen av passasjerene gikk i følge ombordpersonalet greit, og den største utfordringen var å evakuere to rullestolbrukere.

En brann på sommerstid gir færre utfordringer enn vinterstid, da det denne gangen var lett å komme seg til turishyttene i nærheten, og en temperatur på 10-13 grader gjorde at pledd var tilstrekkelig mot varmetap.

St.meld. nr. 35 (2008/2009) om Brannsikkerhet, boks 5.6 Øvelse Bergensbanen sier noe om konsekvensene av en alvorlig togulykke på steder uten tilgjengelighet for vanlige brann- og redningsbilder.

«En alvorlig togulykke kan gi mange døde og skadde og må forventes å kunne skje på et sted uten tilgjengelighet for vanlige brann- og redningsbiler. I en slik situasjon vil det være nødvendig å ta seg frem til skadestedet med terrenggående kjøretøyer, redningshelikopter eller på skinnegående materiell. Et stort antall personer kan være fastklemt i toget og det vil være behov for å få frem redningsressurser med erfaring fra bruk av tungt og lett redningsutstyr.»

1.9 Brannsikring av snøoverbygg i tre

SINTEF NBL AS - Norges branntekniske laboratorium har på oppdrag fra Statens havarikommisjon for transport sett på utfordringer og muligheter knyttet til brannsikring av snøoverbygg i tre. Det vises til vedlagt rapport fra SINTEF NBL, kapittel 7, for fullstendig beskrivelse og diskusjoner av fordeler og ulemper.

Trevirke er et bygningsmateriale som er lett tilgjengelig, rimelig og lett å bearbeide. Ulempen med trevirke er at det brenner godt dersom det tar fyr. Etter brannen på Hallingskeid har Jernbaneverket uttalt at de vil oppføre et nytt snøoverbygg i stål. Stål som byggemateriale medfører at snøoverbygget ikke lenger er brennbart. Det er imidlertid flere gjenværende snøoverbygg i trevirke på det nasjonale jernbanenetet i Norge. SINTEF NBL trekker frem følgende punkter rundt brannsikring av snøoverbygg.

- Valg av materialer ved nybygging
- Beskyttelse av utsatte partier (f.eks. metallplater, flammehemmende tilsetninger)
- Deteksjon og brannvarsling
 - Kameraovervåking (bilde- eller termokamera)
 - Varmedetektorer
 - Røykdetektorer
 - Flammedetektorer (UV eller IR)

Det var ingen form for automatisk deteksjon og brannvarsling i snøoverbygget på Hallingskeid. Av de alternativene som er listet opp over anbefaler SINTEF NBL flammedetektorer i kombinasjon med kameraovervåking.

I Sverige pågår det et forskningsprosjekt rundt beskyttelse av infrastruktur som heter Metro. Fokuset i prosjektet er vern av underjordiske jernbane massetransport systemer, for eksempel tunneler og T-banestasjoner. Både brann og eksplosjonsfare er studert, og

aspekter som evakuering, redningsoperasjoner og røykkontroll er viktige deler av prosjektet. Mer informasjon om prosjektet finnes på <http://metroproject.se/>.

1.10 Gjennomførte undersøkelser

1.10.1 Åstedsundersøkelse på Hallingskeid 16. juni 2011

Havarikommisjonen ble varslet om hendelsen 10:45, og var på Hallingskeid klokken 15:00. Ved ankomst var snøoverbygg og begge togsettene utbrent.



Figur 37: Oversiktsbilde av Hallingskeid etter brannen.

Ved gjennomgang av ulykkesområdet ble det konstatert store materielle skader. Det ble funnet rester etter de varme arbeidene i østre ende av Hallingskeid, som ble gjort tidligere på dagen. Ved utgangen av østre snøoverbygg befant det seg to sveisebøtter med rester fra sveisearbeidene. De to sveisene som var utført var også synlige, og merkingen av disse viste at de var gjort samme dag som brannen.



Figur 38 og 39: Sveisebøtter og skinne som er sveiset 16. juni 2011.

I samme området som sveisearbeidet var utført var det også en jordledning til en utligger. Ved kontroll av denne viste det seg at denne var hel, og uten ledningsbrudd.



Figur 40: Jordledning ved utgangen av østre snøoverbygg (sveisebøttene ses i bakgrunnen).

Kontaktledningen ble kontrollert på og forbi stedet hvor det var sveiset. Denne viste seg å være festet til utliggere, og det ble ikke funnet skader på denne. På grunn av brannen og kollapsen av snøoverbygget var kontaktledningen dratt over mot venstre side sett i retning mot Bergen. Det ble funnet isolatorer tilhørende kontaktledningen på stedet som var sprukket (Figur 41).



Figur 41: Isolator ved utgangen av østre snøoverbygg.

1.10.2 Skinnerveising Alnabru

I forbindelse med ulykken observerte SHT skinnerveising på Alnabru onsdag 22. juni 2011. Arbeidet ble utført av Jernbaneverket. Hele prosessen ble dokumentert med bilder, video og temperaturmålinger. Svillene på Alnabru er av tre, og var på forhånd påført vann. Det viste seg at det likevel var nødvendig å slukke ulmebrann i tresvillene etter slipingen. Slipemaskinen hadde påmontert deksel ved første sliping, og deretter ble det slipt uten deksel på maskinen. Man forsøkte å legge alle restene etter sveisingen i thermitbøtten, men det viste seg at det ikke var plass til alt. Figur 42 og 43 kan man se at det begynte å ryke i svillene etter skinnerveising, og dette ble slukket med vann.



Figur 42 og 43: Fjerning av thermitbøtte og slukking av røykutvikling i tresviller.

1.10.3 Befaring Hallingskeid

Ny befaring ble gjennomført 14. oktober 2011. Hovedfokus var på elektriske komponenter i nærheten av utgangen på østre snøoverbygg, samt konstruksjon av gjenværende snøoverbygg på Hallingskeid. Ved befaringen var store deler av sporet utbedret, og plasseringen av komponenter var ikke identisk med slik de var under brannen. Ettersom alt var totalt utbrent var det montert nye komponenter. Sporveksel nr. 1 var flyttet 7,8 meter østover i forhold til slik den var plassert under brannen. Signaler er plassert ut fra middel, og har fått ny plassering. Impedansen og overdragstransformatoren for sporfeltet var også flyttet i tråd med sporvekselen. Disse befant seg øst for sporvekselen.

I samtaler med sveiserne fra NJD ble det informert at det blåste kraftig under sveisingen, og at det opplevdes som at takplatene blafret. Det ble stilt spørsmål om takplater kunne ha løsnet i vinden og falt ned på kontaktledningen. Takkonstruksjonen på gjenværende snøoverbygg er identisk med det som brant, og viser at det er lite sannsynlig at takplater har falt ned på kontaktledningen og startet brannen. Det er langsgående planker med relativt kort avstand under takplatene, og banearbeidere fra Jernbaneverket har ikke opplevd at takplater har falt ned på kontaktledningen. Det er imidlertid erfart at takplater har blåst av taket under sterk vind, eller at hele taket har kollapset og falt ned ved store snømengder.



Figur 44 og 45: Takkonstruksjon i snøoverbygg øst og vest for stedet hvor det brant.

1.10.4 Skinnesveising Trondheim

2. november 2011 observerte SINTEF NBL skinnesveising i Trondheim sammen med Jernbaneverket, for å få et inntrykk av prosedyrene ved sveising, og mulighetene for antennelse. Se kapittel 3 i vedlagt SINTEF NBL rapport.

1.10.5 Skinnesveising Skien

24. november 2011 observerte Statens havarikommisjon for transport og SINTEF NBL skinnesveising utført av NJD i Skien. Det ble også gjennomført noen enkle brannforsøk i forbindelse med denne skinnesveisingen. Dette er nærmere beskrevet i kapittel 3 i vedlagt SINTEF NBL rapport.

1.10.6 Undersøkelse av feil i elektriske anlegg som mulig årsak til brannen

I SINTEF NBL rapporten, vedlegg 1, blir lysarmatur og hjelpesignal utelukket som mulig brannårsak. Videre blir feil på utligger vurdert som en lite sannsynlig brannårsak. Statens havarikommisjon for transport har undersøkt flere muligheter for feil i elektriske anlegg som brannårsak. Under er det forsøkt å oppsummere elektriske feil som kan føre til brann i snøoverbygg.

Returstrømmer kan skape forstyrrelser i signal- og sikringsanlegget som har viktige komponenter montert i sporet (sporfelter mv.). Ved brudd i skinnegangen kan også returstrømmen føre til at kabler brenner av og at det oppstår brann i utstyr for kommunikasjonsanlegg og signal- og sikringsanlegg. Ved skinnesveisingen på Hallingskeid var dette såkalt arbeid under spenning (AUS), og det er da nødvendig å legge en kabelforbindelse forbi stedet hvor man kutter skinnegangen i forbindelse med sveisearbeidet. Norsk Jernbanedrift AS har i samtale med Statens havarikommisjon for transport forklart at det ble lagt kabelforbindelse ved sveisearbeidet.

Dårlig kontakt på returstrømledninger er ugunstig, og kan føre til lysbuer som ikke nødvendigvis slår ut vern i omformerstasjoner. Årsaken er at det er store strømmengder, og det er ikke mulig å skille ut om strømmen går på steder hvor den ikke skal. Dersom det er dårlig kontakt eller feil på returstrømkabel eller skinne kan strømmen gå andre veier og dermed starte en brann som følge av varmgang.

Jordfeil kan være en potensiell kilde til brann. Hensikten med jording er blant annet å hindre at anlegg brenner opp på grunn av feil som gjør at strømmen finner seg en annen vei enn forutsatt. Alle deler som kan føre strøm inngår i kontaktledningsanlegget, og de delene som ligger nærmere spor enn fem meter er jordet til skinnegangen. Jordfeil kan danne lysbuer på kontaktledningsanlegget ved dårlig forbindelse, men vil normalt slå ut sikringer i omformerstasjon ved kortslutning.

I SINTEF rapport NBL A06121 fra 2007 er det vurdert i hvilken grad elektrisk feil i installasjonsmateriell er i stand til å forårsake brann i boliger. Elektrisk feil i installasjonsmateriell utgjør vel 7 % av brannene som blir etterforsket av politiet. Det fremgår at 49 % av disse brannene skyldes serielysbue.

1.10.7 Undersøkelse av andre mulige årsaker til brann i snøoverbygg

Bremser på tog kan også føre til gnister, og det er kjent at gnister fra bremsende tog har startet skogbranner. Dersom bremseklosser utilsiktet ligger inntil hjul vil dette føre til varmgang og gnister, og blir ofte kalt «tjuvbremser». Ved feil på tog kan det avgis store «varme klumper» som er mye større enn gnister. En annen feil kan være skjev pantograf som kan føre til gnistdannelse og skader på kontaktledningsanlegget. Godstog 5502 passerte Hallingskeid klokken 09:16, ca. 15 minutter før Norsk Jernbanedrift AS dro fra Hallingskeid.

Godstoget var på veg fra Bergen til Oslo, og på Hallingskeid er det stigning når man er på vei østover. Det vil derfor ikke være naturlig at toget bremses ved Hallingskeid. Norsk Jernbanedrift AS var på stedet da godstoget passerte, og la ikke merke til noe unormalt. Etter anmodning fra havarikommisjonen stoppet toget på Bergheim hvor det ble kontrollert for tjuvbremser. Klokken 11:41 rapporterte fører tilbake til togleder at det ikke var funnet feil på toget. Toget ble også kontrollert av vognvisitører ved ankomst Alnabru uten at de heller fant feil ved toget.

Havarikommisjonen har gjennomgått feilhistorikk og vedlikeholdshistorikk på lokomotiv 2178 som gikk i tog 5502. Lokomotivet fikk nytt toppstykke på pantografen 9. mars 2011, og begge strømvaktakerene ble kontrollert 21. juni 2011 på Grorud uten at det ble funnet feil.

Politiet gjennomførte alle hyttene i området rundt Hallingskeid, og det var kun to eldre personer på turisthytta i forbindelse med klargjøring av hytta for sesongen. Politiet har ikke mistanke om at brannen var påsatt.

1.10.8 Muligheten for å løse bremsene på toget

I kapittelet 1.1.2 Varsel, evakuering og redning nevnes det at det ble forsøkt å trekke togsettet bort fra brannen. I det etterfølgende beskrives bremsesystemet på tog av type 73, og hva som skal til for å løsne parkeringsbremsen manuelt.

Bremsene på toget er trykkluftbremses og forsynes fra to hovedkompressorer plassert i to av vognene. Disse får spenning fra strømmotorene, 400 V, som igjen forsynes fra kontaktledningsspenningen.

Parkeringsbremsen er av type fjærkraftbrems, det vil si at det er en kraftig fjær som holder bremsklossene inntil bremseskivene som sikrer toget når det er parkert. I hver vogn er det 4 fjærkraftbremses, disse er plassert i samme boggi. Totalt er det 16 stykker på et togsett. For å løse parkeringsbremsen sendes det trykkluft med minimum 5 bar til parkeringsbremsesynderen som presser fjæra sammen og parkeringsbremsen løser. Når trykkluften på togsettet blir borte er sikkerhetsfunksjonen at parkeringsbremsen tilsettes automatisk for å sikre at togsettet ikke kan rulle. Det er en mulighet til å løse både den automatiskvirkende trykkluftbremsen og parkeringsbremsen mekanisk. Togsettet er da helt uten bremses, og det er ingen muligheter til å få tilsatt parkeringsbremsen igjen etter at disse er mekanisk løst. For å få en mekanisk utløsning av bremsen må 16 fjærkraftbremses betjenes utvendig på togsettet, totalt 32 for to sammenkoblede togsett. Tiden det tar for å gjennomføre dette er anslått til ca. 15 minutter per togsett, men sannsynligvis noe lengre tid under de forholdene som var inne i snøoverbygget.

NSB AS vurderte at risikoen for å gå inn i overbygget for å utføre en slik operasjon, etter at reisende var evakuert, var uakseptabel. Dette begrunnes med mulig brann/røykskade på fører, samt risiko ved å ha et ubremset materiell på strekning med fall.

Skinnetraktoren som ankom Hallingskeid hadde ikke kapasitet til å fylle togsettet med luft slik at det var mulig å få løst bremsene.

1.11 **Lignende hendelser**

Jernbaneverket har oversendt en liste over registrerte branner i Synergi, som er Jernbaneverkets avviks- og rapporteringssystem. Flere av brannårsakene er oppgitt å være tjuvbremse på tog eller relatert til slipe- og sveisearbeid. Havarikommisjonen kjenner til flere branner i snøoverbygg på Bergensbanen og Ofotbanen som ikke er tatt med i denne oversikten. Havarikommisjonen har ikke gått noe nærmere inn på hvorfor disse hendelsene ikke er registrert i den oversendte oversikten fra Synergi.

I 2008 brant det i et snøoverbygg øst for Hallingskeid. Havarikommisjonen har fått opplyst at brannen inntraff etter at slিপetoget hadde passert, og 75 meter av bygget brant ned.

På Ofotbanen har det vært flere branner i snøoverbygg etter varme arbeider. Brann på Ofotbanen 9.8.1997, 24.9.1999 og 18.8.2004 var heller ikke i Synergi oversikten Jernbaneverket oversendte havarikommisjonen. Det er dermed mulig at det finnes flere branner som havarikommisjonen ikke har kjennskap til.

I forbindelse med brannen 18.8.2004 ble det i evalueringen påpekt følgende utfordringer:

- Store problemer med å få kontakt med togleder. Derfor bør politi og brannvesen disponere Jernbaneverkets GSM-R telefon.
- Jernbaneverkets tunnelprofiler må gjennomgås, slik at det tydelig fremgår hvor brannvesenet kan benytte egen bil.
- Det settes spørsmålstegn ved Jernbaneverkets rutiner ved varme arbeid i tunneler og overbygg.

I Statens havarikommisjon for transport sin rapport 2011-03 Alnabru-Sydhavna vises det til en undersøkelse utført av Det Norske Veritas (DNV) våren 2010, hvor det påpekes at Jernbaneverket har et forbedringspotensial rundt forståelse for, holdninger til, og praktisk bruk av rapporteringsverktøy som grunnlag for organisatorisk læring og kontinuerlig forbedring. Dette resulterte i en sikkerhetstilråding (JB nr. 2011/06T) om forbedring av sikkerhetsstyringen, med spesiell vekt på innhenting og behandling av informasjon. I statusrapport for andre halvår 2011 fra Statens jernbanetilsyn om sikkerhetstilrådinger er denne tilrådingen under behandling.

2. ANALYSE

2.1 Innledning og avgrensninger

Statens havarikommisjon for transport har gjennom undersøkelsen innhentet faktainformasjon fra berørte og ansvarlige aktører for jernbanedrift og beredskap. Analysen har vurdert årsakene til ulykken og hvilke barrierer som virket, evt. manglet eller var brutt.

Havarikommisjonen har i løpet av undersøkelsen hatt dialog med involverte parter som Jernbaneverket, NSB AS, Norsk Jernbanedrift AS, Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap og aktuelle brannvesen. I løpet av undersøkelsen har SHT fått tilgang til de involverte partenes interne rapporter om brannen på Hallingskeid. Dette har bidratt til å belyse fakta, samt gitt innspill til SHTs vurdering av brannårsaken(e). Havarikommisjonen har benyttet SINTEF NBL som ekstern part til å belyse deler av undersøkelsen.

Statens havarikommisjon for transport har benyttet Sequential Time Events Plotting/Sekvensielt tids- og Hendelsesdiagram (STEP) analyser og barriereanalyser for å belyse sikkerhetsområdene.

Vurderingene i denne hovedrapporten vil i noen grad være forskjellig fra vurderingene i foreløpig rapport. I hovedrapporten har man hatt et større grunnlag av fakta og flere samtaler som belyser saken. Det er noen områder i foreløpig rapport hvor det er skrevet at det skal ses nærmere på i hovedrapporten, men som i løpet av undersøkelsen har vist seg å ikke være relevante for denne undersøkelsen.

2.2 Vurdering av årsaken til brannen

Utelukkelsesmetoden er benyttet for å søke og finne en entydig brannårsak. Denne metoden har svakheter ved at forhold man ikke har informasjon, kunnskaper eller kompetanse om kan bli feilaktig eliminert. Tilnærmingen gjør at varmt arbeid i form av sveising, gnist fra bremses og elektriske feil står igjen som mulige årsaker.

Statens havarikommisjon for transport ga SINTEF NBL i oppdrag å vurdere mulige årsaker til brannen på Hallingskeid, se vedlegg 1. SINTEF NBL konkluderer også med at den største brannrisikoen i snøoverbygg kommer fra glødende partikler fra tog, elektrisk anlegg eller skinnesveising. SINTEF NBL har ikke kommet frem til en entydig konklusjon om brannårsak. Videre har SINTEF NBL ikke hatt grunnlag til å utføre en grundig vurdering av elektrisk feil som årsak til brannen, og henviser i sin rapport til Statens havarikommisjon for transports vurderinger.

Statens havarikommisjon for transport har videre i analysen vurdert de største brannrisikoene i snøoverbygg. Felles for alle disse mulige brannårsakene er at den naturlige trekken i snøoverbygget denne dagen kan ha gitt gunstige forhold for brann, som på en annen dag ikke nødvendigvis ville ha ført til samme alvorlige situasjon.

2.2.1 Arnested

Fører og ombordansvarlig observerte brann i østre snøoverbygg da toget kjørte inn på Hallingskeid stasjon klokken 10:06. De har noe ulik opplevelse av hvor det brant. Dette er ikke unaturlig ettersom de observerte brannen fra forskjellige steder i førerrommet. Begge er imidlertid samstemte på at det brant på venstre side av snøoverbygget sett fra fronten på toget.

De første bildene fra brannen ble tatt klokken 10:14 og viser at det brenner i østre del av snøoverbygget. Både funn, vitneforklaringer og bildedokumentasjon fra brannen viser at arnestedsområdet er i området ved utgangen på østre snøoverbygg.

2.2.2 Antennelse på grunn av skinnesveising

Det ble utført varme arbeider i form av skinnesveising noen timer før brannen i arnestedsområdet. Det finnes rapporter fra Synergi som oppgir skinnesveising som årsak til brann, så det er dermed ikke ukjent at det kan oppstå brann etter skinnesveising. Forsterkende til brannfaren fra sveisingen er at det ofte ligger søppel, løv og trematerialer langs linjen som er lett antennelig.

Under sveisearbeidet i snøoverbygget denne dagen ble det ikke utført noen ekstraordinære brannforebyggende tiltak. Arbeidet ble gjort på samme måte som ute på åpen linje. Skinnesveising medfører varme arbeider i form av forvarming med gassbrenner, varme ved sveiseprosessen, varme slaggrester og gnister og glør fra grovsliping og finsliping. Det ble ikke benyttet deksel på slipemaskinen, noe som fører til større spredning av gnister. Grovsliping blir gjort kort tid etter at skinnen er sveiset mens temperaturen er høy, dette gir varmere gnister enn ved finsliping som blir gjort når sveisen er kald. Ulmebrann kan bruke lang tid på å utvikle seg til flammebrann, og det var godt med vind denne dagen som kan ha forårsaket oppblussing av flammebrann. Trekken fra toget som kjører gjennom snøoverbygget kan også ha påvirket brannen slik at den utviklet seg fra ulmestadiet. I samtaler med personell fra Jernbaneverket ble det fortalt om flere tresvillebranner som blusser opp når første tog passerer arbeidsstedet.

Selv om Hallingskeid har betongsviller er risikoen for ulmebrann til stede gjennom nærheten til snøoverbygget av tre.

Sveiserne fra Norsk Jernbanedrift AS var tilstede på Hallingskeid i ca. 1,5 timer etter at de varme arbeidene var avsluttet, uten at det ble oppdaget tegn til røyk eller brann. Sveiserne har forklart at de fulgte prosedyrene som Jernbaneverket har laget for skinnerveising. Personell fra Jernbaneverket opplyser at de ville holdt vakt lengre enn Norsk Jernbanedrift AS. I prosedyrene sveiserne fulgte står det ikke hvor lenge man skal holde vakt, dette omtales nærmere i kapittel 2.3 Operative årsaksfaktorer.

Rapporten fra SINTEF NBL konkluderer med at skinnerveisingen kan være en årsak til brannen. Det er imidlertid lite relevant litteratur som belyser mulighetene for at trevirke kan antennes av glødende partikler eller gnister. SINTEF NBL utførte flere tester for å undersøke i hvilken grad skinnerveising utgjør en brannfare, og hvilke muligheter det er for antennelse under arbeidet. Forsøkene viste at det ikke er enkelt å starte en brann med gnister fra skinnerveising, men det er imidlertid ikke mulig å utelukke at skinnerveising kan føre til brann i snøoverbygg. Dersom det skal være tilfelle er det sannsynligvis mange faktorer som må virke sammen, slik som hvor store og hvor mange de glødende partiklene er, hvor de havner (i trevirket eller i annet brennbart materiale), vindforhold, temperatur. For flere detaljer henvises det til den vedlagte rapporten fra SINTEF NBL.

2.2.3 Antennelse på grunn av gløding eller gnister fra det elektriske anlegget

Glødende partikler eller varmgang fra det elektriske anlegget kan også være en mulig brannårsak. Det ligger ofte søppel og løv langs linjen som er lett antennelig. Det var hele tiden strøm på både høyspentanlegget og lavspentanlegget på Hallingskeid mens skinnerveisingen pågikk. Det finnes rapporter fra Synergi som oppgir at det elektriske anlegget har vært årsak til branner. Elektrisk feil i installasjonsmateriell utgjør vel 7 % av brannene som blir etterforsket av politiet. Det fremgår av SINTEF rapport NBL A06121 fra 2007 at 49 % av disse brannene skyldes serielysbue. Fører forteller at han observerte at det brant fra ca. 1/3 av veggen og oppover. Dersom det er overslag i isolatorer kan dette avgi gnister som kan ligge å ulme over lengre tid før det utvikler seg til brann. Takplater som kommer i berøring med kontaktledningen kan føre til kortslutninger/lysbuer og gnister. Trekken fra toget som kjører gjennom snøoverbygget kan også ha påvirket brannen slik at den utviklet seg fra ulmestadiet.

Det finnes mange elektriske installasjoner på jernbanen, og i arnestedsområdet er det 3 elektriske installasjoner. Dette er lysarmatur, hjelpesignal og utligger for kontaktledningen.

Observasjon fra førerrommet i toget viser til brann fra ca. 1/3 av veggen og oppover. Dette har medført at elektrisk årsak er en av årsaksteoriene, ettersom utligger og kontaktledning henger på veggen. Observasjonene kan forklares med at det er branngassene (pyrolysegasser) som brenner, samt at vinden blåser i retning mot toget. Jordingskabelen ved arnestedsområdet ble kontrollert av Statens havarikommisjon for transport på hendelsesstedet, og det ble ikke funnet tegn på gløding. Overslag i isolator vurderes som en lite sannsynlig brannårsak, grunnet den korte tiden fra toget mistet kjørestrømmen til fører og ombordansvarlig observerte åpne flammer. Et overslag i en isolator vil føre til kortslutning hvor vern i kontaktledningsanlegget vil bli slått ut slik at strømmen blir borte. Det vurderes som mer sannsynlig at brannen har eksponert isolatorene for høye temperaturer, som har ført til at isolatorene har sprukket slik at det

har oppstått kortslutning av kontaktledningen med påfølgende utkobling. SHT anser heller ikke nedfall av takplater som en sannsynlig brannårsak. Det er ikke sannsynlig at takplater kunne falle ned på kontaktledningen, fordi platene var for store i forhold til åpninger i bærekonstruksjonen for taket. Dette er heller ikke funnet tilsvarende hendelser i Synergi eller i samtaler hvor takplater fra snøoverbygg har falt ned på kontaktledningen og startet en brann. Videre utelukker SINTEF NBL lysarmatur grunnet avstanden fra arnestedsområdet og hjelpesignal utelukkes grunnet at det ikke var spenning på sløyfen.

2.2.4 Antennelse på grunn av gnister fra tog

Første tog etter skinnesveisingen var godstog 5502. Det finnes mange rapporter fra Synergi hvor det er oppstått gressbranner og skogbranner som følge av gnister fra tog med bremsefeil e.l. Det er flere feil ved et tog som kan føre til gnister eller glør, slik som feil ved bremses, utstyr som henger løst, skjev pantograf e.l. Det er også kjent at feil ved toget kan føre til at det avgis store «varme klumper» som er mye større enn gnister, og dermed mye høyere energi. Gnister eller varme klumper kan ligge å ulme over lengre tid før det utvikler seg til brann ved å antenne brennbart materiale langs linjen.

Godstog 5502 kom fra Bergen og var på veg til Oslo, strekningen forbi Hallingskeid er dermed i oppoverbakke og det er ingen grunn til å tilsette bremsene. Det er heller ikke registrert at det var feil ved godstog 5502 på betjente stasjoner toget passerte på stekningen fra Bergen til Hallingskeid. Arbeidslaget fra Norsk Jernbanedrift AS var på Hallingskeid da godstoget passerte, og rapporterer at de ikke oppdaget noe unormalt ved toget. Godstoget ble etter anmodning fra havarikommisjonen stoppet på Bergheim og kontrollert av fører, og det ble også kontrollert ved ankomst Alnabru av vognvisitører uten at det ble funnet feil på toget. Dersom et tog har skjev pantograf vil det kunne føre til at det blir skader på flere utliggere dersom pantografen ligger utenfor toleransegrensene. Det er ikke registrert skader på utliggere før eller etter Hallingskeid som kan være forårsaket av skjev pantograf på tog 5502. Det er heller ikke registrert skader på pantografen ved kontroll og vedlikehold av tog 5502 før og etter brannen, som indikerer at det kan være en årsak til brannen.

2.2.5 Antennelse på grunn av feil ved returstrømmen

Returstrøm på avveier er en elektrisk årsak som kan føre til brann. Dersom det er brudd eller dårlige forbindelser i det elektriske anlegget vil strømmen finne nye veier, og dette kan føre til varmgang. Feil i returstrømmen er vanskelig å detektere og vil ikke nødvendigvis slå ut vern som er tiltenkt overslag og kortslutninger. Dersom forbigangslissene ikke har tilstrekkelig kontakt kan dette føre til feil i returstrømmen. Forbigangslisser brukes til å skape forbindelse over området som blir kuttet i forbindelse med skinnesveising.

Returstrømmen på Hallingskeid gikk i skinnen i området skinnesveisingen ble utført, og går opp i egen kabel forbi stasjonen ved sporvekselen hvor toget stoppet. På stasjoner legges ofte returstrømmen i egen kabel, mens den normalt går i skinnegangen på fri linje. Under skinnesveisingen har sveiserne forklart at de la forbigangslisser over området hvor skinnen ble kuttet, slik at returstrømmen kunne passere. Den mest vanlige feilen som oppstår ved returstrømmer på avveier er feil i signalanlegget eller feil ved kommunikasjonsutstyr. Føreren forklarte at signalanlegget virket som forventet frem til strømbruddet, og SHT finner dermed denne hypotesen mindre sannsynlig.

2.3 Operative årsaksfaktorer

Norsk Jernbanedrift AS utarbeidet en overordnet Sikker Jobb Analyse (SJA) i HMS plan for prosjektet «Sporfornyelse Bergensbanen 2010-2011». I denne analysen er det identifisert risiko for brann og gnistsprut i forbindelse med sveising, og som risikoreduserende tiltak skal det brukes personlig verneutstyr og ha slukkemiddel tilgjengelig. Denne hadde ikke konkret identifisert brann i snøoverbygg som en farekilde, dermed heller ingen ekstra tiltak mot en risiko for dette. NJD utarbeidet ikke en egen SJA for arbeidet i snøoverbygget på Hallingskeid 16. juni, men henviser til den overordnede SJA analysen. Jernbaneverkets instruks for SJA STY-3928 omhandler kravene til SJA som gjelder for både Jernbaneverket selv og eksterne leverandører. Det kommer ikke klart frem av instruksen at NJD skulle utført en SJA ved arbeidet på Hallingskeid, da det under rutinearbeid beskrives at SJA signeres ved årets start, eller ved oppstart av arbeidet iht. utarbeidet fremdriftsplan. Instruksen legger videre opp til at det må utvises skjønn, og gjøres vurderinger om situasjonen tilsier at det skal utføres en spesifikk SJA. Det er ikke beskrevet hvor store endringer som skal til før situasjonen, forutsetninger og rammer blir endret så mye at en SJA er nødvendig.

Statens havarikommisjon for transport mener at Jernbaneverkets instruks for Sikker Jobb Analyse gir rom for personlige tolkninger som kan føre til ulike vurderinger av når det er nødvendig å gjennomføre en spesifikk analyse.

Forskrift om brannforebygging § 8-1 sier at det i forbindelse med sveisearbeider skal utvises særlig aktsomhet og treffe nødvendige forebyggende tiltak for å unngå brann. Det skal også være tiltak for å kunne slokke brann.

Arbeidslaget fra Norsk Jernbanedrift AS gjorde ingen ekstra tiltak utover det som er beskrevet i prosedyrene for skinnesveising og SJA. Prosedyrene krever at man skal dekke til gnistene ved sliping og ha slukkevann tilgjengelig. Norsk Jernbanedrift AS brukte sveiseduk for å redusere gnistspredningen, men slipemaskinen manglet deksel. De forklarer at de hadde slukkevann tilgjengelig på arbeidsstedet. Det ble ikke vurdert å vanne snøoverbygget før sveisejobben. Dette er i følge Jernbaneverket gjort på andre sveisejobber med stor brannfare, og er normalt når skinneslipetoget sliper i snøoverbygg.

I etterkant av branner i snøoverbygg på Ofotbanen er det foreslått å gjennomgå rutinene for varme arbeider for å vurdere om disse tar høyde for varme arbeider i snøoverbygg o.l. Havarikommisjonen kan ikke se at dette forslaget ble fulgt opp som et tiltak etter brannene i snøoverbyggene på Ofotbanen. Etter brannen på Hallingskeid innførte Jernbaneverket et krav om etterkontroll i minimum 3 timer etter varme arbeider, der konsekvensen av en eventuell brann er stor. Jernbaneverket har også dannet en arbeidsgruppe for å vurdere utarbeidelse av en egen instruks for varme arbeider.

Statens havarikommisjon for transport ser svakheter i Jernbaneverkets prosedyrer for varme arbeider, i form av krav til Sikker Jobb Analyse og etterkontroll.

2.4 Beredskapsforhold på Hallingskeid

2.4.1 Innsatstid, mannskap og beredskapsmateriell

Det tok rundt 6 timer før brannvesenet fikk fraktet opp brannbil og vannvogn fra Voss. Det er Jernbaneverket som har ansvaret for å frakte mannskap og materiell fra Voss. Materiellet som kunne fraktet brannbil og vannvogn fra Voss var denne dagen til

vedlikehold, og et annet trekkaggregat som var i nærheten var ute av drift. Jernbaneverket praktiserer driftsberedskap, ut fra å benytte tilgjengelig materiell som togleder til en hver tid har oversikt over. Det var ikke stående beredskap i form av trekkaggregat og fører på vakt. Ulvik kommune sin ROS-analysen tar høyde for at mannskaper som betjener skinnegående utstyr fra Jernbaneverket har hjemmevakt, noe som ikke var tilfelle da ROS-analysen ble utarbeidet. Voss brannvesen har tatt opp problemstillingen med Jernbaneverket rundt transport av mannskaper og utstyr til et ulykkessted, slik at Jernbaneverket var klar over sårbarheten.

Statens havarikommisjon for transport mener at svakheter ved Jernbaneverket sin beredskap ble meget synlig ved brannen på Hallingskeid, ettersom det tok nesten 6 timer før man fikk opp brannutstyr og slukkevann. Det ble også synliggjort svakheter ved mobilisering av utstyr, samt at det var feil på beredskapsutstyret.

Mannskaper fra Jernbaneverket på Ål fikk først beskjed om å dra til Hallingskeid litt før klokken 13. Mannskapene brakte med en vannvogn og ankom Hallingskeid litt før klokka 15. Brannmannskapene på Hallingskeid ble ikke gjort kjent med dette før ca. klokken 19, og da viste det seg at vognen hadde defekt vannpumpe.

NSB AS har ansvaret for beredskapstoget på Ål. Dette ble mobilisert, men ikke brukt, ettersom man benyttet vogner fra Flåmsbana til å evakuere passasjerene.

Inntil brannvesenet ankom Hallingskeid litt over klokken elleve var det ombordansvarlig som var skadestedsleder. Ved ankomst tok brannvesenet direkte kontakt med føreren, og overtok ansvaret for skadestedet. NSB AS informerte havarikommisjonen at det ikke var informasjonsutveksling mellom ombordansvarlig og brannvesenet. Statens havarikommisjon for transport mener at det burde vært kommunikasjon mellom ombordansvarlig og brannvesenet for å overføre skadestedsledelsen.

Statens havarikommisjon for transport mener at hendelsen viser at kommunikasjonen mellom aktørene kan bli bedre. Oversikt over tilgjengelig redningsutstyr, samt koordinering mellom ombordansvarlig og redningspersonell ville kunne effektivisere redningsaksjonen.

Før det ble fraktet opp slukkeutstyr med skinnegående transport ble det brukt helikopter med brannbøtte til å slukke brannen. Slukkingen startet rundt klokken 12:30 etter at utstyret først måtte utbedres, og da hadde det brent i nesten 2,5 timer. Snøoverbyggene er konstruert for bl.a. å ta unna og drenere vann, og slukking ved hjelp av helikopter har dårligere effekt enn manuelt betjente brannslanger fra bakkenivå.

Helikopter er heller ikke en velegnet løsning dersom det er vanskelige flyforhold. Ved mye vind og dårlig sikt vil det ikke være mulig å bruke helikopter. På vinteren er det vanskelig å finne tilgang til slukkevann i området. Når det gjelder evakuering av passasjerene gikk dette bra. Her benyttet man seg av vogner fra Flåmsbana, som ble fraktet opp med to skinnetraktorer. Passasjerene ble fraktet bort fra Hallingskeid ca. klokken 13:10, rundt 3 timer etter at de ble evakuert.

Statens havarikommisjon for transport mener at hendelsen kunne fått et langt mer alvorlig utfall dersom dette hadde skjedd på vinteren, og på et sted hvor det ikke var stasjon eller hytter i nærheten. Siden reisegods ikke bør medbringes ved evakuering vil mange være tynnkledde og raskt kunne ha blitt nedkjølte. Dette kunne også fått et langt mer alvorlig

utfall dersom passasjerene hadde blitt innestengt i toget, og det hadde vært nødvendig med tyngre utstyr for å få dem ut.

Togpersonalet bestod av tre personer; en fører, en ombordansvarlig (konduktør) og en konduktørassistanse. I tillegg var det to servicemedarbeidere om bord som betjente togets to kafeavdelinger. Tog 62 hadde 257 passasjerer (kapasitet på over 400), og en bemanning på 3 personer som var øvet på nødsituasjoner. Fører er i starten opptatt med å kommunisere med togleder, samt sikre linjen og vil derfor nødvendigvis ikke være tilgjengelig til evakueringen i startfasen. NSB AS har et tiltak på dette i sin granskningsrapport, som går på å vurdere rollen og bekledningen til servicepersonellet.

2.4.2 Beredskapskommunikasjon

Mobiltelefonnettet falt ut som følge av brannen, og dette medførte problemer med å kommunisere med redningstjenesten. Ombordpersonalet opplevde også at GSM-R telefonen raskt gikk tom for strøm. Det har fremkommet opplysninger om at det finnes muligheter for å benytte helse-radio/brannradio/politiradio på Hallingskeid. Dette er noe som bør tas inn i beredskapsplaner, og liste opp hvilke kanaler som dekker de forskjellige områdene langs Bergensbanen.

Informasjon fra CTC-sentralen forteller hva signalene viste før ulykken, og anses som mindre relevant for denne hendelsen. Denne loggen ble ikke sikret i tide, og ble automatisk slettet etter et fastsatt tidspunkt. Det viste seg også at det har vært utfordringer knyttet til opptak av samtaler mellom togleder og fører. Havarikommisjonen mener at Jernbaneverket må ha oversikt over alle systemer som logger relevant informasjon i forbindelse med ulykker, og at det er standard prosedyre å sikre disse loggene etter alvorlige jernbanehendelser og jernbaneulykker. Dette er informasjon som ikke nødvendigvis anses som relevant i starten av en undersøkelse, men som kan vise seg nødvendig for å bekrefte eller avkrefte årsaksteorier.

2.5 **Årsaksfaktorer relatert til sikkerhetsstyring**

2.5.1 Jernbaneverket og underleverandører

Før Finsetunnelen var klar i 1993 var det brannvogn både på Myrdal og Finse, samt et 30-talls mann i beredskap og sanitet på Myrdal. Over tid, og særlig etter etablering av Finsetunnelen i 1993, har Jernbaneverkets personell ute på linjen blitt redusert. Havarikommisjonen er ikke kjent med at det er gjort analyser i forbindelse med at Jernbaneverkets personell er redusert og om det endrer krav/ behov til lokale brannvesen.

Statens jernbanetilsyn beskriver i tilsynsrapport 08-11 publisert i mai 2011, at Jernbaneverkets styring av beredskap er mangelfull. Denne rapporten forsterker, og synliggjør utfordringene rundt beredskapen. Jernbaneverket har utført de pålagte tiltakene som Statens jernbanetilsyn har krevd i forbindelse med tilsynsrapporten, og det er kun små detaljer som gjenstår.

Gjennom de seinere årene har stadig mer av Jernbaneverkets vedlikeholdsarbeid blitt satt ut til entreprenører, blant disse arbeidene også sveising av skinner. Statens jernbanetilsyn har i de senere år fulgt opp Jernbaneverket i forbindelse med arbeid i og ved spor. Jernbaneverket har flere tiltak som skal sikre at innleide aktører jobber på en sikker måte. Dette er nærmere omtalt i JB rapport 2011/07. Jernbaneverket har gjennomført en intern revisjon av Norsk Jernbanedrift AS som startet i november 2011, hvor revisjonsrapporten

var klar i februar 2012. Revisjonen avdekket mangler i sikkerhets- og kvalitetssystem knyttet til planer, opplæring, risikovurderinger og avvikshåndtering hos Norsk Jernbanedrift AS. Det ble også avdekket at Jernbaneverket ikke har fulgt opp at Norsk Jernbanedrift AS har etterlevd fastsatte styrings- og sikkerhetskrav ved gjennomføringen av kontrakten.

Statens havarikommisjon for transport ser at tross oppmerksomhet rettet mot området har Jernbaneverket ikke i tilstrekkelig grad tatt hensyn til de betingelser som må være oppfylt for å kunne sette ut arbeid til underentreprenører. Prosedyrene viderefører ikke den kunnskap som Jernbaneverkets eget mannskap har. Statens havarikommisjon for transport mener at utsetting av arbeid til underleverandører krever tett oppfølging og kontroll.

Sikkerhetsstyringen til Jernbaneverket er betinget av at risikoområdene avdekkes. Informasjonen som havarikommisjonen har innhentet indikerer at brannfaren i snøoverbyggene ikke er fanget opp i beredskapsplaner og annen styrende dokumentasjon. Dette bekreftes også gjennom at de brannene Jernbaneverket har hatt på Ofofbanen og tidligere på Bergensbanen ikke har gitt læring inn i sikkerhetsstyringen. At Jernbaneverket har hatt utfordringer knyttet til organisatorisk læring er også omtalt i Statens havarikommisjon for transport sin rapport 2011-03 Alnabru-Sydhavna.

2.5.2 DSB og brannvesen

Statens havarikommisjon for transport finner det bekymringsfullt at brannvesenet er overlatt til seg selv med krav om samarbeid mellom ulike brannvesen, og forventninger om å få bistand til beredskapsmateriell av infrastruktureier. Brannetatene har i tillegg en organisasjon som interkommunale selskaper, og må forholde seg til flere kommunale eiere. Dette siste momentet om eierskap har ikke vist seg utslagsgivende i denne undersøkelsen, men må telles som en utfordring når det ikke oppleves støtte fra statlig myndighet (DSB) på området.

Snøoverbygget på Hallingskeid er ikke definert som tunnel, og er heller ikke kategorisert som særskilt brannobjekt. Kommunestyret har etter råd fra brannvesenet mulighet til å bestemme at snøoverbygget skal være et særskilt brannobjekt etter brann- og eksplosjonsvernloven § 13. Det er også mulig for kommunen å pålegge nødvendige brannverntiltak i enkelttilfeller for ethvert byggverk, opplag, områder, tunneler m.m. etter brann- og eksplosjonsvernloven § 14.

Snøoverbygg definert som tunnel ville ikke automatisk framkalt barrierer som sikre rømningsveier, deteksjon og varsling, da dette ville vært avhengig av tunnallengden.

Snøoverbygg kategorisert som særskilt brannobjekt ville imidlertid gitt årlige tilsyn av det ansvarlige brannvesen. Videre er det i undersøkelsen avdekket at kompetanseutvekslingen mellom jernbane og brannvesen ikke er tilstrekkelig. Brannmannskapene som får sin opplæring gjennom Norges Brannskole lærer ikke spesifikt om branner i tunnel, og heller ikke om snøoverbygg spesielt. Det har i de senere årene blitt avholdt tunnelseminarer i regi av Statens Vegvesen, hvor særlig brannmannskap deltar for å lære og håndtere utfordringer i tunnelbrann. Det siste året har også Jernbaneverket deltatt med en foredragsholder på kurset, og det framkommer at det er et stort behov for kunnskapsøkning på feltet.

Statens havarikommisjon for transport ser ut fra denne drøftingen at Jernbaneverket ikke umiddelbart ville fanget opp risikoen som en brann i snøoverbygg representerer, da disse ikke ville blitt fanget opp i sikkerhetsdokumentasjon- og styring.

Når det gjelder brannsikring av eksisterende snøoverbygg er dette noe som må vurderes. I den vedlagte rapporten fra SINTEF NBL drøftes flere mulige brannsikringstiltak.

Statens havarikommisjon for transport mener Jernbaneverket må vurdere mulige tiltak for brannsikring av eksisterende snøoverbygg.

2.6 Andre funn

Statens havarikommisjon for transport ble i løpet av undersøkelsen kjent med at det finnes en 24 kV strømkabel som var plassert i samme kabelkanal som tele- og signalkablene.

I følge Jernbaneverkets teknisk regelverk, felles elektro kapittel 5 punkt 2.4, er det ikke tillatt å legge kabler over 1000 V i samme grøft, felles rør, eller felles rom i kanal som telekabler eller signalkabler.

Dette er ingen god løsning på kabelforlegning, hvor man blander høyspent og lavspent kabler i samme trase. Magnetfelt rundt høyspentkabler kan påvirke tele- og signalkabler og skape forstyrrelser.

DSB opplyser at de er klar over problemstillingen og har fulgt opp gruppering av kabler i kabelkanaler i tilsyn.

3. KONKLUSJON

Det er ikke funnet en entydig og direkte påviselig brannårsak i SHT sin undersøkelse av brannen på Hallingskeid 16. juni 2011. Den største brannrisikoen i snøoverbygg kommer fra varme arbeider, elektrisk anlegg eller glødende partikler fra tog.

Det som var annerledes på Hallingskeid den dagen det brant var at det ble utført varme arbeider i snøoverbygget. Erfaringsmessig har dette vært brannårsak i tilsvarende branner. Rapporter fra Jernbaneverket, Norsk Jernbanedrift AS og SINTEF NBL peker alle på varme arbeider, elektrisk anlegg eller glødende partikler fra tog som mulige årsaker.

Basert på de gjennomførte undersøkelsene mener Statens havarikommisjon for transport at det er de varme arbeidene som trolig var utløsende brannårsak.

Statens havarikommisjon for transport ser svakheter i Jernbaneverkets prosedyrer for varme arbeider, i form av krav til Sikker Jobb Analyse og etterkontroll.

Jernbaneverkets beredskap for å transportere brannmannskap og materiell til ulykkesstedet viste svakheter ved brannen på Hallingskeid. Jernbaneverket prioriterte å benytte tilgjengelig materiell til å evakuere passasjerer, og dermed var det ikke kapasitet til å transportere brannmannskap og materiell. Statens havarikommisjon for transport sitt inntrykk er at hovedutfordringen for brannvesenet ligger i å få komme til

brannen/ulykkesstedet. Det vil si at beredskapens sårbarhet er sterkt knyttet til rask tilgang på materiell og personell for togframføring.

Det var ingen form for automatisk deteksjon og brannvarsling i snøoverbygget på Hallingskeid. Det ble innført strakstiltak etter brannen på Hallingskeid, men dette retter seg kun mot varme arbeider og tar ikke høyde for andre brannårsaker. Statens havarikommisjon for transport mener Jernbaneverket må vurdere mulige tiltak for å oppgradere brannsikringen av eksisterende snøoverbygg.

Statens havarikommisjon for transport mener at Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap må ta større ansvar for å koordinere og informere lokale brannvesen for å sikre at beredskapen på utilgjengelige steder på jernbanen fyller forventningene. Både kunnskapsutveksling mellom etatene om risiko ved brann i snøoverbygg – og tunnel – har vært mangelfull. Hallingskeid ville dermed falt utenom eventuelle tiltak for forebygging av brann og konsekvensreduisering. En definisjon av snøoverbygg som tunnel og/eller som særskilt brannobjekt ville åpnet for at dette risikoområdet ble mer synlig. Undersøkelsen viser at tilsyn og faglig støtte fra Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap til brannvesen ikke har vært tilstrekkelig.

Oppsummert mener Statens havarikommisjon for transport at jernbanen og brannberedskapsetaten gir forventninger om at sikkerheten er god på strekninger som Bergensbanen. Imidlertid viser undersøkelsen at det er for stor grad av tilfeldigheter som har ført til heldige utfall av slike hendelser. Styrende dokumentasjon må virkeliggjøres for å innfri forventningene, og både organisatoriske og økonomiske forhold må drøftes.

4. PLANLAGTE OG GJENNOMFØRTE TILTAK

I etterkant av hendelsen innførte Jernbaneverket et konsekvensreducerende strakstiltak:

«Som et strakstiltak i Bane Sør/Vest innføres herved krav om etterkontroll i minimum 3 timer etter “varme arbeider”, der konsekvensen av en eventuell brann er stor.

Dette tiltaket gjelder inntil permanente tiltak er iverksatt.»

Det er også opprettet en arbeidsgruppe for å vurdere utarbeidelse av en egen instruks for varme arbeider. Instruksen planlegges å være implementert i juni 2012.

Når det gjelder transport av brann- og redningspersonell med skinnegående materiell er det utarbeidet tiltakskort for togleder og beredskapsleder ved bruk av elektriske lokomotiv og arbeidsmaskiner i avvikssituasjoner.

Pr. april 2012 er alle avvik som Statens Jernbanetilsyn påpekte i tilsynsrapport nr. 08-11 korrigert og bekreftet av Jernbaneverket, med unntak av et tiltak som går på opplæring av togledere i beredskapssituasjon. Jernbaneverket opplyser at dette omfatter simulatorentrening både for førere og togledere i regi av Norsk jernbaneskole som gir terning i avvikssituasjoner ved ulykker og kriser. Videre opplyser Jernbaneverket at siste togleder ferdig med denne simulatorentreningen 7. juni 2012. Jernbaneverket har fått frist fra Statens jernbanetilsyn til 1. september 2012 til å gjennomføre endelig tiltak.

Høsten 2011 avsluttet SJT oppfølgingen av SHTs foreløpige rapport med varsel om sikkerhetskritiske forhold med bakgrunn i iverksatte tiltak for å hindre brann, og videre oppfølging av beredskap via oppfølgingen av tilsynsrapport 2011-08.

Norsk Jernbanedrift AS har gjennomført en interngranskning av brannen på Hallingskeid. Kvalitetsavdelingen i Norsk Jernbanedrift AS har gjennom internoppfølging understreket for sine medarbeidere viktigheten av forebyggende tiltak ved varme arbeider.

Den 8. juli 2011 mottok Norsk Jernbanedrift AS krav om etterkontroll i minimum 3 timer etter varme arbeider fra Jernbaneverket. Dette pålegget ble av Norsk Jernbanedrift AS videreformidlet til sine ansatte for oppfølging.

NSB AS har gjennomført en interngranskning av brannen på Hallingskeid, og anbefaler i den forbindelse 10 risikoreduserende tiltak. Disse tiltakene omhandler vurdering av servicepersonalets rolle, kommunikasjon på skadested, oppbevaring av rømningsmasker, vurdere håndteringen av personer med redusert mobilitet, batterikapasitet på bærbare GSM-R telefoner og gjennomgang av relevant beredskapsplanverk og prosedyrer.

5. SIKKERHETSTILRÅDINGER

Sikkerhetstilråding JB nr. 2012/05T

Sikkerhetsstyringen til Jernbaneverket fanger ikke opp brannfaren i snøoverbyggene. Det var ingen form for automatisk deteksjon og brannvarsling i snøoverbygget på Hallingskeid. Det ble innført strakstiltak etter brannen på Hallingskeid, men dette retter seg kun mot varme arbeider og tar ikke høyde for andre brannårsaker.

Havarikommisjonen mener Jernbaneverket må vurdere mulige tiltak for å oppgradere brannsikringen av eksisterende snøoverbygg innenfor en praktisk og økonomisk forsvarlig ramme.

Statens havarikommisjon for transport tilrår at Statens jernbanetilsyn pålegger Jernbaneverket å vurdere krav knyttet til brannsikkerhet i snøoverbygg.

Sikkerhetstilråding JB nr. 2012/06T

Snøoverbyggene på Bergensbanen var ikke definert som tunnel, og heller ikke som særskilt brannobjekt. Det var ikke knyttet spesielle brannverntiltak til snøoverbyggene på Bergensbanen. Ansvar som tillegges brannvesenet er omfattende, og er avhengig av godt samarbeid med kommunene og øvrige brannvesen, i tillegg til Jernbaneverket som eier og forvalter snøoverbyggene. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap er fagmyndighet for blant annet brannsikkerhet, og har ansvar for regelverk, retningslinjer og kompetanse innenfor dette området.

Statens havarikommisjon for transport tilrår at Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap å ta større ansvar som koordinerende fagmyndighet for å oppnå tilstrekkelig brannsikkerhet og beredskap for infrastruktur på lite tilgjengelige steder på det norske jernbanenettet.

6. VEDLEGG

SINTEF rapport NBLF11126, datert 8. februar 2012.

Rapport

Brann i snøoverbygg på Hallingskeid

Branntekniske undersøkelser og vurderinger

Forfattere

Anne Steen-Hansen
Sindre Fjær
Karolina Storesund
Christian Sesseng



SINTEF NBL asPostadresse:
Postboks 4767 Sluppen
7465 TrondheimSentralbord: 73591076
Telefaks: 73591044nbl@nbl.sintef.no
www.nbl.sintef.no
Foretaksregister:
NO 982 930 057 MVA

Rapport

Brann i snøoverbygg på Hallingskeid

Brann tekniske undersøkelser og vurderinger

EMNEORD:Brann
Sikkerhet
Snøoverbygg
Jernbane
Sveising**VERSJON**

3

DATO

2012-06-01

FORFATTEREAnne Steen-Hansen
Sindre Fjær
Karolina Storesund
Christian Sesseng**OPPDRAKSGIVER**

Statens havarikommisjon for transport

OPPDRAKSGIVERS REF.

Marius Wold Albert

PROSJEKTNR

107547.05

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:

34+ 1 vedlegg

SAMMENDRAG

16. juni 2011 kjørte ekspress tog 62 inn på Hallingskeid stasjon på Bergensbanen, der et snøoverbygg sto i brann. De 257 passasjerene ble umiddelbart evakuert, og ingen personer kom til skade i ulykken. Hele toget, samt store deler av infrastrukturen på stedet, ble totalt ødelagt i brannen. Samme morgen som snøoverbygget brant, foregikk det sveising av jernbaneskinner i samme område som er antatt som arnestedsområde.

Statens havarikommisjon for transport (SHT) undersøker denne alvorlige ulykken. Denne rapporten presenterer SINTEF NBLs brann tekniske vurderinger i forbindelse med ulykken, og gir også en vurdering av utfordringer og muligheter knyttet til brannsikring av snøoverbygg.

Denne rapporten erstatter rapport nr NBL F11126 daterert 2012-02-08.

UTARBEIDET AV

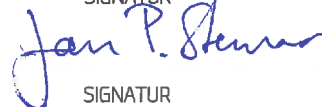
Anne Steen-Hansen

SIGNATUR

**KONTROLLERT AV**

Jan P. Stensaas

SIGNATUR

**GODKJENT AV**

Atle W. Heskestad

SIGNATUR

**RAPPORTNR**

NBL A12120

ISBN

978-82-14-00109-9

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1	2011-12-19	Første signerte versjon, oversendt oppdragsgiver.
2	2012-02-08	Revidert på grunnlag av innspill fra oppdragsgiver.
3	2012-06-01	Rapporten er endret fra fortrolig til åpen rapport.

Innholdsfortegnelse

Sammendrag og konklusjoner	5
1 Innledning	7
1.1 Bakgrunn.....	7
1.2 Målsetting.....	7
1.3 Metode.....	7
1.3.1 Innledende møte og befaringer.....	7
1.3.2 Brannteknisk prøving og vurderinger.....	7
1.3.3 Overordnet vurdering av brønnsikring av snøoverbygg.....	8
2 Vurdering av antennelseskilder ved brann i snøoverbygg	8
2.1 Antennelse av trevirke.....	8
2.1.1 Hvilke faktorer har betydning for antennelse?.....	8
2.1.2 Antennelsestemperatur og kritisk varmefluks.....	9
2.2 Mulige årsaker til brann i snøoverbygg.....	10
2.3 Antennelse ved gnister eller glør.....	10
2.4 Antennelse på grunn av feil i det elektriske anlegget.....	12
3 Observasjon av skinnesveising	13
4 Brannteknisk prøving i liten skala – ISO 5660	17
4.1 Hensikt.....	17
4.2 Metode.....	17
4.2.1 Konkallorimeteret – ISO 5660.....	17
4.3 Resultater.....	19
4.3.1 Bilder fra forsøk i konkallorimeteret.....	19
4.3.2 Tid til antennelse og vurdering av kritisk varmestrålingsfluks.....	20
4.3.3 Resultater fullstendige målinger.....	21
5 Brannteknisk prøving i reell skala	22
5.1 Hensikt.....	22
5.2 Metode.....	22
5.3 Resultater.....	26
5.4 Diskusjon.....	27
6 Ad-hoc småskalaesting	28
6.1 Hensikt.....	28
6.2 Metode.....	28
6.3 Resultater.....	29
6.4 Diskusjon.....	30

7	Brannsikring av snøoverbygg i tre	30
7.1	Tre i snøoverbygg.....	30
7.2	Risikoområder i snøoverbygg.....	31
7.3	Valg av materialer i utsatte deler av konstruksjonen.....	31
7.4	Beskyttelse av utsatte partier.....	31
7.5	Deteksjon og brannvarsling.....	32
	Referanser	34

BILAG/VEDLEGG

Vedlegg A: Resultater fra brannteknisk prøving i henhold til ISO 5660 (konkolorimeteret)

Sammendrag og konklusjoner

16. juni 2011 kjørte ekspressstog 62 inn på Hallingskeid stasjon på Bergensbanen, der et snøoverbygg sto i brann. De 257 passasjerene ble umiddelbart evakuert, og ingen personer kom til skade i ulykken. Hele toget, samt store deler av infrastrukturen på stedet, ble totalt ødelagt i brannen. Samme morgen som snøoverbygget brant, foregikk det sveising av jernbaneskinner i det området som er antatt som arnestedsområde.

Statens havarikommisjon for transport (SHT) undersøker denne alvorlige ulykken, og SINTEF NBL har bistått SHT med branntekniske vurderinger.

SINTEF NBL og SHT gjennomførte en befarings på brannstedet på Hallingskeid 14. oktober 2011.

2. november 2011 observerte SINTEF NBL skinnerveising i Trondheim sammen med Jernbaneverket, for å få et inntrykk av prosedyrene ved sveising, og mulighetene for antennelse.

24. november 2011 observerte vi i tillegg skinnerveising i Skien. Det ble utført enkle branntekniske tester i forbindelse med sveisingen.

Mulige brannårsaker og muligheter for antennelse i den aktuelle situasjonen er vurdert gjennom litteraturstudier, observasjoner ved befarings på Hallingskeid, observasjoner ved skinnerveising og branntekniske forsøk i liten og reell skala. Det er anvendt trematerialer fra snøoverbygg på Hallingskeid i testene.

En overordnet vurdering av utfordringer og muligheter knyttet til brannsikring av snøoverbygg er gjennomført med utgangspunkt i resultatene fra den branntekniske prøvingen, relevant faglitteratur og NBLs erfaring fra prosjekter der brannsikring i tunneler er behandlet.

Konklusjoner

- Glødende partikler og gnister fra tog, fra det elektriske anlegget og fra skinnerveising utgjør den største brannrisikoen for snøoverbygg i trevirke, sammen med feil i det elektriske anlegget eller feil i elektrisk utstyr.
- SINTEF NBL vurderer feil i det elektriske anlegget i forbindelse med lysarmatur, sløyfe for hjelpesignal eller utliggerer som lite sannsynlige årsaker til brannen på Hallingskeid. Det kan ikke trekkes noen entydig konklusjon om en slik brannårsak ut fra de opplysningene vi har hatt tilgang til.
- Skinnerveisingen som ble utført i samme område som det antatte arnestedsområdet, kan være årsak til brannen.
- Det finnes imidlertid lite relevant litteratur som belyser mulighetene for at trevirke kan antennes av glødende partikler eller gnister. Dette kan ikke utelukkes som en mulig brannårsak, men sannsynligheten for at det skal skje er trolig lav.
- Det ble ikke observert flammebrann i noen av testene i reell skala. I to av de spesialdesignede laboratorietestene i liten skala ble det observert tilløp til røykproduksjon, og svidde spor i treverket, men ingen flammebrann.

- Testene i konkalorimeteret (ISO 5660) viste at tremateriale fra Hallingskeid, tilsvarende materialene i det nedbrente snøoverbygget, hadde en antennelighet på nivå med annet trevirke. Brannutviklingen i materialet skiller seg imidlertid ut fra "vanlig" trevirke, ved at det brenner med lavere effekt over en lengre periode.
- Trevirke har mange gode egenskaper som bygningsmateriale i snøoverbygg. Utsatte partier i snøoverbyggene kan imidlertid med fordel beskyttes med metallplater, eller ved hjelp av flammehemmende kjemikalier for å redusere mulighetene for antenning.
- Tidlig deteksjon og brannvarsling i snøoverbygg kan varsle personell som kan slokke brannen, og kan forhindre at tog kjører inn i et snøoverbygg i brann. Flammetektorer er den type detektor som vil være best egnet i snøoverbygg, gjerne i kombinasjon med kameraovervåking.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

16. juni 2011 kjørte ekspressstog 62 inn på Hallingskeid stasjon på Bergensbanen, der et snøoverbygg sto i brann. De 257 passasjerene ble umiddelbart evakuert, og ingen personer kom til skade i ulykken. Hele toget, samt store deler av infrastrukturen på stedet, ble totalt ødelagt i brannen. Statens havarikommisjon for transport (SHT) undersøker denne alvorlige ulykken, og har skrevet en foreløpig rapport om ulykken [1]. Samme morgen som snøoverbygget brant, foregikk det sveising av jernbaneskiner i det området som er antatt å være arnestedsområdet. Antakelsen om arnestedsområde er basert på SHTs samtaler med lokomotivføreren på ekspressstog 62, og på bildemateriell fra ulykken.

1.2 Målsetting

Målsettingen med oppdraget har vært å bistå SHT med brannteknisk kompetanse og undersøkelser som vil være nyttige for å forstå hva som kan være årsaken til ulykken. I tillegg er det et mål å foreta en overordnet vurdering av utfordringer og muligheter knyttet til brannsikring av snøoverbygg.

1.3 Metode

1.3.1 Innledende møte og befaringer

SINTEF NBL og SHT gjennomførte en befaring på brannstedet på Hallingskeid 14. oktober 2011. På toget underveis til Hallingskeid hadde vi et innledende møte, der vi gikk gjennom en del av bakgrunns materialet som er tilgjengelig for ulykken. Dette omfattet bildemateriell, kart og filmopptak, både før, under og etter brannen.

På brannstedet hadde vi assistanse av personale fra Jernbaneverket, som også bidro med informasjon om området og om ulykken. Under befaringen fikk vi se et snøoverbygg som i hovedsak var av samme type konstruksjon som det som hadde brent. Det ble tatt bilder, og vi tok med oss prøver av trevirke i bord og søyler, og biter av takplater av aluminium, tilsvarende materialene i det bortbrente snøoverbygget. Trematerialene ble senere brukt i både laboratorietester og i tester i sammenheng med skinnesveising. Det ble ikke vurdert som relevant å teste aluminiumsplatene.

2. november 2011 observerte SINTEF NBL skinnesveising i Trondheim sammen med Jernbaneverket, for å få et inntrykk av prosedyrene ved sveising, og mulighetene for antennelse.

24. november 2011 observerte vi i tillegg skinnesveising i Skien. Arbeidet ble utført av to sveisere fra Norsk Jernbanedrift (NJD). Det ble utført enkle branntekniske tester i forbindelse med sveisingen.

1.3.2 Brannteknisk prøving og vurderinger

På grunnlag av informasjonen beskrevet over, og på grunnlag av informasjon innhentet gjennom litteratur og faglige nettverk, har vi vurdert mulige brannårsaker, og muligheter for antennelse i den aktuelle situasjonen.

Materialene fra brannstedet er testet brannteknisk på tre ulike måter:

- Standardisert prøving i liten skala for å bestemme antenneligheten, i henhold til den internasjonale standarden ISO 5660 (konkalorimeteret) [2,3].
- Spesialdesignet testing for å undersøke mulighetene for antennelse ved det som vi vurderer kan være et sannsynlig startbrannscenario; antennelse av treverk ved gnist eller glør fra skinnesveising. Denne testingen ble utført 24. november 2011 i Skien.
- Spesialdesignet laboratorietesting i liten skala, der trematerialer fra Hallingskeid ble eksponert for varme metallpartikler fra skinnesveising.

1.3.3 Overordnet vurdering av brannsikring av snøoverbygg.

En overordnet vurdering av utfordringer og muligheter knyttet til brannsikring av snøoverbygg er gjennomført, med utgangspunkt i resultatene fra den branntekniske prøvingen, relevant faglitteratur og NBLs erfaring fra relevante prosjekter.

2 Vurdering av antennelseskilder ved brann i snøoverbygg

2.1 Antennelse av trevirke

2.1.1 Hvilke faktorer har betydning for antennelse?

Babrauskas publiserte en oversikt over kunnskap om antennelse av trevirke i 2002 [4]. Artikkelen tar for seg hel ved, og inkluderer ikke sagflis og spon, flammehemmet trevirke, eller levende skog. Produkter som kryssfiner og sponplater blir vurdert til å ha tilsvarende branntekniske egenskaper som hel ved. Tre kan antennes ved direkte flammepåvirkning, eller etter en glødefase som enten kan etterfølges av flammer eller ikke flammer. Gløding forutsetter at trevirket eksponeres for en ekstern varmekilde. Trevirke kan også antennes ved at det er i kontakt med varme objekter.

De fleste studier på antennelse av tre er utført med varmestråling eller en kombinasjon av varmestråling og konvektiv varmeeksponering. I følge Babrauskas er det svært lite kunnskap og tilgjengelige data om antennelse ved kontakt med flammer eller varme legemer alene, selv om dette er en viktig brannfaglig problemstilling.

Hvor raskt trevirke antenner avhenger av flere faktorer, både forhold knyttet til materialet, og forhold knyttet til omgivelsene og branneksponeringen [5].

Egenskaper ved trevirket av betydning er

- Densitet
 - Trevirke med høy densitet er tyngre å antenne enn trevirke med lav densitet
- Fiberretning
 - Trevirke antennes raskere når branneksponeringen er normalt på fiberretningen enn når det eksponeres parallelt med fiberretningen, fordi varmeledningsevnen er høyest parallelt med fibre.
- Fuktinnhold
- Overflatestruktur
- Kvaeinhold

- Evne til å ta opp varme (termisk treghet). For et isolerende brennbart materiale vil varmen samles opp i overflaten. Dette fører til at materialet antennes raskere enn et materiale der varmen ledes bort fra overflaten.

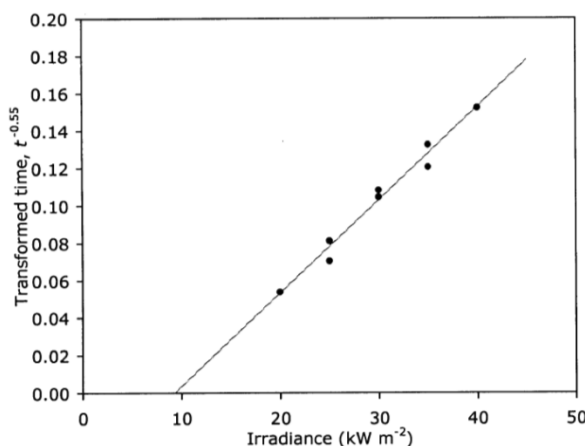
Forhold i omgivelsene:

- Temperatur
 - Hvor mye varmeenergi går med til å varme opp materialet til antennestemperatur?
- Ventilasjon (vind)
 - Kan øke forbrenningshastigheten i antenneskilden.
 - Kan bidra til å slokke antenneskilden.
- Geometri
 - Blir varme fra brannen samlet opp i hjørner og hulrom?
- Eksponering fra brannen
 - Varmestråling
 - Varighet
 - Åpen flamme
 - Gnister

2.1.2 Antennestemperatur og kritisk varmefluks

Begrepet antennestemperatur er basert på antakelsen om at et materiale vil antennes dersom hele overflaten har en gitt minste temperatur. Det antas også at et materiale vil ha en antennestemperatur for spontanantennelse (det vil si uten påvirkning av en antenneskilde som gnist eller flamme), og at antennestemperaturen vil være lavere ved pilotantennelse (det vil si at materialet påvirkes av en antenneskilde i form av gnist eller flamme). Spredningen i antennestemperatur er svært stor i publiserte data, noe som kan skyldes ulikheter i testmetoder, prøvematerialer og definisjoner av begreper. Basert på gjennomgangen av litteratur, anslår Babrauskas antennestemperaturen for trevirke til å være om lag 250 °C når det eksponeres for den laveste varmestrålingsfluksen som vil gi antennelse. Eksponeringstiden vil være relativt lang (flere timer) før det oppnås antennelse ved lave nivåer av varmestråling. Trevirke kan også antennes ved lavere temperaturer, men da vil det skyldes andre fenomener enn at treet utsettes for en ekstern varmekilde over tid. Et slikt fenomen kan være at trevirke er oppvarmet ved relativt lave temperaturer (80-100 °C) over lang tid og blitt såkalt "pyrofort", og at forbrenningsprosessen starter av seg selv.

I artikkelen presenteres også en metode utviklet av Marc Janssens for å bestemme kritisk fluks for antennelse, \dot{q}_{cr}'' , for termisk tykke materialer. Et termisk tykt material er et materiale der temperaturen på den siden som ikke utsettes for varmeeksponering vil være lavere enn temperaturen på den varmeeksponerte siden i relativt lang tid. Trevirke med tykkelse over 10 mm kan anses som termisk tykt i startfasen av en brann. Den kritiske fluksen er definert som det laveste nivået av varmestråling der det oppnås antennelse ved svært langvarig eksponering, og er en empirisk verdi. Ved å plote tid til antennelse opphøyd i en faktor på -0,55 som funksjon av varmestrålingsfluksen, vil punktene falle på en tilnærmet rett linje. \dot{q}_{cr}'' bestemmes som varmefluksverdien der linjen krysser x-aksen. Dette er vist i Figur 2-1 under. Den kritiske fluksen i dette eksempelet er beregnet til å være 9,3 kW/m². I noen tilfeller vil den minste fluksen der materialet blir antent være vesentlig høyere enn \dot{q}_{cr}'' .



Figur 2-1 Janssens resultater for pilotantennelse av ovnstørket trevirke av blackbutt (en type eukalyptus) testet vertikalt [4].

Her vil vi bruke denne metoden til å undersøke om trematerialer fra Hallingskeid, tilsvarende de som var montert i det nedbrente snøoverbygget, skiller seg fra annet trevirke med hensyn til antennelighet.

2.2 Mulige årsaker til brann i snøoverbygg

Generelt sett er det mange muligheter for at det kan oppstå brann i et snøoverbygg over toglinjen; enkelte årsaker er mer sannsynlige enn andre. Mulige brannårsaker kan være:

- gnister og glør (fra skinnerveising, fra passerende tog, glødende sigarett)
- feil i elektrisk anlegg
- gressbrann
- brennglasseffekt ved sol på glasskår
- brennende "ting" kastet fra tog
- takplater av aluminium faller ned på elektrisk ledning og skaper kortslutning med lysbue
- påtent med vilje
- brann i tog

Vi vurderer gnister og glør, eller feil i elektrisk anlegg, som de mest sannsynlige årsakene til brannen på Hallingskeid 16. juni 2011, og dette vil bli beskrevet nærmere i avsnittene under. Dette utelukker imidlertid ikke andre årsaker, bortsett fra brann i tog, som ut fra vitneutsagn og bildemateriell er en svært lite sannsynlig brannårsak i dette tilfellet. Vi anser heller ikke nedfall av takplater som en sannsynlig brannårsak. Etter det vi kjenner til, er det ikke sannsynlig at takplater kunne falle ned på kjøreledningen, fordi platene var for store i forhold til åpninger i bærekonstruksjonen for taket, Dermed anser vi ikke at et slikt scenario er mulig.

2.3 Antennelse ved gnister eller glør

For snøoverbygg i tre kan skinnerveising representere en brannrisiko. Det dannes gnister og glør i ulike deler av prosessen:

- ved kutting av skinner med vinkelsliper
- ved sveising med termitt
- ved fjerning og lagring av varmt restmateriale fra sveisen
- ved sliping av sveisen

Gnistene og glørne vil sannsynligvis ha ulik form og ulike egenskaper, avhengig av hvilken operasjon de er dannet i. Skinnesveising er nærmere beskrevet i avsnitt 3.

Gnister kan også dannes av passerende tog, og fra det elektriske anlegget i snøoverbygget.

Vi har ikke funnet mye publisert informasjon om antennelse av trevirke med gnister eller glør. I artikkelen med gjennomgang av kunnskapsstatus på antennelse av trevirke, stadfester Babrauskas at det finnes lite eksperimentelle data tilgjengelig for antennelse på grunn av varme legemer [4]. Han konkluderer imidlertid med at antennelse er mulig under overraskende milde eksponeringer, det vil si flygebranner på noen få gram. Flygebranner er definert som varme partikler som transporteres i luften og faller ned og antenner brennbare materialer [6]. Antennelse av brann på annet sted enn primærbrannområdet, som følge av at et varmt nok materiale med tilstrekkelig energi forflytter seg fra primærbrannen. Vanligvis er det snakk om partikler av brennbart materiale der det foregår en forbrenningsprosess i selve partikkelen, for eksempel glødende biter av trevirke, barnåler etc., men en flygebrann kan også være en varm ubrennbar partikkel, for eksempel av metall.

En av de mest relevante artiklene er fra Australia, og omhandler antennelse av trebroer ved gnistregn fra skogbranner [7]. Denne artikkelen tar for seg antennelse når glør fraktes med vinden og samler seg i sprekker og spalter i brokonstruksjoner i trevirke, og omfatter en kartlegging av 20 trebroer som ble antent i to forskjellige skogbranner i henholdsvis 1983 og 1985. Det er typisk at en konstruksjon antennes flere steder samtidig i dette scenariet. Det blir påpekt at aldret trevirke øker sannsynligheten for slik antennelse. Artikkelen beskriver tester der antennelse med glør fra brent trevirke er undersøkt, både i laboratorium og i feltforsøk med en bro som var omlag 50 år gammel. Størrelsen på glørne ble ikke bestemt. Det ble gjort forsøk med spalter på 0-5 mm og spalter på 10-25 mm i testoppsett med trevirke. Noen relevante funn fra denne artikkelen:

- Broer antennes vanligvis der vertikale og horisontale flater møtes, og glør faller ned i sprekker og spalter.
- Eksperimenter bekrefter at trevirke i broer kan antennes ved små opphopninger av glør i sprekker eller spalter.
- Antennelse starter med ulmebrann som utvikler seg videre, hjulpet av vind og høy temperatur (fra skogbrann).
- Ulmebrann utvikler seg raskest der trevirket er gammelt, oppsprukket og tørt.
- Hjørner av trebordene blir antent først.
- Det ble ikke observert ulmebrann i forsøkene med de smaleste spaltene.
- Det ble observert ulmebrann i 4 av 9 forsøk med ubehandlet trevirke og spaltebredde på 10-25 mm.
- Behandling med flammehemmende løsning eller svellende maling kan redusere sannsynligheten for antennelse, men ikke eliminere den helt.
- Overflatebehandling med beskyttende sjikt, som for eksempel maling, kan redusere sannsynligheten for antennelse, ved at sprekker tettes igjen. Slik behandling krever imidlertid inspeksjon og vedlikehold.

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) i Tyskland har undersøkt utvikling av ulmebrann i beholdere med 4 ulike typer støv (fint og grovt støv av kork, bøk og kakao) [8]. Bulkdensiteten varierte fra 59 kg/m^3 (fint korkstøv) til 382 kg/m^3 (støv av bøk). Porselenskuler med diameter fra 25 til 40 mm ble varmet opp i en ovn ved $1200 \text{ }^\circ\text{C}$, og plassert midt i beholderen med støv. Porselenskulen blir omtalt som et *inert varmt legeme*, fordi den ikke er involvert i reaksjonen på annen måte enn ved varmeoverføring til materialet i beholderen. Det ble ikke observert ulmebrann ved temperaturer under $489 \text{ }^\circ\text{C}$, mens det ble observert ulmebrann ved starttemperatur på $503 \text{ }^\circ\text{C}$. Utviklingen av ulmebrannen pågikk i bortimot 10 timer i enkelte av forsøkene, og det var ikke mulig å observere temperaturøkning fra utsiden av beholderne før

forbrenningsfronten nådde overflaten. Minste diameter på det brennbare materialet for å oppnå ulmebrann ved et *inert varmt legeme* er antatt å være over 10 mm.

Ved National Institute of Standards and Technology (NIST) i USA er det utført en forsøksserie for å undersøke under hvilke forhold glødende flygebranner kan antenne vanlige bygningsmaterialer [9]. I forsøkene undersøkte NIST om brennende partikler av furu, plassert i vinkelen mellom henholdsvis kryssfinerplater og sponplater, førte til ulmebrann ved ulik vinkel mellom platene. Partiklene var formet som sylindre med høyde 76 mm og diameter 10 mm. Forsøk ble utført med vindhastigheter på 1,3 m/s og 2,4 m/s. Ved 1,3 m/s oppsto det ikke ulmebrann i noen av forsøkene. En vinkel på 60° resulterte i ulmebrann i alle forsøkene. Ved 90° oppsto det ulmebrann i noen tilfeller og i andre ikke. Ved en vinkel på 135° oppsto det ikke ulmebrann i noen av forsøkene.

I en tidligere artikkel fra NIST, blir det konkludert med at viktige forhold som bestemmer muligheten for antennelse ved flygebranner, er tettheten på "gnistregnet" (fluksen), størrelsen på flygebrannene og vindhastigheten [10]. Ulike treslag kan ha ulik sannsynlighet for antennelse.

27. juni 2011 ble det avholdt en workshop ved NIST med tittel *Workshop for Urban and Wildland-Urban Interface (WUI) Fires: A Workshop to Explore Future Japan/USA Research Collaborations* [11]. En av presentasjonene dreide seg om antennelse av cellulosematerialer ved varme metallpartikler som avgis ved lysbuer i høyspentledninger, og som føres med vinden. Det var utført eksperimentelle forsøk for å undersøke hvordan slike partikler kan føres med vinden, og hvilke temperaturer de har når de lander. Forsøkene ble utført i vindtunnel der stålkuler med ulik temperatur og ulik diameter landet i henholdsvis oppmalt cellulose og barnåler, og eventuell brannutvikling ble observert. Det ble konkludert at sannsynlighet for antennelse avhenger av både temperatur og av partikkelstørrelse. For cellulose ble det påvist ulmebrann ved partikkeldiameter 3 mm og temperatur 1100 °C. For barnåler var det nødvendig med partikkeldiameter 8 mm for å oppnå antennelse ved 1100 °C. Når partiklene hadde diameter på 19,1 mm, ble det observert ulmebrann i cellulosematerialet ved en partikkeltemperatur på 550 °C.

2.4 Antennelse på grunn av feil i det elektriske anlegget

Muligheten for at brannen oppsto som følge av elektrisk årsak er ikke grundig vurdert av SINTEF NBL, men er basert på tilgjengelig informasjon og diskusjoner med SHT. Etter det SINTEF NBL kjenner til, er det 3 elektriske installasjoner i området rundt det antatte arnestedet.

Lysarmatur:

Det var montert lysarmaturer med jevne mellomrom gjennom hele snøoverbygget. En elektrisk feil i en slik armatur kan føre til varmgang og brann. I snøoverbygget befant imidlertid siste armatur før utgangen seg for langt unna stedet hvor brannen først ble observert av togpersonalet, til at dette kan være årsaken, og feil i lysarmatur utelukkes dermed som mulig brannårsak.

Hjelpesignal:

På flere punkter i snøoverbygget var det montert hjelpesignallamper. Disse lampene fungerer som ekstra signaler ved skifting på stasjonsområdet. Signalene opereres manuelt ved hjelp av brytere ved stasjonsbygningen. En av disse lampene var montert ved utgangen til snøoverbygget. En elektrisk feil i denne lampen, eller i ledningssløyfen mellom lampen og bryteren, kan i teorien føre til varmgang og brann. Etter det SINTEF NBL har fått kjennskap til gjennom samtale med SHT, var denne lampen slått av da brannen startet, noe som betyr at det ikke var spenning på sløyfen. Dette utelukkes dermed som mulig brannårsak.

Feil på utligger:

En komponent av konstruksjonen som holder togets kjøreledning oppe, kalles utligger. Kjøreledningen er isolert fra selve konstruksjonen med isolatorer av porselen. Disse isolatorene kan sprekke ved store temperaturendringer, noe som kan gi kortslutning med mulighet for gnistregn. Et slikt gnistregn kan ha ført til at gnister har havnet inn i snøoverbyggets trekonstruksjon, og at det har oppstått en ulmebrann som til slutt har brutt ut i flammer. Men basert på den korte tiden fra kortslutningen inntraff (toget mistet kjørestrøm) og åpne flammer ble observert, antas dette som svært lite sannsynlig. Det er mer sannsynlig at en brann har eksponert isolatorene for høye temperaturer, som har ført til at isolatorene har sprukket og kjøreledningen kortsluttet. Dette er dermed en lite sannsynlig brannårsak.

Returstrøm på avveie:

Dette punktet har ikke SINTEF NBL hatt nok grunnlag til å vurdere, men blir omtalt i SHTs rapport. Strøm på avveie kan generelt sett være en årsak til brann.

3 Observasjon av skinnesveising

2. november 2011 observerte SINTEF NBL skinnesveising utført av erfarne sveisere i Trondheim. Skinnene var av eldre type, det vil si litt smalere enn dagens standard. Derfor måtte sveiserne bruke en eldre type smeltedigel ved forberedelse av termittblandingen, og påfølgende posisjonering av termittblandingen i skinnesveisen. I praksis så dette ut til å ha liten betydning for utførelsen av arbeidet, og for de andre oppgavene i sveiseprosessen.

SINTEF NBL observerte også skinnesveising i Skien 24. november 2011. Det ble også gjennomført noen enkle brannforsøk i forbindelse med denne skinnesveisingen. Selve kuttingen av skinnene før sveising, og sliping av skinnene etter sveising foregikk etter det vi kunne se, på samme måte både i Trondheim og i Skien. Det var ikke de samme sveiserne som utførte arbeidet i Trondheim og Skien i disse tilfellene.

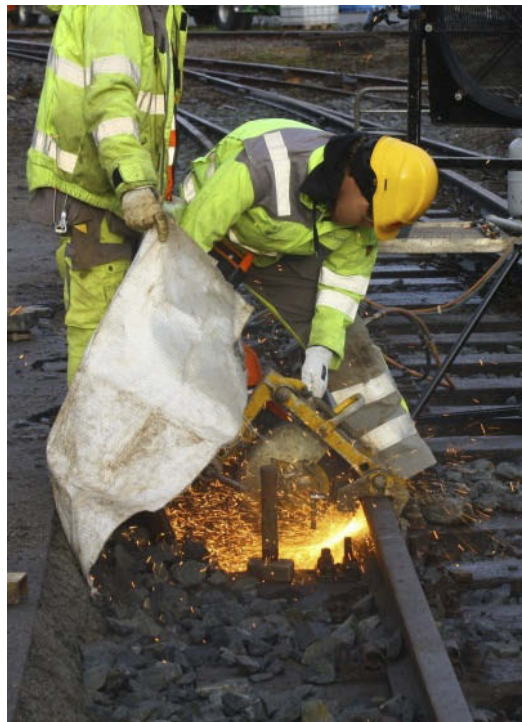
Basert på observasjonene vi gjorde, kan vi dele skinnesveisingen inn i følgende delprosesser med hensyn på brannfare:

- Kutting av skinner
- Forvarming av skinner
- Termitt-sveiseprosessen
- Flytting, håndtering og lagring av overskuddsmateriale fra sveising
- Sliping av overskuddsmateriale fra termitt-sveisingen
- Generell rydding og oppbevaring av varme materialer i etterkant

Kutting av skinner er vist i Figur 3-1 og Figur 3-2.



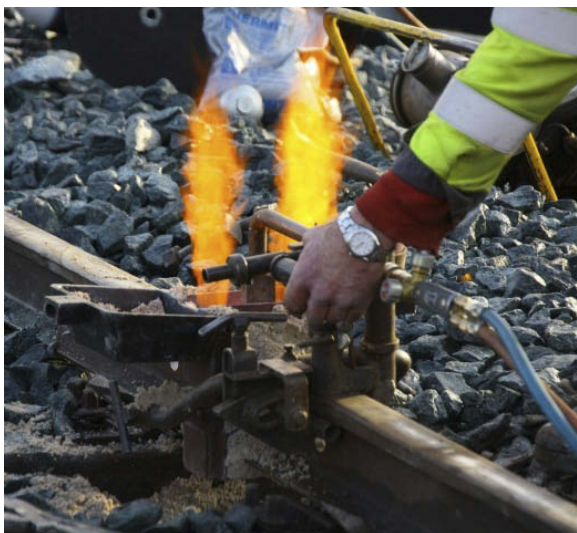
Figur 3-1 Kutting (Trondheim).



Figur 3-2 Kutting med bruk av sveiseduk (Skien).

Under kuttingen ble det slynget glødende metallpartikler flere meter unna skinnene, vi observerte at ved bruk av sveiseduk (som demonstrert i Skien, se Figur 3-2), så kunne dette begrenses, men ikke unngås fullstendig.

Forvarming av skinnene er vist i Figur 3-3 og Figur 3-4.



Figur 3-3 Forvarming (Trondheim).



Figur 3-4 Forvarming (Skien).

Forvarming av skinnene førte ikke til spredning av varme utenfor tiltenkt sted. Bruk av varmekamera viste at varmen kun spredte seg omlag 1 meter langs skinnene.

Termittsveisingen er vist i Figur 3-5 og Figur 3-6.



Figur 3-5 Termitt-sveising (Trondheim).



Figur 3-6 Termitt-sveising (Skien).

Vi ble informert om at den glødende massen i termitt-sveising holder flere tusen grader. Overflødig masse fløt kontrollert til tiltenkt sted under sveisene vi observerte.



Figur 3-7 Avfall fra sveis (Trondheim).



Figur 3-8 Avfall fra sveis (Skien).

Avfallet ble samlet opp i bøtter etter termitt-sveisingen, noe som er vist i Figur 3-7 og Figur 3-8. Dette avfallet holder høy temperatur, og kan representere en brannfare hvis det kommer i kontakt med brennbart materiale.



Figur 3-9 Sliping (Trondheim).



Figur 3-10 Sliping med bruk av sveiseduk (Skien). Vindmaskinen synes i bakkant av sveiserne.

Under sliping av skinnene ble det slynget glødende metallpartikler flere meter unna skinnene, se Figur 3-9 og Figur 3-10. Vi observerte at ved bruk av duk (som demonstrert på Skien), kunne dette begrenses, men ikke unngås fullstendig.

4 Brannteknisk prøving i liten skala – ISO 5660

4.1 Hensikt

Hensikten med småskalaforsøkene i henhold til ISO 5660 var å undersøke om det tørre, gamle treet som ble brukt i snøoverbyggene på Hallingskeid var mer eller mindre antennelig enn nyere trevirke med normalt fuktinnhold.

4.2 Metode

Prøvematerialet var tatt ut av oppdragsgiver, og besto av planker og bjelkemateriale fra Hallingskeid som var i samsvar med de materialer som ble brukt i det nedbrente snøoverbygget. Alt materialet ble først oppbevart i klimarom med relativ fuktighet 50 % og temperatur 23 °C, fra ankomst SINTEF NBL til gjennomføring av testene. Noe av materialet ble plassert i en tørkeovn ved temperatur 60 °C i 2 døgn før testene. Stikkprøver ble tatt av fuktigheten i treet før test, ved hjelp av en hammerelektrode med glidelodd. Både materialet som var kondisjonert, og det som var tørket i varmeovn, viste en fuktighet på ca 9 %. Imidlertid er usikkerheten for dette utstyret lav under 10 % fuktighet, slik at treet kan ha vært tørrere enn det som ble registrert.

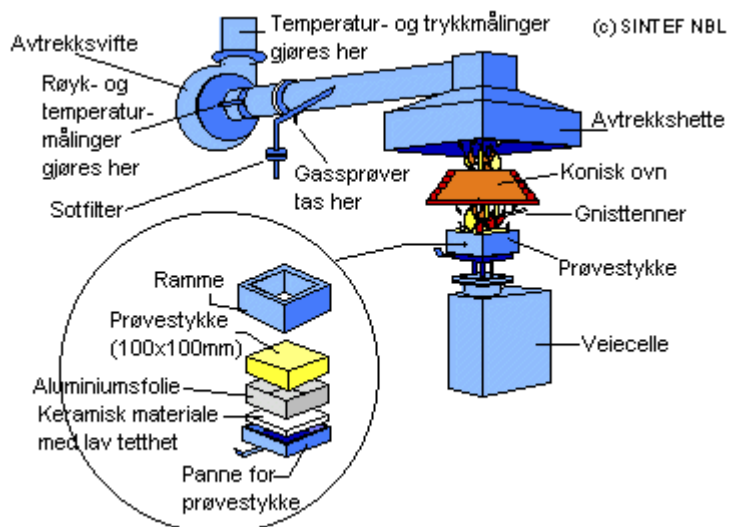
Testene ble gjennomført i henhold til ISO 5660-1 (konkolorimetertest) ved varmestrålingsnivåene 25 kW/m², 35 kW/m² og 50 kW/m². Siden materialene gikk til antennelse ved samtlige av disse strålingsnivåene, ble kondisjonert planke i tillegg testet ved 12 kW/m² og 20 kW/m², for å finne et nivå hvor materialet ikke ble antent.

En gnisttenner, som kan antenne røykgasser som utvikles ved eksponering av prøveobjektet med varmestråling, ble brukt i alle forsøkene. Ved enkelte forsøk ble mer fullstendige målinger av varmeutvikling og røykproduksjon (ISO 5660-2) gjennomført [3]. Men ved de aller fleste av forsøkene ble testen avbrutt etter at prøvestykket var antent, og tid til antennelse ble registrert.

4.2.1 Konkolorimeteret – ISO 5660

Konkolorimeteret (ISO 5660-1 og -2) er en av de mest avanserte prøvingsmetodene i liten skala for bestemmelse av materialers branntekniske egenskaper. En skisse av metoden er vist i Figur 4-1.

Tabell 4-1 beskriver et utvalg av de størrelser som bestemmes ved hjelp av ISO 5660-1 og -2. Metoden gir muligheter for å bestemme antennelighet, brennbarhet, røykproduksjon og produksjon av giftige gasser. Varmefluksnivået fra den koniske ovnen, i området fra 10 til 100 kW/m², representerer ulike nivåer av eksponering fra brann. Et overtent rom kan resultere i varmebelastning i området 25 til 200 kW/m². Prøvingen skal utføres i trekkfrie omgivelser, det vil si at påvirkning av vind ikke undersøkes i testen.



Figur 4-1 Skjematisk skisse av konkalorimeteret (ISO 5660).

Tabell 4-1 Størrelser som beskriver materialers branntekniske egenskaper

Størrelse	Beskrivelse
Varmefluksnivå fra kon [kW/m^2]	Representerer den eksterne eksponeringen for varmestråling til prøvestykket under brannprøvingen
Tid til antennelse [s]	Angir tiden det tar til prøvestykket antennes ved hjelp av en elektrisk gnisttenner ved det varmefluksnivået som er anvendt under prøving.
Total varmeavgivelse [MJ/m^2]	Den totale varmemengden som er avgitt fra prøvestykket per arealenheter under forbrenningen.
Maksimal avgitt varmeeffekt [kW/m^2]	Den maksimale varmeeffekten som er avgitt fra prøvestykket per arealenheter under forbrenningen.
Gjennomsnittlig varmeeffekt etter 180 s [kW/m^2]	Gjennomsnittlig varmeeffekt avgitt fra prøvestykket per arealenheter i løpet av de første 180 sekundene etter antennelse av prøvestykket.
Gjennomsnittlig varmeeffekt etter 300 s [kW/m^2]	Gjennomsnittlig varmeeffekt avgitt fra prøvestykket per arealenheter i løpet av de første 300 sekundene etter antennelse av prøvestykket.
Effektiv forbrenningsvarme [MJ/kg]	Avgitt varme fra forbrenning av prøvestykket per masseenheter ved et spesifikt varmefluksnivå. (Effektiv forbrenningsvarme målt i konkalorimeteret er vanligvis betydelig lavere enn verdier gitt ved andre prøvingsmetoder. Dette er relatert til ufullstendig forbrenning ved de typiske brannforholdene som konkalorimeteret representerer.)
Gjennomsnittlig røykproduksjon [m^2/s]	Gjennomsnittlig optisk tetthet av røygasser produsert i løpet av prøvingen.
CO-produksjon (karbonmonoksid) [g]	Masse CO produsert i løpet av prøvingen. Verdien er kun relatert til de aktuelle prøvingsbetingelsene, det vil si en godt ventilert brann. Andre verdier for CO-produksjon kan forekomme ved virkelige branner.
Prøvestykkets gjennomsnittlige hastighet for massetap [$\text{g/m}^2\text{s}$]	Gjennomsnittlig hastighet for massetap fra prøvestykket i intervallet 10 % til 90 % av totalt massetap i løpet av prøvingen.

4.3 Resultater

I avsnitt 4.3.1 presenteres en bildeserie fra et av enkeltforsøkene før, under og etter antennelse. I Vedlegg A presenteres tid til antennelse for forsøkene med henholdsvis kondisjonert og tørket planke, samt med kondisjonert og tørket bjelke. Tid til antennelse er brukt til diagrammene i Vedlegg A, som indikerer kritisk varmestrålingsnivå. I 4.3.3 presenteres et eksempel på fullstendige målinger fra konkalorimeteret, representert ved et enkeltforsøk av en kondisjonert planke.

4.3.1 Bilder fra forsøk i konkalorimeteret

Figur 4-2 viser konkalorimeteret under test.



Figur 4-2 Konkalorimeter under test

Figur 4-3 til Figur 4-6 viser et forsøk hvor et prøvestykke av en planke ble eksponert for varmestrålingen 50 kW/m^2 , gikk til antennelse og fikk brenne ut. Prøvestykket ble antent 12 sekunder etter start, og sloknet etter ca 1060 s. Varigheten av testen var 2200 s.



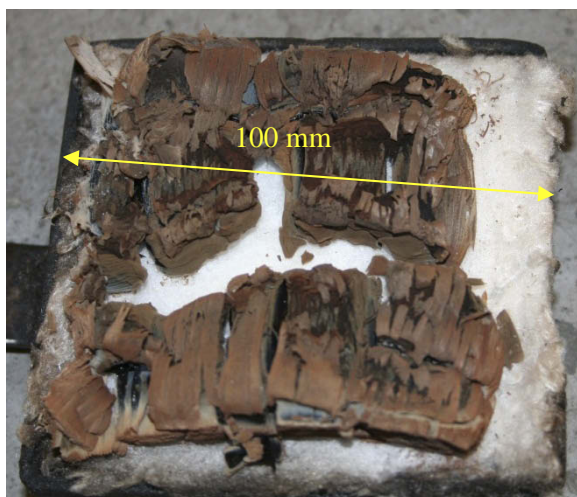
Figur 4-3 Planke, forsøk ved 50 kW/m^2 , <12 s etter start, rett før antennelse.



Figur 4-4 Planke, forsøk ved 50 kW/m^2 , 12 s etter start, antennelse.



Figur 4-5 Planke, forsøk ved 50 kW/m^2 , 24 s etter antennelse.



Figur 4-6 Planke, forsøk ved 50 kW/m^2 , etter avsluttet forsøk.

4.3.2 Tid til antennelse og vurdering av kritisk varmestrålingsfluks

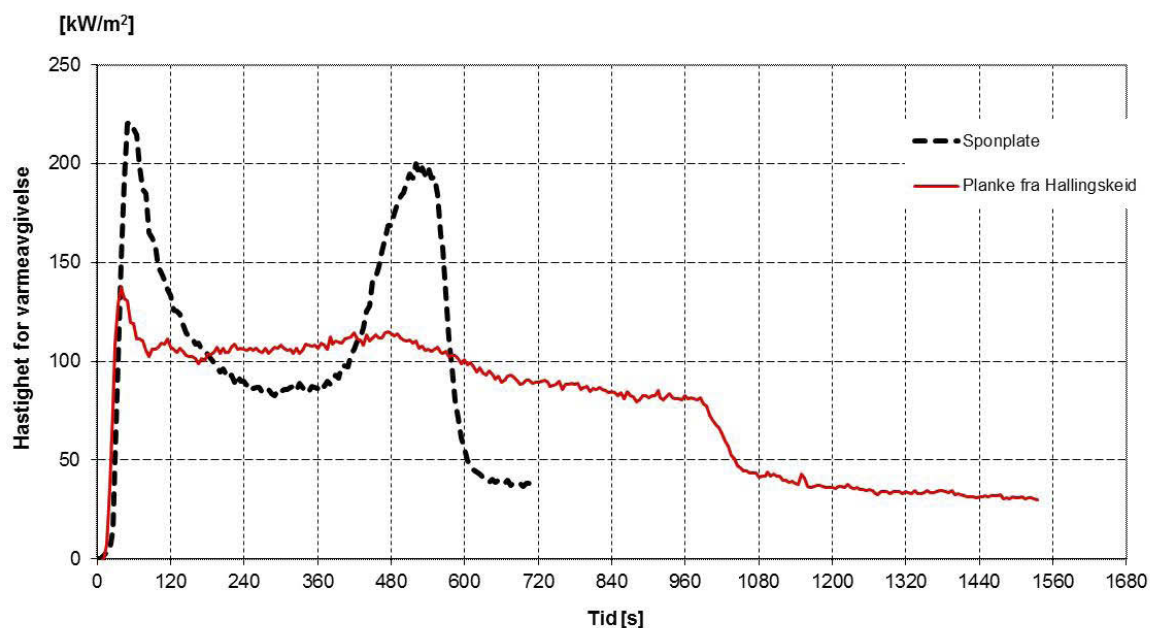
Diagrammene over varmestrålingsfluks plottet mot tid til antennelse opphøyd i (-0,55) er vist i Vedlegg A, og viser følgende kritiske fluksnivåer:

- Kondisjonert planke: omtrent $12,2 \text{ kW/m}^2$
- Tørket planke: omtrent $5,9 \text{ kW/m}^2$
- Kondisjonert bjelke: omtrent 0 kW/m^2
- Tørket bjelke: omtrent $12,1 \text{ kW/m}^2$

Det er en viss variasjon i resultatene over. En verdi på 0 kW/m^2 er ikke realistisk, men bør heller tolkes som en antydning om at den kritiske fluksen kan være relativt lav. Sammenliknet med resultatene fra eksempelet i avsnitt 2.1.2, der kritisk fluks var beregnet til å være $9,3 \text{ kW/m}^2$, er det ingen grunn til å tro at trematerialene fra Hallingskeid er vesentlig mye lettere antennelig enn trematerialet i dette eksempelet. Resultatene gir heller ikke grunn til å anta at materialene på Hallingskeid har større motstand mot antennelse enn annet trevirke.

4.3.3 Resultater fullstendige målinger

Resultater fra et fullstendig enkeltforsøk i henhold til ISO 5660-1 (varmeavgivelseshastighet) og ISO 5660-2 (røykproduksjon) er vist for kondisjonert planke fra Hallingskeid i Vedlegg A. I Figur 4-7 er varmeavgivelsen fra denne planken vist, sammen med varmeavgivelsen fra en tilsvarende test av vanlig sponplate som en sammenlikning.



Figur 4-7 Varmeavgivelse fra kondisjonert planke fra Hallingskeid, og varmeavgivelse for vanlig sponplate. Begge materialer er testet i henhold til ISO 5660-1 og -2, ved varmestrålingsnivå 50 kW/m².

Det er markante forskjeller i hvordan de to trematerialene oppfører seg i testen. Sponplaten viser en kurve som er karakteristisk for trematerialer, med to toppe i varmeavgivelsen. Etter at den første maksimumsverdien er nådd, forkuller materialet, og dette danner et isolerende lag som beskytter det friske treet mot varmepåkjenningen. Dermed avtar varmeavgivelsen. Når trevirket etter hvert begynner å sprekke opp, vil friskt trevirke under kullaget bli antent, og varmeavgivelsen vil øke igjen til den andre toppen på kurven nås.

Trevirket fra Hallingskeid oppførte seg ikke som et typisk tremateriale i testen. Dette materialet brant i en lengre tid med en jevnere og lavere varmeavgivelse enn sponplaten. Dette kan skyldes at trevirket var relativt oppsprukket, samtidig som det var dekket av kullstøv fra strømvaktakerens kullsepestykket. Det er imidlertid ikke sikkert at dette vil ha noen praktisk betydning for brannforløpet i et snøoverbygg, dette kan eventuelt undersøkes nærmere ved brannteknisk testing i større skala.

5 Brannteknisk prøving i reell skala

5.1 Hensikt

Hensikten med testene var å undersøke i hvilken grad skinnesveising utgjør en brannfare, og hvilke muligheter det er for antennelse under arbeidet med skinnesveising.

5.2 Metode

24. november 2011 ble det gjennomført skinnesveising i Skien i samarbeid med SHT og sveisere fra NJD.

Vi fikk se hvordan skinnesveisingen ble gjennomført på Hallingskeid, og samlet informasjon om potensielle farer. Vi ville også undersøke om det var mulig å få antennelse ved bruk av noen enkle testoppsett basert på trematerialer hentet fra snøoverbygg på Hallingskeid.

Første sveis ble gjennomført med så like forhold som på Hallingskeid som mulig, ved bruk av vindmaskin og samme sikkerhetsprosedyrer som det er blitt fortalt brukt under jobben 16. juni 2011, se Figur 5-1. Vindhastigheten ble målt til omlag 7 m/s i dette forsøket.



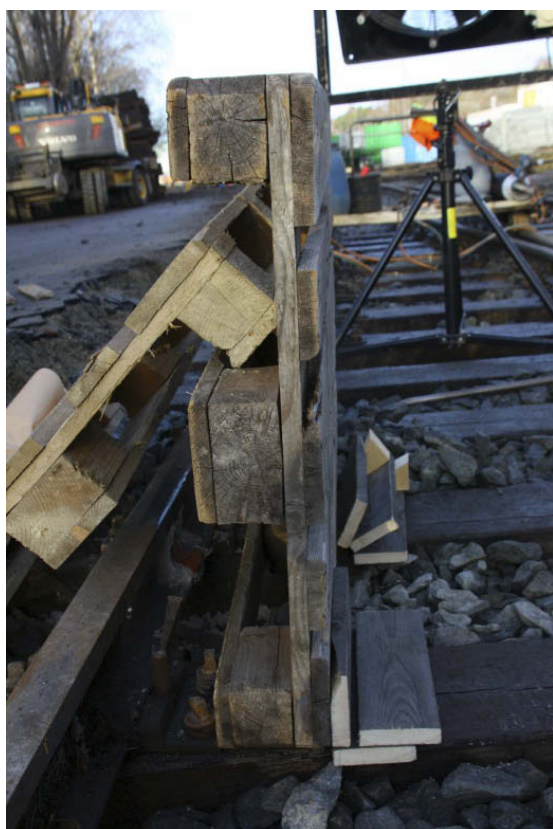
Figur 5-1 Skinnesveising under simulerte forhold fra Hallingskeid. Vindmaskinen er synlig i bakkant av skinnesveiserne.

Sveis nummer 2 og 3 ble gjennomført uten sveiseduk for å unngå å begrense spredning av gnister, siden hensikten med forsøket var å undersøke scenarier der glødende metallpartikler ble samlet opp i testoppsettet. Dette er vist i Figur 5-2.



Figur 5-2 Sliping med gnistsprut mot testoppsett.

Testoppsettet er vist i Figur 5-3, og detaljer av oppsettet er vist i Figur 5-4 og Figur 5-5.



Figur 5-3 Testoppsett.



Figur 5-4 Spalte (av planker fra Hallingskeid).



Figur 5-5 Vinkeltrakt (av planker fra Hallingskeid).

Designet av spalten og vinkeltrakten skal på en enkel måte simulere sannsynlige steder i snøoverbygget der en brann kan starte på grunn av gnister. Hensikten med vinkeltrakten er å samle varme partikler på en

lignende måte som bjelkene i overbygget som er formet som en trakt, i tillegg til å kunne sørge for at gnister i forskjellige vinkler kan fanges opp.

Spalten er valgt fordi den representerer en type test som er publisert i Fire Safety Journal som omhandler gnistbrann i broer i sammenheng med skogbranner [7], se avsnitt 2.3.

Testen med tørre paller vil kunne gi en situasjon som ligner på veggen i overbygget med sprukne treplanker med gliper mellom bjelke og planke. En slik konstruksjon kan ha flere godt isolerte sprekker og hulrom, hvor varme fra metallpartiklene fra kutting og sveising kan overføres til brennbart materiale slik at det kan antennes.

Vi brukte tørt høy for å ta høyde for andre organiske materialer som kan ha vært i overbygget (gress eller planter som har vokst eller blåst inn, fuglereeder på utsatte steder og lignende). Under den siste testen brukte vi også litt tørkepapir mellom plankene for å se om det tok fyr.

Det ble brukt glatt gråpapir til å samle glødende partikler for undersøkelse fra sliping av skinnene, se Figur 5-6. Vinkeltrakten og spalten ble til dels også brukt til dette formålet.



Figur 5-6 Oppsamling av metallpartikler under slip.

Figur 5-7 og Figur 5-8 viser at termittsveisen er hvitglødende i første del av sveiseprosessen.



Figur 5-7 Flytende varmt materiale fra termitt-sveis.



Figur 5-8 Flytende varmt materiale fra termitt-sveis.

Temperaturen i bøtten med rester fra termitt-sveisingen ble målt henholdsvis 3 minutter og 3 timer etter at restene var fjernet fra skinnen, se Figur 5-9.



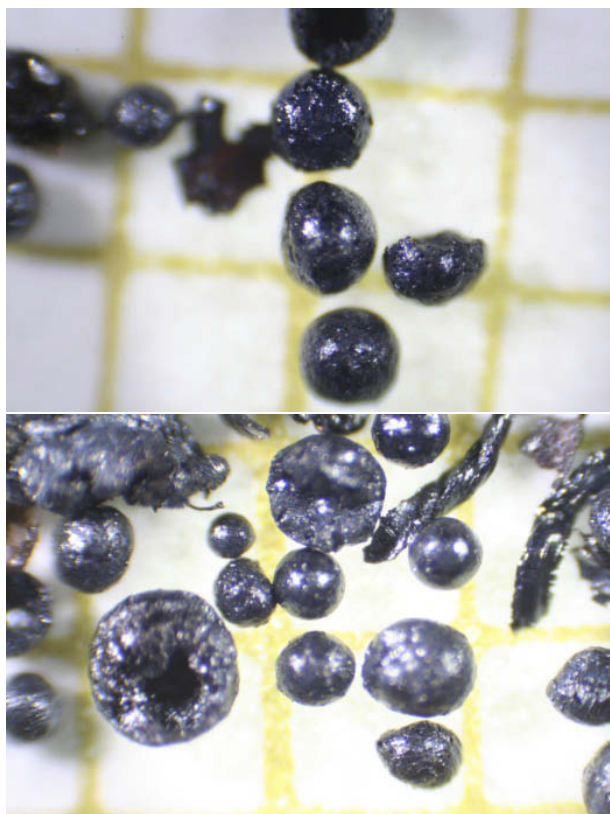
Figur 5-9 Lagring av avfall fra sveis og måling av temperatur.

5.3 Resultater

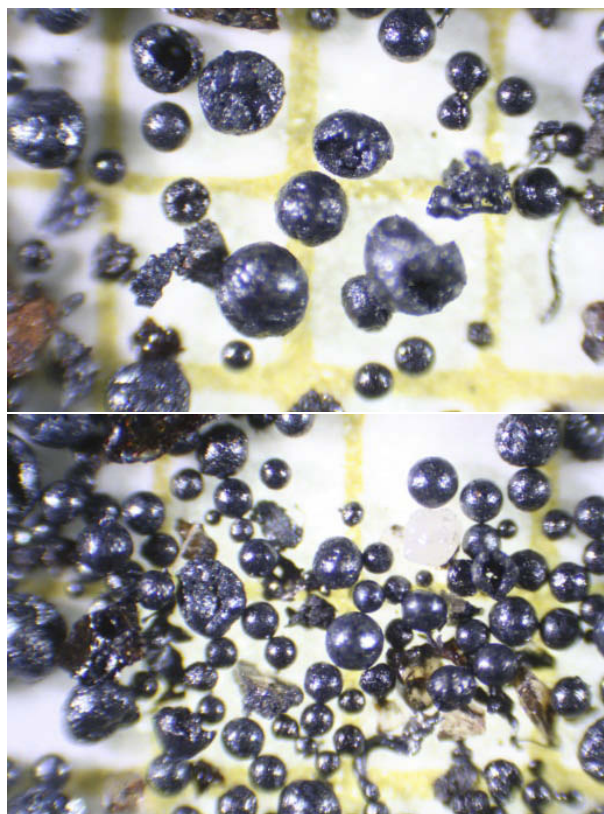
Det ble utført 3 skinnesveiser, der den første ble gjennomført med sveiseduk og vindmaskin for å simulere forholdene fra Hallingskeid. Sveiseduken reduserte spredningen av gnister betraktelig, men ikke 100 %. Avstanden mellom skinnene og veggen var tilnærmet lik avstanden mellom skinnene og den veggen i overbygget på Hallingskeid der togføreren først observerte brann.

De resterende to sveisene ble gjennomført uten sveiseduk, for å øke sannsynligheten for å gjenskape eventuelle "worst case scenario", som kunne føre til antennelse.

Det ble observert at de største partiklene fra både kutting og sliping ble slynget lengst unna skinnene, mens det ble samlet opp mest små partikler nærmere skinnene. Partiklene fra sliping av skinner er vist i Figur 5-10 og Figur 5-11, mens partikler samlet opp etter kutting av skinner, er vist i Figur 5-12.

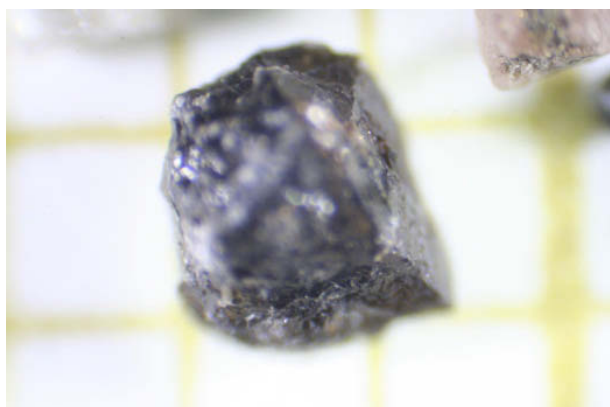


Figur 5-10 Forstørret bilde av slip fra 2-3 m unna (1 mm² per rute på underlag).



Figur 5-11 Forstørret bilde av slip fra < 1 m unna (1 mm² per rute på underlag).

Partiklene fra kuttingen var større enn partiklene fra sliping (ca 1-4 mm i diameter). Partiklene vi samlet, fikk ikke nok varmeenergi til å smelte på samme måte som de mindre partiklene fra sliping, men de var glødende. Det skal også mer varmeenergi til for å smelte større partikler.



Figur 5-12 Forstørret bilde fra en partikkel fra kutting (1 mm² per rute på underlag).

Det ble ikke observert tilløp til brann under forsøkene vi gjorde med gnistene i Skien. Verken trevirke, høy eller tørkepapir ble antent. Fuktigheten i høyet ble ikke bestemt, men det viste seg at det ikke var lett å antenne med en lighterflamme. Det ble observert små hull med svidd kant i tørkepapiret der det var truffet av glødende partikler.

Grove temperaturmålinger i sveiserestene like etter sveis ble målt til 1130 °C. Målinger av lufttemperaturen i avfallsbøttene viste temperaturer over 450 °C få minutter etter sveising, mens 3 timer etter sveising ble det målt 175 °C.

5.4 Diskusjon

Artikkelen som omhandler gnistspredning mot broer under skogbrann, konkluderte med at det var de største gnistene som førte til antennelse [7]. Dette var glør av brennbar materiale (tre, løv, barnåler), der forbrenningsprosessen kan fortsette i selve materialet, når gloen lander på et gunstig sted. Dette var også større glør enn dem vi fikk samlet opp i forsøkene i Skien. Imidlertid kan det ha blitt produsert noen større avkapp eller gnister som vi ikke observerte, eller fikk fanget opp under forsøket med sliping. Siden skinnene allerede er varmet opp gjennom forvarming og sveis, er disse større partiklene også varme fra starten av (trenger ikke kun tilført varme fra slipeprosessen for å gløde). Ved høyere press under sliping, kan det trolig dannes større glødende partikler enn dem vi observerte i Skien.

Et meget uheldig tilfelle kunne ha startet en ulme- eller glødebrann, hvis stort nok antall store glødende partikler samlet seg på et egnet sted. Dette klarte vi ikke å gjenskape i testoppsettet i Skien.

Svakheter med forsøkene i Skien er at det var et annet klima enn på Hallingskeid (luftfuktighet, temperatur, etc.), det var ikke samme vindhastighet og vindeffekter, andre spesielle forhold med hensyn på organisk materiale og eventuelle ukjente konstruksjonsdetaljer i snøoverbygget. Det ble også utført et meget begrenset antall tester, med få muligheter til å variere forsøksforholdene og testoppsett.

Fokuset under forsøket i Skien var på glødende partikler fra slip, men det er flere faktorer som kan utgjøre en brannfare. Det varme avfallet fra sveiseprosessen er en slik faktor. Det er en mulighet for at ikke alt avfallet blir samlet opp på egnet sted. Luftstrømmer dannet av forbipasserende tog kan føre til at det oppstår kontakt mellom brennbar materiale og termitt-rester, og at dette kan ta fyr.

Det er vanskelig å trekke klare konklusjoner ut fra disse testene, men forsøkene har vist at det ikke er enkelt å starte en brann i trevirke med glør fra skinnensveising. Det er imidlertid ikke mulig å utelukke at

skinnesveising kan føre til brann i snøoverbygg, men i slike tilfeller er det sannsynligvis mange faktorer som må virke sammen, slik som hvor store og hvor mange de glødende partiklene er, hvor de havner (i trevirket eller i annet brennbart materiale), vindforhold, temperatur. Det vil være avgjørende at de glødende partiklene treffer steder med gode isolerende forhold, for eksempel i en dyp sprekk i trematerialet. Dette øker tiden som trevirket blir eksponert for gnister og glør med høy temperatur, noe som er meget viktig i denne sammenhengen.

6 Ad-hoc småskålestesting

6.1 Hensikt

Hensikten med å gjennomføre laborietesting i liten skala, var å undersøke mulighetene for at glødende partikler fra skinnesveising kan starte ulmebrann eller glødebrann i tørt trevirke.

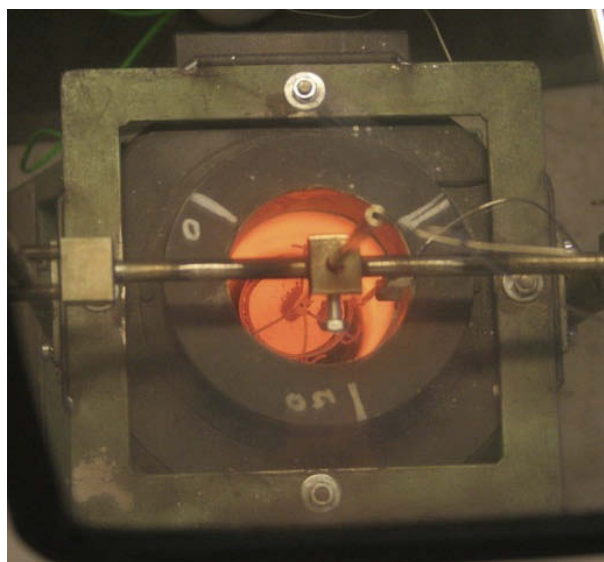
6.2 Metode

Planker fra Hallingskeid ble brukt i alle testene, mens metallpartikler fra Skien, samlet opp fra grovslip 2,7 meter unna togskinnen ble brukt i test nummer 1-3, og partikler fra skinnekutting ble brukt i test nummer 4. Plankene var forhåndskondisjonert i 5 dager i luft ved 23 °C og 50 % luftfuktighet.

Metallpartikler fra skinnesveiseforsøket i Skien ble varmet opp i en ovn ved 760 °C, se Figur 6-1 og Figur 6-2. Denne temperaturen ble brukt fordi det er øvre grense på ovnen som ble brukt i forsøket. Temperaturen på partiklene under skinnesveisingen holdt sannsynligvis høyere temperatur enn dette i startøyeblikket, før de ble avkjølt under spredningen.



Figur 6-1 Tilpasset skål av kalsiumsilikat til oppvarming av metallpartiklene.



Figur 6-2 Oppvarming av metallpartiklene i ovn ved 760 °C.

Metallpartiklene ble varmet opp i 15-20 minutter, før de ble flyttet over til testobjektet, dette tok 20-30 sekunder, se Figur 6-3 og Figur 6-4. I løpet av forflytningstiden kan temperaturen ha falt langt under temperaturen partiklene hadde i ovnen. Vi har ikke målt temperaturen på partiklene verken i ovnen, eller i

testoppsettet. Vi antar imidlertid at den ligger over det som kan være kritisk for antennelse av tørt trevirke (flere hundre grader).



Figur 6-3 Håndtering av oppvarmet materiale.



Figur 6-4 Forsøk nr. 1 (øvre høyre hjørne) og nr. 2 (nedre venstre hjørne).

Det ble gjort 4 forsøk med oppvarmede metallpartikler:

- Test 1: metallpartikler fra sliping ble plassert ned i fire hull (ca 10 mm dype og 3 mm i diameter), Figur 6-4.
- Test 2: metallpartikler fra sliping ble spredt i et bredt hull med sagflis, Figur 6-4.
- Test 3: metallpartikler fra sliping ble spredt i en sprekk med sagflis, Figur 6-5.
- Test 4: metallpartikler fra kutting ble spredt i en sprekk med sagflis, Figur 6-6.



Figur 6-5 Forsøk nr. 3.



Figur 6-6 Nærbilde av forsøk nr. 4.

6.3 Resultater

Ingen av de fire testene ga antennelse.

Test nr. 1 og nr. 3 viste ingen synlige tegn til reaksjon.

Test nr. 2 begynte å produsere røyk, men ingen flamme.

Test nr. 4 viste tegn til svidd underlag, men ingen røyk eller flamme.

6.4 Diskusjon

Styrken til testen er at det er brukt reelle materialer fra skinnesveising og planker fra Hallingskeid. Svakheten med testen er at det ikke er dokumentert hvilken temperatur som er realistisk å bruke, og at worst case scenario med tanke på partikkelstørrelser, temperatur, tørrhet og sprekker i materiale, klima (vind, temperatur) og kombinasjoner av disse ikke er kjent, og dermed sannsynligvis heller ikke oppfylt.

En ulmebrann eller glødebrann er svært vanskelig å gjenskape, hvis sannsynligheten for reaksjon er liten i utgangspunktet.

Testen konkluderer ikke med at det *ikke* er mulig å antenne treverk med glør, men at det må være flere omstendigheter som slår inn på samme tid, hvis det skal være mulig. Dette er i tråd med Babrauskas konklusjon i oversiktsartikkelen om antennelse av trevirke [4], se avsnitt 2. At det ble observert tegn til røykproduksjon og svidd trevirke i to av testene, tyder på at en selvoppholdende forbrenningsprosess kan være mulig under mer optimale forhold. Med optimale forhold mener vi at kombinasjonen av følgende faktorer vil føre til at det oppstår brann i trevirket som vil fortsette av seg selv etter at tilførselen av glødende partikler er stoppet:

- størrelse, antall og temperatur på glødende partikler som treffer brennbart materiale
- hvilket materiale de treffer
- hvor god isolasjonen er der glørne havner
- vindretning og vindstyrke (må gi nok trekk til å øke forbrenningen, men ikke så mye at brantilløpet slokner)

7 Brannsikring av snøoverbygg i tre

7.1 Tre i snøoverbygg

Trevirke er et bygningsmateriale med mange gode egenskaper. Det er lett tilgjengelig, rimelig, lett å bearbeide, og det er lett å modifisere byggverk i ettertid, som å endre på konstruksjonen, eller skifte ut skadet materiale. I tørt høyfjellsklima som på Hardangervidda er det ikke nødvendig å behandle trevirket mot fukt og råte. Det er opplyst at trevirket i snøoverbygget som brant var omlag 50 år gammelt. Ulempen med trevirke er at det brenner godt hvis det tar fyr. Trevirke nær jernbanen vil over tid bli eksponert for kullstøv fra strømvaktakerens kullslepeestykke. Dette gir trevirket en gråbrun overflate, og kan muligens ha betydning for de branntekniske egenskapene til materialet.

Trevirke har en teoretisk forbrenningsvarme på omlag 20 MJ/kg, med litt variasjoner mellom forskjellige treslag. Hvor lett materialet antennes vil avhenge av mange forhold, som beskrevet i avsnitt 2.1.1. Noen av disse forholdene er det vanskelig å kontrollere, mens andre faktorer kan endres og justeres, slik at en konstruksjon i trevirke blir vanskeligere å antenne. Man må også ta stilling til hvilke startbrannscenarier man ønsker å sikre seg mot. Om startbrannen er stor nok, vil alt trevirke brenne relativt godt. Her vil vi ta utgangspunkt i at materialet skal kunne motstå antennelse ved eksponering fra mindre tennkilder, som glør og små flammer. Det vil for eksempel ikke være realistisk at et snøoverbygg i tre vil kunne motstå eksponering fra brann i et tog.

Noen av brannsikringstiltakene må planlegges før snøoverbygget blir satt opp, for eksempel om det skal bygges i spesielle materialer, eller om detaljer i konstruksjonen skal motvirke antennelse. Andre tiltak kan være tildekking eller etterbehandling av trematerialer i eksisterende konstruksjoner.

7.2 Risikoområder i snøoverbygg

Områder som kan bli eksponert for gnister og glør inne i snøoverbygget vil være spesielt utsatt for antennelse. Dette vil gjelde felt i lav høyde som kan eksponeres av gnister fra passerende tog, fra operasjoner under skinnesveising, og som kan utsettes for glødende sigaretter og brennende avfall som folk har kastet fra seg.

Andre risikoområder kan være felt i nærheten av elektriske installasjoner og utstyr som kan produsere gnister. Dette omfatter hovedsakelig oppadvendte horisontale flater og vertikale flater.

Antennelsesrisikoen for den innvendige takoverflaten vurderer vi til å være liten, og behovet for beskyttelse av slike flater, og andre nedadvendte horisontale flater, vil dermed også være lite.

Områder der brennende materiale, gnister og glør kan havne og bli liggende, som er godt isolert mot varmetap, og der trekkforholdene er gunstige, vil også være risikoområder. Vi vurderer sprekker i trematerialer, sprekker og spalter mellom trebord, oppadvendte horisontale flater av trebord og lignende som slike risikoområder. Det er slike områder vi har forsøkt å simulere i testene ved skinnesveisingen i Skien, og i de spesialdesignede laboratorietestene i liten skala. Man bør unngå å skape slike detaljer ved bygging og vedlikehold av snøoverbygg, og man kan vurdere beskyttelse av det som anses som risikoområder.

7.3 Valg av materialer i utsatte deler av konstruksjonen

Ved nybygging av snøoverbygg vil det være hensiktsmessig å vurdere valg av materialene. Om det er mulig, bør man velge trevirke med høy densitet, fordi dette vil være tyngre antennelig enn lette trematerialer. Trevirke av løvtrær, som bjørk og eik, vil ha høyere densitet enn trevirke av gran og furu. Når for eksempel eik tørker, er det sannsynlig at sprekke i overflaten vil bli mindre enn for gran og furu, fordi cellestrukturen er ulik i bartrær og løvtrær.

En annen løsning er å benytte trevirke som er behandlet med brannhemmende tilsetninger. Dette er nærmere omtalt i avsnitt 7.4 under.

Slette treoverflater vil være vanskeligere å antenne enn uhøvlete bord med en mer ru overflate. Derfor kan det være hensiktsmessig å velge materialer med så glatt overflate som mulig. Trevirket vil imidlertid tørke ut og sprekke opp i årenes løp, så inspeksjon av overflatene vil være hensiktsmessig.

7.4 Beskyttelse av utsatte partier

Utsatte partier kan dekkes til med ubrennbare materialer, for eksempel metallplater, som vil gi god beskyttelse mot at gnister og glødende partikler kan havne i risikoområder, som sprekker og spalter i trevirket.

Hele eller deler av snøoverbygget kan eventuelt behandles med flammehemmende tilsetninger. Det finnes flere måter å behandle trevirke på, slik at det blir flammehemmende – i praksis vil det si at trevirket blir tyngre antennelig og får lavere evne til å spre flammer ved en gitt brannekspesjonering. Trevirke kan trykkimpregneres, slik at de flammehemmende kjemikalierne trenger helt eller delvis inn i materialet, eller det kan overflatebehandles (sprøyting, maling). Effekten av flammehemmende tilsetninger kan svekkes over tid på grunn av påkjenninger fra vind og vær, som kan medføre at disse tilsetningsstoffene vaskes ut fra materialet over tid.

Det finnes flere typer kjemikalier som brukes som flammehemmere for trevirke. Disse inkluderer fosforbaserte forbindelser, borforbindelser og polymere brannhemmende forbindelser. Det er vist i forsøk med testing i konkalorimeteret (ISO 5660), at hastigheten for brannutvikling hos furu impregneret med polymerbaserte flammehemmere kan reduseres med opp til 40 % i forhold til ubehandlet trevirke [12]. Det ble også observert at en kombinasjon av impregnering med flammehemmende midler og midler mot skadedyr og sopp reduserte hastigheten på brannutviklingen ytterligere. Tid til antennelse ved varierte med de ulike tilsetningene som var anvendt, men var ikke vesentlig forskjellig fra tid til antennelse for ubehandlet furu. Ved at et branntilløp forblir lite i lengre tid, kan det øke mulighetene for at mennesker i nærheten kan slukke brannen (sveisere, togførere, stasjonsansatte etc).

7.5 Deteksjon og brannvarsling

Tidlig deteksjon av branntilløp og varsling til personer som kan slukke brannen tidlig er et viktig brannsikringstiltak. Detektorene må være tilpasset miljøet de skal fungere i, og være pålitelige og robuste. Det betyr at de må detektere reelle branntilløp med stor sikkerhet, og gi færrest mulig feilalarmer.

Hensikten med brannvarsling i snøoverbygg er todelt:

- Varsle personell som kan slukke brannen.
- Forhindre at tog kjører inn i et snøoverbygg i brann.

Avstanden til dem som mottar alarmen kan være avgjørende for slokkemulighetene. Personer i nærheten kan ha muligheter for å slukke små branntilløp om de blir varslet tidlig nok. Når brannen har blitt stor, kreves det større slukkeinnsats, og da er innsatstiden til nærmeste brannvesen viktig, det vil si tiden fra innsatsstyrken er alarmert til den er i arbeid på skadestedet. Brannvesenets muligheter for rask transport til brannstedet, slukkeutstyr og kompetanse er faktorer som har betydning for slukkeinnsatsen. Dette er forhold som skal inngå i kommunenes ROS-analyse.

I de senere årene er det gjennomført endel utvikling og forskning innenfor systemer for deteksjon av brann i veitunneler. Noen av problemstillingene fra veitunneler vil også være relevant for snøoverbygg, mens noen forhold vil være svært forskjellige for de to bruksområdene. Dette avsnittet gir en kort og prinsipiell oversikt over mulige løsninger for deteksjon av brann i snøoverbygg. Oversikten er i hovedsak basert på informasjon fra Fire Protection Handbook [13]. Kostnader i forbindelse med anskaffelse, montering og vedlikehold er ikke vurdert her.

Mulige deteksjonssystemer i snøoverbygg:

- Kameraovervåking (bilde- eller termokamera)
- Varmedetektorer
- Røykdetektorer
- Flammedetektorer (UV eller IR)

Kameraovervåking

Bildene fra kameraet kan overvåkes av operatør, eller automatisk ved at data analyseres av et pålitelig system for bildeanalyse. Kameraovervåking brukes ofte i veitunneler.

Fordeler:

- Det kan være enkelt å avgjøre tidlig om det er et branntilløp ut fra bilder og automatisk bildeanalyse.

Ulemper:

- Hvert kamera kan overvåke et begrenset område i overbygget.
- Kamera vil være utsatt for påvirkning av støv og smuss og klimaforhold (fukt, kulde).

Lineære varmedetektorer

For et snøoverbygg vil en linjedetektor være mest aktuell, det vil si at temperaturforandringer detekteres i hele overbyggets lengde. Det finnes ulike typer linjedetektorer som er basert på ulike prinsipper; disse kan beskrives som elektriske kabler, fiberoptiske kabler, termoelementkabler og gassfylte kabler.

Fordeler:

- Kan detektere varmeutvikling i hele overbyggets lengde.
- Relativt enkel å montere.

Ulemper:

- Tendenser til sen respons.
- Tendenser til feilalarmer.

Røykdetektorer

Snøoverbyggene har stor høyde under taket, stort volum, og stor naturlig ventilasjon gjennom begge åpningene, samt gjennom glisne veggkonstruksjoner. Dette vil føre til at røyk fra et branntilløp vil tynnes effektivt ut, og det vil ta lang tid før en røykdetektor eventuelt reagerer. Togtrafikk vil føre til spredning av støv og andre partikler i luften i overbyggene, noe som kan føre til feilalarmer. Vi anser derfor ikke røykdetektorer som egnet til branndeteksjon i snøoverbygg.

Flammedetektorer

Flammedetektorer kan være basert på måling av lys i UV- eller IR-området. Det finnes løsninger som forhindrer feilalarmer på grunn av sollys eller andre kjente lyskilder.

Fordeler:

- Det kan være enkelt å avgjøre tidlig om det er et branntilløp.
- Få feilalarmer.
- Detektorene har relativt lang rekkevidde (det angis 25 m).

Ulemper:

- Krever overvåking av operatør, eller at data analyseres av et pålitelig bildebehandlingssystem.
- Hver detektor kan overvåke et begrenset område i overbygget dersom det er hindringer i siktefeltet, eller overbygget følger en sving.
- Detektor vil være utsatt for påvirkning av støv og smuss og klimaforhold (fukt, kulde).

Av de ulike detektortypene nevnt over, anser vi flammedetektorer som best egnet i snøoverbygg, og gjerne i kombinasjon med kameraovervåking. Aktuelle produkter må da vurderes med tanke på dette spesielle bruksområdet. Det kan være aktuelt å prøve ut ulike løsninger (produsent, måleprinsipp, plassering, deteksjon av aktuelle brannscenarier) før det tas en endelig avgjørelse.

Referanser

- [1] Statens Havarikommisjon for Transport (2011): Foreløpig rapport med varsel om sikkerhetskritiske forhold. Alvorlig jernbaneulykke Hallingskeid 16.06.2011 Tog 62. Lillestrøm, 06.07.2011.
www.aibn.no/Jernbane/Rapporter
- [2] ISO 5660-1:2002, Reaction to fire tests – Heat release, smoke production and mass loss rate – Part 1: Heat release rate (cone calorimeter method). International standardization Organization, Geneve, Sveits.
- [3] ISO 5660-2:2002, Reaction to fire tests – Heat release, smoke production and mass loss rate – Part 2: Smoke production rate (dynamic measurement). International standardization Organization, Geneve, Sveits.
- [4] Babrauskas V (2002): Ignition of Wood: A Review of the State of the Art Journal of Fire Protection Engineering 2002 12: 163
- [5] Harada T (2001): Time to Ignition, Heat Release Rate and Fire Endurance Time of Wood in Cone Calorimeter Test. Fire Mater. 25, 161–167.
- [6] Kollegiet for brannfaglig terminologi: Faguttrykk på nett. www.kbt.no (november 2011).
- [7] Dowling, VP (1994): Ignition of Timber Bridges in Bushfires. Fire Safety Journal 22 (1994) pp 145-168.
- [8] Krause U, Schmidt M (2000): Propagation of smouldering in dust deposits caused by glowing nests or embedded hot bodies. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 13 (2000) 319-326.
- [9] Manzello SL, Park S-H, Cleary TG (2009): Investigation on the ability of glowing firebrands deposited within crevices to ignite common building materials. *Fire Safety Journal* 44 (2009) 894-900.
- [10] Manzello SL, Cleary TG, Shields JR, Yang JC (2006): On ignition of fuel beds by firebrands. *Fire and Materials* 2006; 30;77-87.
- [11] Manzello SL, Suzuki S, Himoto K (2011): Summary of Workshop for Urban and Wildland-Urban Interface (WUI) Fires: A Workshop to Explore Future Japan/USA Research Collaborations. NIST Special Publication 1128
- [12] Marney D. C. O., Russell JL, Mann R (2008): Fire performance of wood (*Pinus radiata*) treated with fire retardants and a wood preservative. *Fire and Materials* 2008; 32:357–370
- [13] Bendelius AG (2008): Road Tunnels and Bridges. section 21, chapter 11 in *Fire Protection Handbook*, 20th Edition, Volume II. ISBN 0-87765-758-3. National Fire Protection Association, Massachusetts, USA.

Vedlegg A: Resultater fra brannteknisk prøving i henhold til ISO 5660 (konkalorimeteret)

Tid til antennelse

Tabell A1 Antennelsestid for kondisjonert planke ved test ved ulike strålingsnivåer.

Varmefluksnivå [kW/m ²]	Tid til antennelse[s]	
	Forsøk 1	Forsøk 2
12	Ingen antennelse etter 1200 s	Ingen antennelse etter 1200 s
20	148	175
25	67	71
35	35	35
50		

Tabell A2 Antennelsestid tørket planke ved test ved ulike strålingsnivåer.

Varmefluksnivå [kW/m ²]	Tid til antennelse [s]	
	Forsøk 1	Forsøk 2
25	- ^{*)}	58
35	23	26
50	12	13

^{*)} Gnister ikke brukt

Tabell A3 Antennelsestid kondisjonert bjelke ved test ved ulike strålingsnivåer.

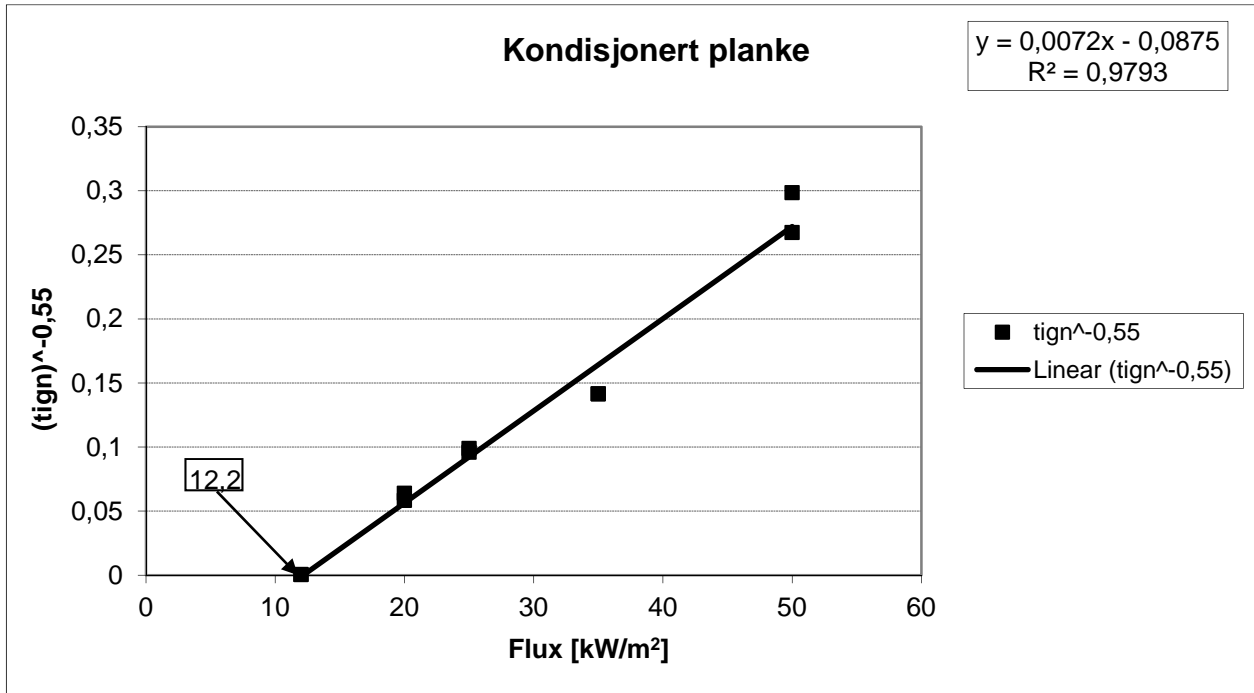
Varmefluksnivå [kW/m ²]	Tid til antennelse [s]	
	Forsøk 1	Forsøk 2
25	56	41
35	27	24
50	15	13

Tabell A4 Antennelsestid tørket bjelke ved test ved ulike strålingsnivåer.

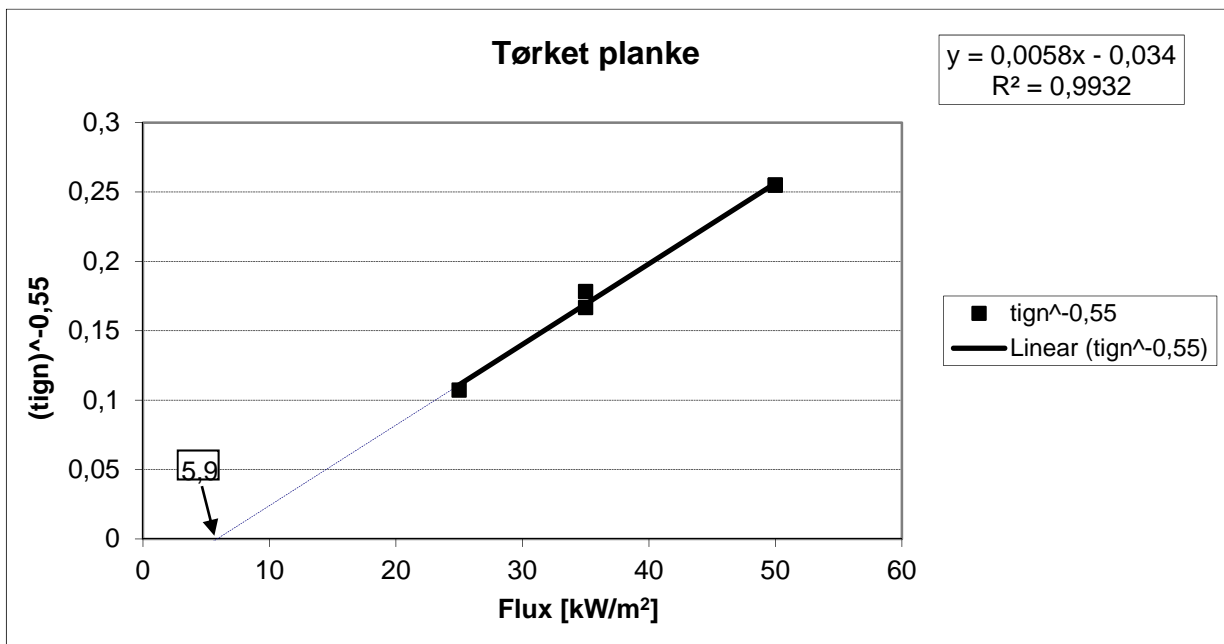
Varmefluksnivå [kW/m ²]	Tid til antennelse [s]	
	Forsøk 1	Forsøk 2
25	?	45
35	22	30
50	10	7

Kritisk varmefluks

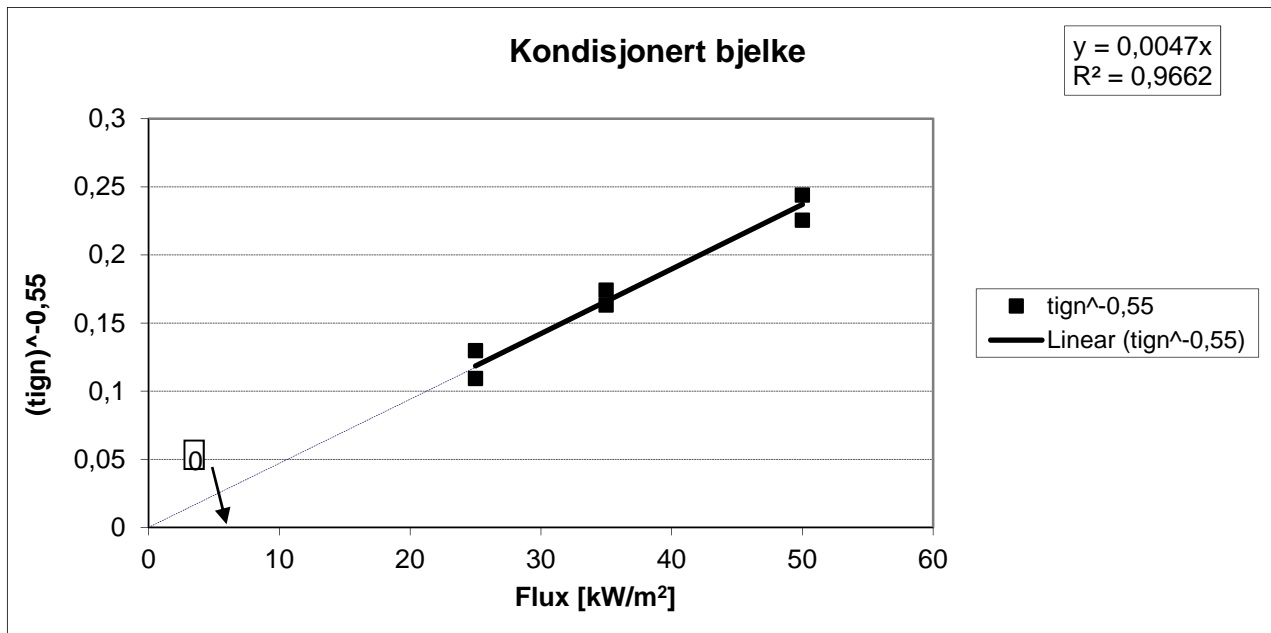
Med referanse til teordiskusjonen i avsnitt 2.1.2 presenteres her tid til antennelse opphøyd i en faktor på -0,55 som funksjon av varmestrålingsfluksen for de ulike forsøksseriene.



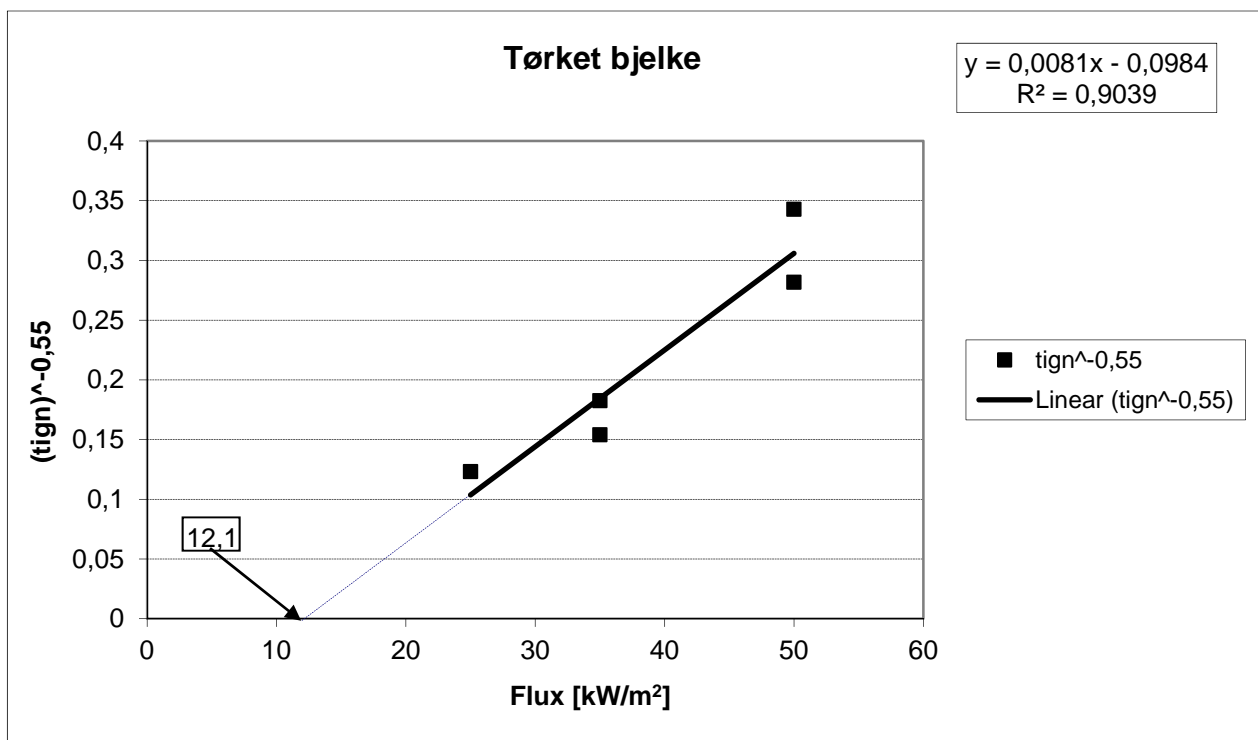
Figur A1 Kritisk fluks kondisjonert planke, 12,2 kW/m².



Figur A2 Kritisk fluks tørket planke, 5,9 kW/m².



Figur A3 Kritisk fluks kondisjonert bjelke, 0 kW/m².



Figur A4 Kritisk fluks tørket bjelke, 12,1 kW/m².

Resultater fra et fullstendig enkeltforsøk i henhold til ISO 5660

Som et eksempel på resultater fra et fullstendig enkeltforsøk iht. ISO 5660-1 (varmeavgivelseshastighet) og ISO 5660-2 (røykproduksjon), viser Tabell A1 resultater for kondisjonert planke fra Hallingskeid, testet ved varmestrålingsnivå 50 kW/m^2 . Varigheten av testen var 1535 s.

Tabell A1 Resultater fra testing av kondisjonert planke ved testing i henhold til ISO 5660-1 og -2, ved varmestrålingsnivå 50 kW/m^2 .

Varmestrålingsnivå fra kon	[kW/m ²]	50
Prøvestykkets tykkelse	[mm]	22,3
Eksponert overflateareal	[m ²]	0,0088
Prøvestykkets tetthet	[kg/m ³]	407,6
Prøvestykkets flatetetthet	[kg/m ²]	9,1
Tid til antennelse	[s]	11
Tid til slokking	[s]	1051
Varighet av prøving	[s]	1535
Prøvestykkets opprinnelige masse	[g]	90,9
Masse ved antennelse, ms	[g]	89,5
Masse ved slutt av test, mf	[g]	13,5
Totalt massetap	[%]	85,1
Total varmeavgivelse	[MJ/m ²]	117,0
Maksimal varmeavgivelseshastighet	[kW/m ²]	137
Tid til maksimal varmeavgivelseshastighet	[s]	40
Effektiv forbrenningsvarme	[MJ/kg]	13,4
Total røykproduksjon ikke-flammende fase	[m ² /m ²]	5,1
Total røykproduksjon flammende fase	[m ² /m ²]	35,3
Total røykproduksjon	[m ² /m ²]	40,4
Maksimal hastighet for røykproduksjon	[m ² /m ² s]	1,41
CO ₂ produksjon	[kg/kg]	1,48
CO -produksjon	[kg/kg]	0,0108
Filnavn ("rådata")		111114P6

Kurve over varmeavgivelse som funksjon av tid for samme prøveobjekt er vist i avsnitt 4.3.3, sammen med varmeavgivelsen fra en tilsvarende prøving av sponplate.



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no