

RAPPORT

VEI 2010/04



RAPPORT OM MØTEULYKKE MELLOM VOGNTOG OG TO PERSONBILER PÅ E16 I FLÅM 14. NOVEMBER 2007



English summary included

Statens havarikommisjon for transport (SHT) har utarbeidet denne rapporten utelukkende i den hensikt å forbedre trafiksikkerheten. Formålet med undersøkelsene er å identifisere feil og mangler som kan svekke trafiksikkerheten, 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.

INNHOLDSFORTEGNELSE

MELDING OM ULYKKEN	3
SAMMENDRAG.....	3
ENGLISH SUMMARY	4
1. FAKTISKE OPPLYSNINGER	5
1.1 Hendelsesforløp	5
1.2 Personskader	7
1.3 Skader på kjøretøy	8
1.4 Andre skader	9
1.5 Ulykkesstedet	9
1.6 Trafikanter.....	11
1.7 Kjøretøy og last.....	12
1.8 Vær- og føreforhold	14
1.9 Vei- og trafikkforhold	19
1.10 Drift og vedlikehold av vei	21
1.11 Tekniske registreringssystemer.....	25
1.12 Medisinske forhold	25
1.13 Overlevelsesaspekter.....	26
1.14 Spesielle undersøkelser	27
1.15 Andre opplysninger.....	29
2. ANALYSE.....	31
2.1 Innledning	31
2.2 Vurdering av hendelsesforløpet	32
2.3 Føreforhold og meteorologi	33
2.4 Trekkbilens dekkutrustning og kjøreegenskaper	33
2.5 Vogntogførerens kjøreatferd	34
2.6 Transportfirmaets rutiner	34
2.7 Veiplanlegging	34
2.8 Drifts- og vedlikeholdstiltak i forkant av ulykken	35
2.9 Identifisering av kritiske punkter	35
2.10 Meteorologisk beslutningsstøtte	36
2.11 Funksjonskontrakten for drift og vedlikehold.....	36
2.12 VTS - oppfølging av trafikantmeldinger.....	38
2.13 Skadestedtid.....	39
3. KONKLUSJON	39
3.1 Operative og tekniske faktorer	40
3.2 Basisfaktorer	40
3.3 Rotfaktorer – mangelfull styring.....	41
3.4 Andre undersøkelsesresultater	41
4. SIKKERHETSTILRÅDINGER	43
VEDLEGG.....	45

RAPPORT OM VEITRAFIKKULYKKE

Dato og tidspunkt:	14. november 2007 kl. 1347	
Ulykkessted:	Flåm i Aurland kommune, Sogn og Fjordane	
Veinr, hovedparsell (hp), km:	E16, hp 07, km 1,814 - 1,986	
Ulykkestype:	Møteulykke i kurve	
Kjøretøy type og kombinasjon:	Trekkbil Scania R500 2005-mod, reg. AJ 61076 med semitrailer HFR 2003-mod, reg. AH 6781	2 personbiler: Ford Focus 2006-mod og Ford Mondeo 2007 mod.
Type transport:	Godstransport, løyvepliktig	Privat persontransport

MELDING OM ULYKKEN

Statens havarikommisjon for transport (SHT) ble varslet av politiet i Sogn og Fjordane politidistrikt etter ulykken den 14. november 2007. Politiet opplyste at et vogntog hadde fått sleng på glatt føre og at to personbiler var involvert. En representant fra SHT reiste til ulykkesstedet dagen etter for å delta i undersøkelse av kjøretøyene sammen med ulykkesgruppen i Statens vegvesen Sogn distrikt. SHT befarte ulykkesstedet og gjennomførte samtaler med Statens vegvesen og entreprenøren Mesta 28. og 29. november 2007.

SAMMENDRAG

Vogntoget kjørte som nummer to i en rekke med tre vogntog østover på E16 den 14. november 2007. Da vogntoget kjørte inn på Brekke bru i Flåm i en hastighet på ca. 80 km/t, mistet trekkbilen veigrepet på drivhjulene. Dette førte til at trekkbilen skrenset og roterte mot venstre over i motgående kjørefelt. To personbiler som kjørte vestover på brua hadde ikke mulighet for å unngå kollisjon med vogntoget. Det siste vogntoget i rekken fikk stoppet i tide. En person omkom, og tre personer ble alvorlig skadet i ulykken. Ytterligere tre personer ble lettere skadet.

På ulykkestidspunktet var det tilsynelatende tørr veibane, men likevel glatt på brua. Avsatt rim, som følge av underkjøling av brua, hadde blitt omformet til "svart is" av trafikken. "Svart is" er krevende for trafikantene fordi det gir en særlig glatt veibane som er vanskelig å oppdage. Sannsynligvis begynte rimdannelsen på brua om ettermiddagen dagen før ulykken.

Det er sannsynliggjort at bruk av tilleggsbrems (retarder) på trekkbilens drivhjul bidro til at skrensen oppstod. Dekkene til trekkbilen hadde dårligere friksjonsegenskaper enn nye vinterdekk som følge av at seipingen var slitt bort. I tillegg var ikke vogntogføreren tilført tilstrekkelig kompetanse da han manglet opplæring i kjøring under vanskelige kjøreforhold, og ikke hadde fullstendig klarhet i retarderens virkemåte og faremomentene ved bruk av denne på glatt føre. SHT mener at disse forholdene reduserte sikkerhetsmarginene på ulykkestidspunktet.

SHT mener at veiens kurvatur og fall mot brua stiller ekstra krav til gode og forutsigbare friksjonsforhold. Statens vegvesen hadde ikke tatt tilstrekkelig hensyn til dette ved planlegging og utforming av brua over Flåmsdalen. Brekke bru var heller ikke definert som et kritisk punkt i funksjonskontrakten for drift og vedlikehold, selv om det var lokalt kjent at brua var utsatt for

rimdannelse. Det var ingen værstasjon som registrerte temperatur og fuktighet på brua. Mesta hadde ikke inspisert veien i Flåm ulykkesdagen eller dagen i forveien, og vurderte tilgjengelig informasjon om vær og føre til at det ikke var behov for salting. SHT mener derfor at entreprenørens rutiner ikke var tilstrekkelige.

Vegtrafikksentralen (VTS) Region vest ble varslet av trafikanter om glatt vei på brua i Flåm i forkant av ulykken. Kun en melding ble loggført, men innholdet ble ikke betraktet som særlig trafikkfarlig eller tidskritisk av VTS. Dermed ble ikke informasjonen videreformidlet til entreprenør eller byggherre. Vurderingen av innmeldingene var i samsvar med lokal varslingsrutine og overordnede føringer til vegtrafikksentralene. SHT mener at uventet glatt vei på ei bru uten at det er kommet nedbør i området, må betraktes som en klar indikasjon på isdannelse under de rådende værforhold med underkjøling av brua.

Med bakgrunn i denne undersøkelsen fremmer SHT totalt fire sikkerhetstilrådinger.

ENGLISH SUMMARY

The heavy-goods vehicle was number two in a convoy of three similar vehicles driving eastwards on the main E16 road on 14 November 2007. When the heavy-goods vehicle moved onto the Brekke bridge in Flåm at a speed of approximately 80 km/h, the tyres on the tractor's drive wheels lost their grip on the road. This caused the tractor to skid and swerve to the left into the oncoming traffic lane. Two private cars travelling westwards on the bridge had no chance of avoiding a collision with the heavy-goods vehicle. The rearmost heavy-goods vehicle in the convoy managed to stop in time. One person died, and three were seriously injured in the accident. Three other people suffered minor injuries.

At the time of the accident, the road surface was seemingly dry, but the bridge was slippery nevertheless. Hoar frost, deposited as a result of the supercooling of the bridge, had been turned into 'black ice' by the passing traffic. 'Black ice' is a challenge to road users because it is not apparent that the road surface is extremely slippery. The formation of hoar frost on the bridge probably started in the afternoon on the day before the accident occurred.

It is probable that use of the retarder on the tractor's drive wheels was a contributory cause to the skidding. The non-skid quality of the tractor's tyres was inferior to that of new winter tyres, due to the fact that the siping had worn away. Furthermore, the driver lacked the required expertise as he had no training in driving under difficult conditions, and was not entirely familiar with how the retarder worked or with the risks involved in use of the retarder on a slippery road surface. The AIBN believes that these conditions reduced the safety margins at the time of the accident.

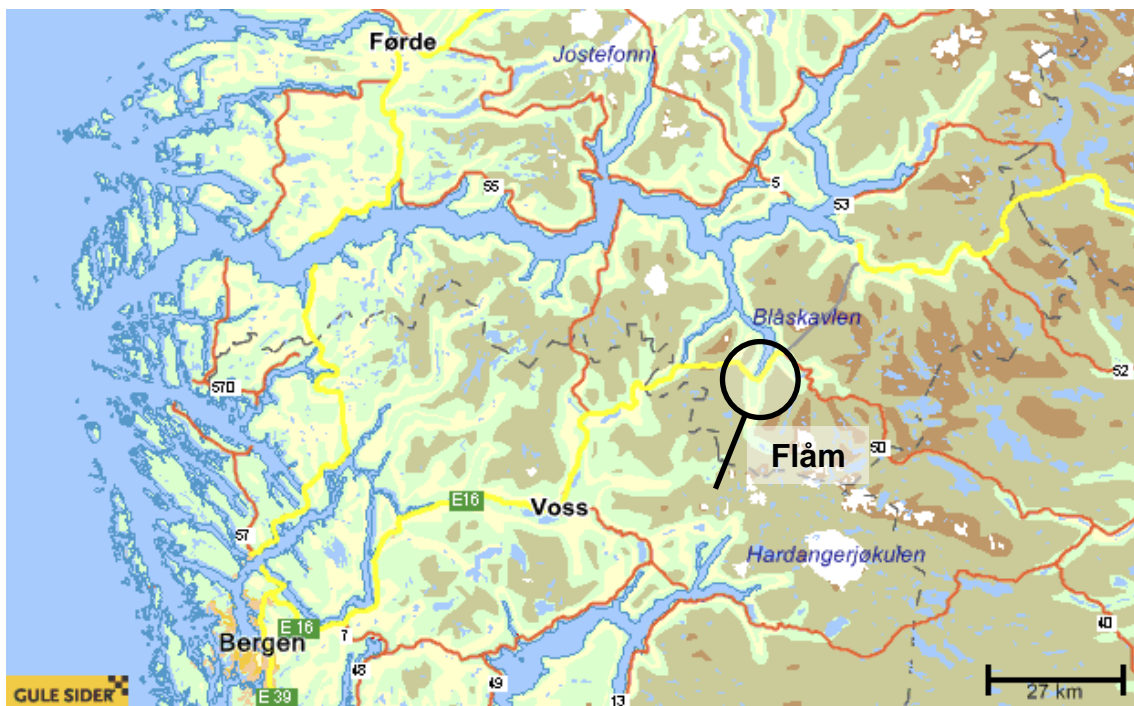
The AIBN believes that the curvature and decline of the road towards the bridge impose extra requirements for good and predictable friction conditions. This was not taken sufficiently into account when the Norwegian Public Roads Administration planned and designed the bridge across the Flåmsdalen valley. Nor had Brekke Bridge been defined as a critical point in the operation and maintenance contract, even though it was known locally that there was a risk of frost formation on the bridge. There was no weather station for registration of temperature and humidity on the bridge. The contractor Mesta had not inspected the road in Flåm on the day of the accident or on the preceding day, and considered that the available information about the weather and road conditions did not warrant salting the road surface. The AIBN therefore believes that the contractor's routines were insufficient.

The Road User Information Centre (VTS) Region West had been notified by road users of the slippery road surface on the bridge in Flåm prior to the accident. Only one call was logged and the VTS did not consider that the information provided constituted a danger to traffic or was time-critical in any way. The information was therefore not passed on to the contractor or owner. The above assessments were in accordance with local notification procedures and overriding guidelines for the VTS information centres. In the AIBN's view, an unexpectedly slippery road surface on a bridge when there has been no precipitation in the area must be seen as a clear indication of ice formation under the prevailing weather conditions with supercooling of the bridge.

On the basis of this investigation, the AIBN proposes a total of four safety recommendations.

1. FAKTISKE OPPLYSNINGER

1.1 Hendelsesforløp



Figur 1: Oversiktskart.

En Scania trekkbil med semitrailer og ca. 2500 kg tomemballasje kom kjørende østover på E16 fra Bergen i retning Oslo den 14. november 2007. Vogntoget, fra transportfirmaet Jørn Pedersen Transport AS, kjørte som nummer to i en rekke på tre vogntog. I bakken ned fra Flenjatunnelen mot Flåm i Aurland kommune kjørte vogntogene i følge med ca. 4 sekunders avstander i rundt 80 km/t. Fartsskriveren til ulykkesvogntoget viser at det holdt tilnærmet konstant hastighet ned mot Brekke bru. Videobilder fra et overvåkingskamera¹ viser at både vogntoget foran og bak ulykkesvogntoget hadde redusert hastigheten med ca. 6-8 km/t ca. 150 m før de kjørte ut på brua.

Umiddelbart etter at vogntoget (nummer to i rekken) kjørte inn på Brekke bru fikk trekkbilen skrens og roterte til venstre over i motgående kjørefelt. En Ford Focus personbil, som kom kjørende vestover på brua, kolliderte med fremste del av trekkbilen

¹ Plassert ved kaianlegget i Flåm og eid av Aurland Havnevesen KF.

som da var på tvers av kjøreretningen og dekket store deler av kjørebanelen. Trekkbilen roterte videre inntil hytta slo inn i siden på hengeren. Vogntoget skjøv med seg personbilen i sin kjøreretning noen meter før en Ford Mondeo personbil i retning vestover kolliderte med den første personbilen bakfra på venstre side. Dette gjorde at begge personbilene kilte seg mellom brurekkverket og vogntoget, og ble stående i kjørebanelen på brua. Vogntoget fortsatte ca. 30 meter før det stoppet i eget kjørefelt. Det siste vogntoget i rekken fikk stoppet 140 m ut på brua, ved siden av de to involverte personbilene.

En person omkom og ytterligere seks personer ble skadet, tre av dem alvorlig.



Figur 2: Kart over ulykkesstedet i Flåm. (Kilde: sognekart.no)



Figur 3: Kjøretøyene der de ble stående på brua etter ulykken. Bildet er tatt ca. 5 min. etter ulykken. Dette bildet viser også hvor det tredje vogntoget i rekken stoppet. (Foto: Bergens Tidende)



Figur 4: Ulykkesstedet etter at redningsarbeidet er påbegynt. Bildet viser rimdannelse i kjørebanelen. (Foto: Arne Veum)

1.2 Personskader

Passasjeren i Focus omkom i kollisjonen. Føreren av Focus fikk alvorlige og varige hode- og lungeskader, og måtte amputere deler av det ene beinet. Føreren av vogntoget fikk alvorlige skader med brist i nakkevirvler. Føreren av Mondeo ble påført alvorlige skader i bryst, skulder og nakke. Passasjerene i Mondeo fikk lettere skader i ulykken.

Tabell 1: Personskader.

Skader	Fører	Passasjerer	Andre	Totalt
Omkommet		1		1
Alvorlig	3			3
Lett		3		3
Ingen				

1.3 Skader på kjøretøy

1.3.1 Vogntoget

Trekkbilen fikk store skader i front på høyre side foran framhjulet etter sammenstøt med Focus. Det er registrert mindre skader på førerhyttas venstre side og semitrailer etter trekkbilens rotasjon og sammenstøt med tilhenger. Semitrailer fikk også skader på underkjøringshinder bak etter berøring av brurekkverket. Førerhytta løsnet fra festene til undervognen i kollisjonen.



Figur 5: Skader i front på Scania trekkbil.

1.3.2 Personbilene

Hele fronten og deler av taket på Focus fikk store skader etter kollisjonen med trekkbilen da denne sto omtrent på tvers av kjøreretningen. Det var avsatt lakkrester etter trekkbil i framdelen av taket på Focus. Høyre side på Focus hadde store skader etter sammenstøt med Mondeo. Det var ikke overlevelsesrom på passasjerplassen foran i Focus, og noe begrenset overlevelsesrom på førerplass. Venstre side på Focus hadde avsatte spor etter dekkene fra trekkbilen.

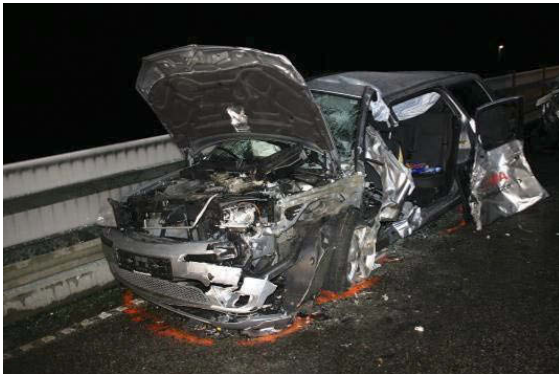
Mondeo fikk store skader langs venstre side etter kollisjon med Focus. Kupérommet på førerplass i Mondeo var redusert ved innpress fra siden, samt deformasjon av takkonstruksjonen. Det var skader og merker etter rekkverk på høyre side av Mondeo.



Figur 6: Store skader i front på Focus. Taket er klippet opp etter ulykken (foto: Statens vegvesen).



Figur 7: Massivt innpress på høyre side på Focus.



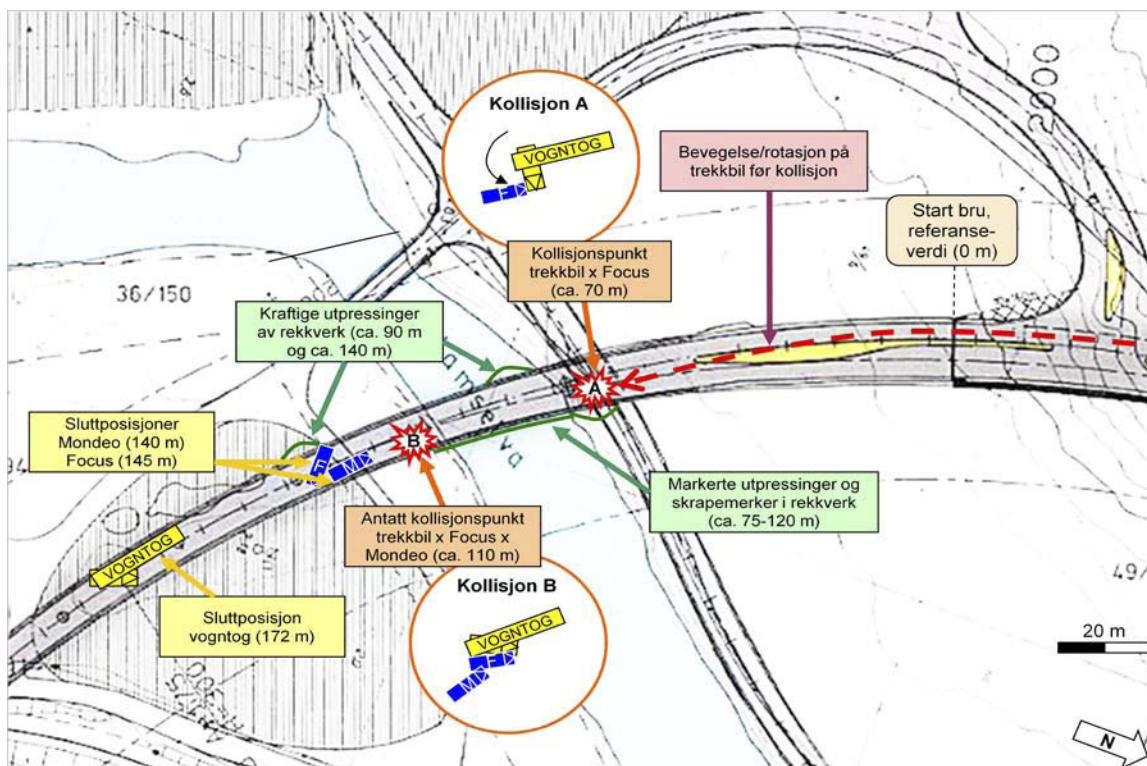
Figur 8: Skader på venstre side og ved førerplass på Mondeo. (foto: Statens vegvesen).

1.4 Andre skader

Skader på brurekkverk og innfestingen av rekkverket i brua.

1.5 Ulykkesstedet

I følge politiet ble det ikke funnet bremsespor eller andre spor etter involverte kjøretøy i veibanen. Imidlertid viser bildet i figur 4 spor avsatt på tvers av kjøreretningen over det gule sperrefeltet. Rekkverket på begge sider av brua hadde synlige spor etter sammenstøt med kjøretøy.



Figur 9: Kartskisse over ulykkesstedet med kjøretøyenes treffpunkter og sluttposisjoner.



Figur 10: Oversikt over ulykkesstedet som viser kjøretøyenes sluttposisjoner. (Foto: Bergensavisa)

1.6 Trafikanter

1.6.1 Trafikantene i personbilene

Tabell 2: Trafikantene i personbilene.

	Kjønn	Alder	Fører kortklasser	Fører kort utstedt 1. gang
Føreren av Ford Focus	Mann	70 år	ABEMST	1960
Passasjer foran i Ford Focus	Kvinne	69 år	Ikke relevant	
Føreren av Ford Mondeo	Mann	41 år	BCMST	1984
Passasjer foran i Ford Mondeo	Kvinne	37 år	Ikke relevant	
Passasjer bak i Ford Mondeo	Kvinne	8 år	Ikke relevant	
Passasjer bak i Ford Mondeo	Mann	6 år	Ikke relevant	

1.6.2 Føreren av vogntoget

Føreren av vogntoget var svensk statsborger, mann 21 år, med førerkort i klasse ABCEDE. Føreren fikk førerkort for vogntog 20. jan. 2007 (10 mnd. før ulykken) med 10 års gyldighet. Deler av føreropplæringen ble foretatt på vinterføre, men han hadde ikke gjennomført spesiell opplæring under vanskelige føreforhold da det ikke er krav til dette i Sverige. Føreren har i samtale med SHT fortalt at han hadde kjørt en del på glatt føre, men han hadde ikke tidligere opplevd å få slipp på hjulene.

Føreren hadde vært fast ansatt i transportfirmaet Jørn Pedersen Transport AS i Askim i 10 måneder. Han hadde kjørt fast den aktuelle ruten mellom Askim og Bergen i 7-8 måneder tre dager i uka, og ulykken skjedde på den andre turen i løpet av denne arbeidsuka. Han kjørte tomemballasje og hadde derfor ikke tidspress ulykkesdagen. Føreren har fortalt at han følte seg uthvilt.

Han kjørte vestover forbi ulykkesstedet kvelden i forveien, mellom kl. 2300 og 0030, og opplevde da at det var noen glatte partier på veien. Vogntoget var losset kvelden i forveien, og han var klar for å kjøre fra Bergen i 11-12 tiden den 14. nov. Han registrerte da at været var noe mildere. Han opplevde ikke ulykkesdagen som annerledes enn dagene tidligere med hensyn til føre, men han har fortalt at han var forberedt på at det kunne være glatt.

I samtale med SHT ga føreren uttrykk for usikkerhet knyttet til retarderens virkemåte og faremomentene ved bruk av denne på glatt føre. Han trodde at han kjørte i sjetten gir lav splitt fra tunnelen og ned til brua. Da trekkbilen mistet veigrepet forsøkte han å styre mot høyre og bremse lett med fotbremsen, men greide ikke å gjenvinne kontrollen over kjøretøyet.

Føreren hadde ikke noe å utsette på bilens dekk og tekniske stand. Han hadde kjørt samme bil siden starten i Jørn Pedersen Transport AS. I følge leder av firmaet fikk føreren av ulykkesvogntoget en innføring i kjøringen på denne ruta ved at han satt på med

firmaleder de tre første turene. Utover dette hadde ikke føreren fått nærmere opplæring spesielt for denne bilen. SHT har fått opplyst at Jørn Pedersen Transport AS ikke lenger er i virksomhet.

1.6.3 Andre trafikanter

Alle tre vogntogene som kjørte etter hverandre østover på E16 hadde også kjørt der kvelden i forveien. Førerne av det første og siste vogntoget fortalte SHT at deres trekkbiler hadde nye, vinterseipede vinterdekk uten pigger. Føreren av det første vogntoget fortalte til SHT at han hadde registrert en utetemperatur på rundt -5 °C, og så frostros i veibanen før brua. Han fikk en "ekkel følelse" og økte aktsomheten. Han la vogntoget inn mot midtlinjen og styrte over brua uten å bremse.

Føreren av det siste vogntoget har i samtale med SHT fortalt at han opplevde at brua var glatt kvelden før, og roet ned før han kjørte ut på brua. Da han så at trekkbilen i vogntoget foran seg rotere mot venstre, begynte han å bremse. Han anslår at sitt kjøretøy på det tidspunktet var på høyde med krysset. Han merket at bremsene tok tak, før virkningen omtrent forsvant ute på brua. Føreren greide å stoppe vogntoget oppe på siden av de to personbilene i eget kjørefelt, og unngikk dermed å bli direkte involvert i ulykken.

1.7 **Kjøretøy og last**

1.7.1 Vogntoget

Vogntoget besto av en Scania trekkbil 2005-modell og en HFR semitrailer 2003-modell. Semitraileren var lastet med 2500 kg tomemballasje som ga en samlet kjøretøyvekt på ca. 21 tonn. Vogntoget tilhørte Jørn Pedersen Transport AS i Askim. Det ble ikke funnet tekniske feil eller mangler ved trekkbil eller semitrailer som kunne hatt betydning for ulykken.

Både trekkbil og semitrailer var utstyrt med ABS-bremser, men det var ikke montert ESP² på disse. Trekkbilen kjørte med hevet løpeaksel, og hadde en akselavstand på 2,90 meter mellom foraksel og drivaksel. Dette er ca. 30 cm kortere enn det som er vanlig for trekkbiler av denne type. Svingskivens senter var plassert 0,40 meter bak drivakselens senter.

1.7.1.1 *Dekkutrustning*

Samtlige dekk på trekkbilen var merket M+S og tilfredsstilte krav til vinterdekk (minimum 3 mm mønsterdybde) gitt i forskrift 25. jan. 1990 nr. 92 om bruk av kjøretøy.

På boggiens driv- og løpeaksel var det montert dekk av type Michelin XDN 295/80R22,5. Dette er et dekk som i følge Michelin er laget for bruk på kjøretøy som krever bra snøgrep og vinterregenskaper, og er utformet for bruk på drivakslar. Dekkene på driv- og løpeakslene var over halvveis slitte. Mønsterdybden ble målt til ca. 9 mm, mens mønsterdybde for nye dekk er 21 mm. Seipingen i dekkene finnes i den ytterste halvparten av mønsterdybden. I følge dekkprodusenten Continental er seiping i dekkmønsteret viktig for veigrepet på snø og is.

² Elektronisk Stabilitets Program

På forakselen var det montert dekk av type Continental HSW 385/65R22,5. Dette dekket er konstruert for bruk på vinterføre, og er beregnet for styrende hjul. SHT har fått opplyst av transportfirmaet at dekkene på styrende aksel var nye, men målingene Statens vegvesen gjorde etter ulykken viste at forhjulene hadde en mønsterdybde på 9 mm.

Jørn Pedersen Transport AS har opplyst til SHT at nye vinterdekk til drivakselen var innkjøpt og sto klare for omlegging til bilen på ulykkestidspunktet.



Figur 11: Dekkutrøstning styrende hjul: Continental HSW 385/65R22,5 M+S 9 mm mønster.



Figur 12: Dekkutrøstning drivhjul: Michelin X XDN 295/80R22,5 M+S 9 mm mønster.

1.7.1.2 Retarder

Ved den tekniske kontrollen etter ulykken ble det konstatert at retarderhendelen på rattstammen sto i trinn 1 (av 5), med autofunksjon avslått. I tillegg sto betjeningsbryteren for eksosbrems på. Retarder og eksosbrems og er tilleggsbrems som kun gir bremsevirkning ut på drivhjulene, i motsetning til vogntogets ordinære hjulbremssystem som optimaliserer bremsevirkningen til alle hjulene. Retarderen anvendes til langvarige innbremsinger slik at hjulbremsene spares til kortvarige innbremsinger. Følgende siteres fra Scania Norges nettside vedrørende retarder:

”Scania Retarder virker sammen med konstantfartsholderen, eksosbremsen og hjulbremsene for å gi total hastighetskontroll ved at du trykker på en knapp eller trykker lett på bremsepedalen.

Retarderen er fullstendig integrert med konstantfartsholderen, driftsbremsene og eksosbremsen under kjøring, og et kjøretøy med Scania Retarder har automatisk hastighetskontroll oppover og nedover bakkene.

Retarderbremsingen blir enten startet med et lett trykk på bremsepedalen, eller den blir kontrollert manuelt med spaken på rattstammen. Forskjellen mellom marsjart og fart nedoverbakke kan angis i små trinn med en knapp på rattet.

Når retarderen blir stilt inn til å samarbeide automatisk med eksosbremsen og driftsbremsene, blir bruken av driftsbremsene redusert med opptil 75 %, og slitasjen på bremsene minimeres.”

Med autofunksjonen avslått er imidlertid konstantfartsholderen ikke aktivert. Eksosbremsen vil da først virke sammen med retarderen når denne settes i det høyeste trinnet (trinn 5). I følge Scania vil retarder i trinn 1 med autofunksjon av, gi et bremsemoment på drivhjulene på 2900-4400 Nm når gasspådraget slippes.

Bruk av retarder er beskrevet i bilens førerhåndbok. I håndboka oppfordres det til å bruke tilleggsbrems med konstantfartsholder i lange nedoverbakker. Samtidig advares det mot å bruke tilleggsbrems på glatt føre. Følgende siteres fra førerhåndboka om kjøring på glatt vei:

”Använd hjulbromsarna genom att bromsa mjukt med bromspedalen. Då bromsar alle hjulen på ekipaget och risken för sladd och hjullåsning minskar. Kör med ökade säkerhetsmarginer.

Varning!

Använd inte tillsatsbromsen vid halt väglag. Risk finns för hjullåsning, även om fordonet är utrustat med ABS.”

1.7.1.3 *Kritisk skrensehastighet over brua*

Ved en friksjon på ca. $\mu = 0,15$, som er erfaringsverdi³ for friksjon på rimfrost, har SHT beregnet at kritisk skrensehastighet gjennom ulykkessvingen er i området 85-90 km/t. Ved vogntogets aktuelle hastighet på 81 km/t, var det dermed lite tilgjengelig friksjon til bremsing/fartsreduksjon, da hoveddelen av friksjonen blir brukt til å oppta sidekrefter. En nedbremsing eller fartsreduksjon ved bruk av motorbrems eller retarder kan resultere i at ett eller flere drivhjul låser seg og begynner å skrense.

1.7.2 Personbilene

Den første personbilen var en Ford Focus 2006-modell, og den andre personbilen var en Ford Mondeo 2007-modell. Det ble ikke funnet tekniske feil eller mangler ved personbilene som kunne hatt betydning for ulykken. Ford Focus var utstyrt med vinterdekk med pigger og Ford Mondeo hadde vinterdekk uten pigger.

1.8 **Vær- og føreforhold**

1.8.1 Opplysninger fra politiet

På ulykkestidspunktet var det dagslys, god sikt og ikke nedbør. Det var kjølig og fuktig/rå luft i området og temperaturen var omkring null grader. I utgangspunktet var føret tørt og bart. På brua var det rimdannelse der bilene ikke hadde kjørt, og der bilene hadde kjørt var det isbelagt og glatt.

1.8.2 Vitneobservasjoner

SHT har vært i kontakt med flere bilførere som har opplyst at de opplevde at brua var glatt både kvelden i forkant av ulykken og om morgenen ulykkesdagen. To bilførere skal ha meldt inn om dette til VTS, se kapittel 1.10.4.1. Både de involverte, vitner og redningspersonell som var på brua etter ulykken har gitt uttrykk for at veibanen var ekstremt glatt. Informasjon SHT har fått fra trafikanter som kjører i området regelmessig og ansatte i Statens vegvesen er at Brekke bru blir ansett som et problempunkt i forhold til glatt vei.

³ I følge Statens vegvesens Håndbok 111, temahefte.

1.8.3 Friksjonsberegninger

Ulykkesgruppa til Statens vegvesen foretok retardasjonsmålinger⁴ på og utenfor brua etter ulykken i tidsrommet kl. 1630-1830. Statens vegvesen har opplyst at det ikke var tegn på at veien var strødd eller saltet. Målingene ble foretatt etter at det hadde vært en del trafikk på ulykkesstedet av ambulanser, brannvesen og politi. Mens friksjonen før og etter brua ble beregnet til 0,45 – 0,6, ble friksjonen på brua beregnet til 0,18 – 0,25. Imidlertid ble retardasjonsmåleren til Statens vegvesen kalibrert etter at målingene ble foretatt på ulykkesstedet. I følge Statens vegvesen var målingene i utgangspunktet for ”snille”, slik at korrigert friksjon på brua skal ha vært i området 0,15 – 0,21.

1.8.4 Data fra værstasjoner

Statens vegvesens værstasjon ved E16 på Langhuso ligger 390 moh. mellom Gudvangentunnelen og Flenjatunnelen i et dalføre åpent mot Aurlandsfjorden ca. 6,6 km fra ulykkespunktet ved Flåm.

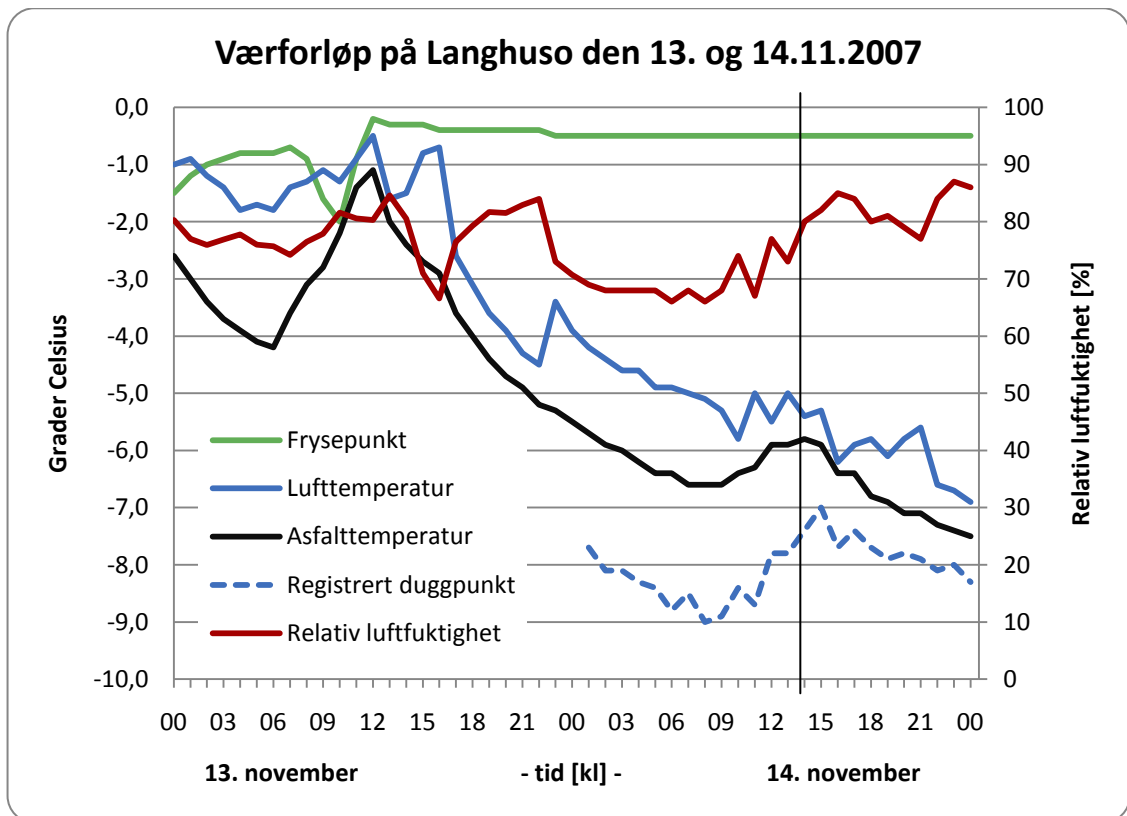


Figur 13: Kart med referanse til meteorologiske opplysninger. (Kilde: Kystverket)

SHT har mottatt værdata for Langhuso for perioden 12-14. nov. 2007. Temperaturforholdene var innenfor området for salting i timene før ulykken skjedde, med en veibanetemperatur på i overkant $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Frysepunkttemperaturen sank til $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ på formiddagen den 12. nov., som er en åpenbar indikasjon på at det har vært saltet i denne perioden. Da frysepunktet for veibanen for det neste døgnet steg til $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ og forble der fram mot ulykkestidspunktet (se figur 14), viser det at det ikke har vært saltet ved Langhuso den 13. eller 14. nov før ulykken. På ulykkestidspunktet var lufttemperaturen på Langhuso $-5,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, duggpunktstemperatur⁵ var $-7,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ og relativ luftfuktighet hadde steget til 80 %.

⁴ Bremsprøve utført med c- μ -trip retardasjonsmåler i VW Caravelle. Bilen hadde piggfrie vinterdekk med godt mønster.

⁵ Duggpunkttemperaturen er den temperaturen luften må avkjøles til før metning (duggdannelse) inntreffer. For flere meteorologiske definisjoner, se vedlegg A.

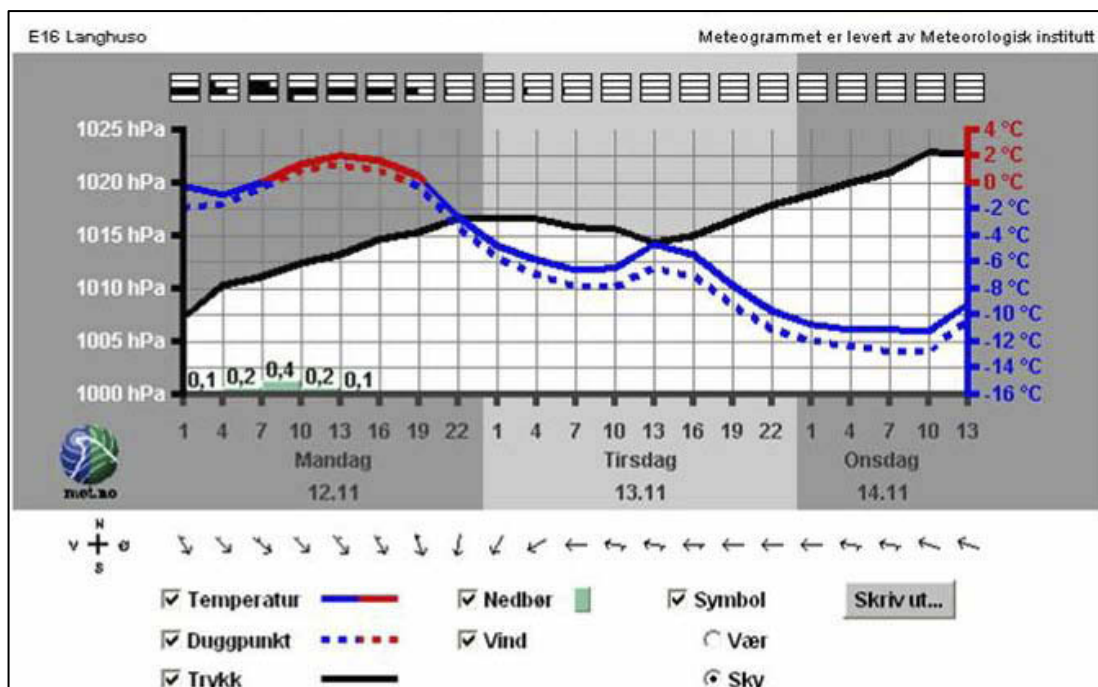


Figur 14: Værforløp fra målestasjonen på Langhuso 13. og 14. nov. 2007. Ulykkestidspunktet er markert med loddrett linje.

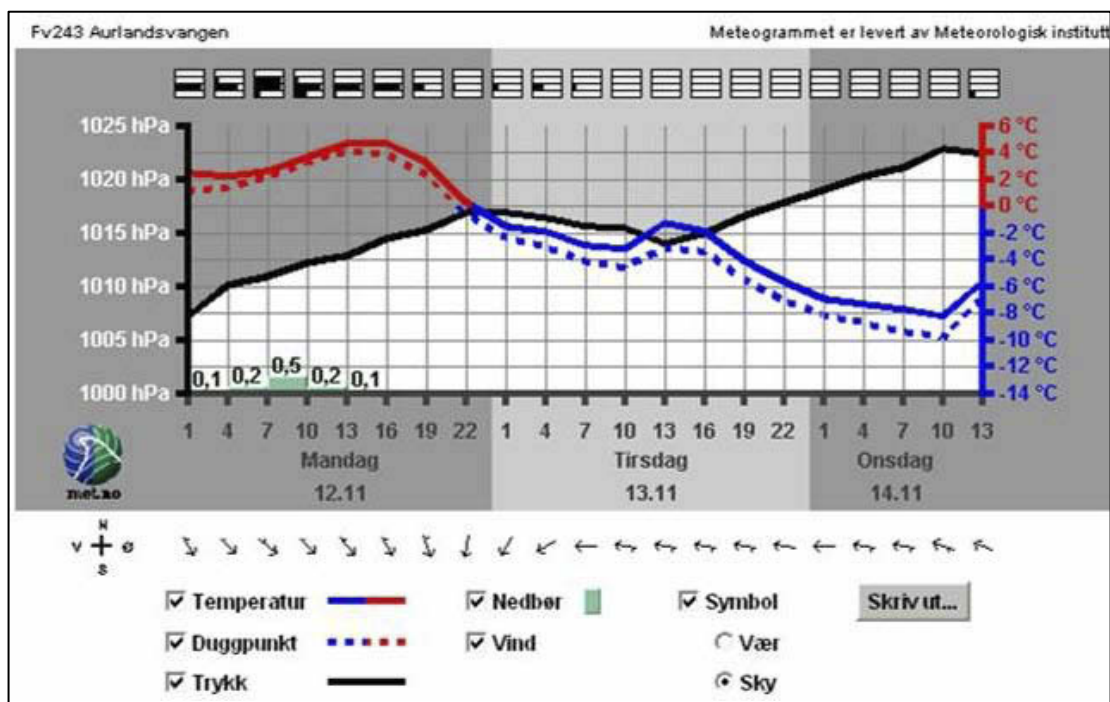
På formiddagen ulykkesdagen økte luftfuktigheten, men duggpunktet tilsa ikke fare for utfelling av rim ved Langhuso. Rim er is dannet ved direkte overgang fra damp til fast fase, og oppstår når temperaturen på veibanen faller under luftas frostpunktstemperatur og veibanetemperaturen samtidig er på minussiden. Ved den aktuelle veibanetemperaturen lå frostpunktstemperaturen ca. 0,6 grader over duggpunktstemperaturen (se kapittel 1.15.5).

De to nederste linjene i figur 14 viser at forutsetningen for rimdannelse ikke var tilstede på Langhuso 14. november. På partier av veinettet med samme utvikling i luftfuktighet og lufttemperatur og en raskere nedkjøling av veibanen, ville det imidlertid lokalt kunne skje en rimdannelse på veibanen. SHT har undersøkt om dette kan ha vært tilfelle når det gjelder Brekke bru (se kapittel 1.8.6).

1.8.5 Meteogrammer



Figur 15: Tre-døgns-meteogram E16 Langhuso 12. november 2007 kl. 0000 UTC.



Figur 16: Tre-døgns-meteogram Fv 243 Aurlandsvangen 12. november 2007 kl. 0000 UTC.

SHT har mottatt meteogram⁶ for E16 Langhuso (se figur 15) og Fv 243 Aurlandsvangen (beliggende ved fjorden, se figur 16). Som en ser av meteogrammene var det ikke varslet nedbør fra kl. 1200 den 12. nov. og de påfølgende to døgn.

⁶ Et meteogram er en grafisk fremstilling av prognostisert vær for et sted eller et område stedet er representativt for.

Meteogram for Langhuso varslet lufttemperatur $-9\text{ }^{\circ}\text{C}$ og duggpunkt $-11\text{ }^{\circ}\text{C}$ kl. 1300 den 14. nov. Aurlandsvengen varslet for samme tidspunkt lufttemperatur $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ og duggpunkt $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Det foreligger ikke faktiske observasjoner for Aurlandsvengen.

Det er noe avvik mellom de faktiske observasjonene og meteogramprognose på Langhuso. Det ble registrert ca. $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ høyere temperatur i virkeligheten enn det som var varslet. Statens vegvesen har opplyst at værvarslingsmodellen som lå til grunn for meteogrammene har en grov horisontal oppløsning som gir prognosen en representativ høyde på et nivå 450 m over Langhuso. Dette kan forklare at observert temperatur lå flere grader over det som ble prognostisert.

1.8.6 Meteorologisk vurdering

På oppdrag for SHT har meteorolog Reinhard Mook foretatt en vurdering av de meteorologiske forholdene ved Flåm ulykkesdagen og to dager i forkant. Nedenfor oppsummeres vurderingene relatert til når og hvordan det kunne oppstå is- og rimdannelse på brua, og dermed glattere veibane enn på veistrekningen forøvrig.

Ved tap av varme ved netto utstråling og lite vind, kan man forvente at brua vil anta temperaturer betydelig lavere enn luftens (underkjøling). På grunn av bruas begrensede varmekapasitet⁷ og nedkjøling ved netto tap av varme ved stråling til alle kanter, kan brua nedkjøles raskere til en temperatur lavere enn luftens, sammenlignet med veier bygget på fast undergrunn ved varmeledning ut av bakken. Den underkjølte brua ansees derfor å være den primære forutsetningen for at rim kunne dannes over tid i forkant av det aktuelle tidspunktet den 14. november 2007.

Underkjøling av brua har under de gitte temperatur- og vanndampforhold utgjort en tilstrekkelig betingelse for at rim kunne dannes. I tillegg har Flåmselva utvilsomt vært en kilde for vanndamp, og virket i retning av å øke fuktigheten lokalt.

Selv den teoretisk maksimale masse av rim, hvis den skulle kunne avsettes, er liten. Under de gitte forhold (lav temperatur, veidekket få grader under frostpunktet) vil det ta lang tid (størrelsesorden timer) innen rim av massemessig betydning vil være avsatt. Det er således forståelig om små mengder rim, stadig omformet til "svart is" av trafikken, ikke blir synlig uten inngående inspeksjon. Kontaminasjon i form av små mengder rim, hyppig smeltet og gjenfrosset, samt polert og omfordelt over ujevnhetene i vegdekket, kan ha skapt en tilsynelatende tørr men likevel glatt veibane. Den delvis hvite overflaten på brua etter ulykken vist i figur 4 dokumenterer at veibanen faktisk var kontaminert av is, mest sannsynlig rim, malt opp og delvis smeltet ved trafikk.

Basert på en analogislutning fra observasjoner ved målestasjonen på Langhuso finner Reinhard Mook det sannsynlig at det ble avsatt rim på Brekke bru allerede utpå ettermiddagen og kvelden den 13. november. Som vesentlig anses temperaturfallet den 13. nov. mellom kl. 16 og 21 samtidig med økende relativ fuktighet. Det antas at en tilsvarende utvikling, betinget av regionale værforhold, og ikke lokale, også har skjedd på brua ved Flåm. Etter dette har temperaturen ved Langhuso stort sett forblitt uendret frem mot ulykkestidspunktet. Derav kan det slutes at temperaturen på brua var under frysepunktet i hele denne tidsperioden.

⁷ Den varmen som må avgis eller tilføres i forhold til en bestemt endring av legemets temperatur.

1.8.7 Statens vegvesens retningslinjer for klimastasjoner

I følge Statens vegvesens håndbok 266 *Klimastasjoner* (2005) kan en klimakartlegging langs veistrekninger identifisere kritiske punkter hvor det er stor fare for tidlig is- eller rimdannelse på veien. Håndboken gir retningslinjer om hvordan man skal gå frem i utvelgelsen av steder for plassering av værstasjoner, samt hvordan sensorene skal monteres på disse. Klimakartlegging langs veiene gir i følge håndboka viktig kunnskap om områder hvor det er stor risiko for å få tidlig tilfrysing og glatt vegbane. Fra håndboka siteres følgende:

”I et overvåkningssystem for føreforholdene bør klimastasjonene representere områder langs vegen med økt risiko for glatt vegbane, slik at man tidlig kan få varsel og nødvendige tiltak settes i verk. Det er derfor ofte utsatte områder, eller såkalte kritiske punkter, som er best dekket med klimastasjoner.”

”Siden ulike værforhold gir opphav til ulike måter for dannelse av glatt vegbane, plasseres klimastasjonene i ulike risikomiljøer, som for eksempel skyggeområder, på broer, i høydeområder eller nært åpent vann.”

Bruer er i håndboka definert som et miljø med økt risiko for glatt veibane. Om bru står det følgende:

”Brooverflater avkjøles raskere og har høyere risiko for å bli glatte enn vegen inntil broen. Temperaturforskjeller mellom bro og nærliggende veg er mest fremtredende under klare og rolige værforhold, både når det gjelder avkjøling og oppvarming.”

”Broer, dreneringsrør under vegen og liknende påvirker temperaturmønsteret langs vegen. Disse konstruksjonene har ikke samme varmelagringskapasitet som en tradisjonell vegkropp; dermed avkjøles slike overflater raskere enn den øvrige vegbanen og risikoen for å få glatt vegbane øker. Effektene av dette merkes særlig godt ved rolig og kaldt vær. Duggpunktstemperaturen kan være høyere på en bro enn den øvrige vegen noe som kan medføre kraftig rimfrost på broen, dette skjer særlig i de tilfellene hvor broen går over åpent vann og det er god tilgang på fuktighet.”

1.9 **Vei- og trafikkforhold**

1.9.1 E16 ved Flåm

E16 ved Flåm ble tatt i bruk på begynnelsen av 90-tallet, og er bygget etter datidens retningslinjer for veistandard med oppmerkede kjørefelter på 3,25 m bredde og asfalterte skulderbredder på 1 m. Brua ligger i et lavbrekk over Flåmsdalen i en sving med en horisontalradius på $R_H=300$ m. Veien har et jevnt fall på 6 % de siste to kilometerne av den 5 km lange Flenjatunnelen og den 800 m lange åpne strekningen ned mot brua i Flåm. Rett øst for brua går veien også i tunnel; Freheimtunnelen med en lengde på 1,3 km.

Svingen vest for- og over brua har en overhøyde på ca. 7 %. Overhøyden i ytre kjørefelt forbi krysset og ut på brua er imidlertid redusert til ca. 4 %. Krysset er kanalisert med oppmerking og eget venstresvingefelt. I følge håndbok 017 (1993 og 2008) er denne svingen for krapp til at det kan anlegges kryss, se tabell 3. ÅDT på strekningen var ca. 1900 kjøretøy/døgn med en tungtrafikkandel på 22 % i 2005.

Rekkverket på brua er konstruert som et stivt rekkverk og har ekstra styrke i forhold til rekkverk langs veien forøvrig. Skulderbredden på brua er redusert til 0,5 m, mens kjørefeltbreddene er økt med 0,25 m gjennom svingen.

Tabell 3: Linjeføringsparametre ved ulykkesstedet relatert til standardkrav.

	E16 i Flåm hp 07 km 1,800 – 2,200 Fartsgrense 80 km/t	Standardkrav hb 017 (1993) H1; Dim. fart 80 km/t	Standardkrav hb 017 (2008) S2; Fartsgrense 80 km/t
Horisontalradius (R_H)	300 m	min. 230 m	min. 250 (375)* m
Overhøyde	4-7 %	7 % (ved $R_H=300$ m)	7 % (ved $R_H=300$ m)
Lavbrekkradius (R_{VL})	2000 m	min. 1650 m	min. 1900 m*
Stigning	6 %	maks 7 %	maks 6 %*
Kurvatur (R_H) i kryss	300 m	min. 450 m	min. 425 m
Stigning i kryss	5-6 %	maks 5 %	ikke oppgitt

*) I 017 fra 2008 anbefales det å øke horisontal- og vertikalradiene og redusere stigningsforholdene inntil og over bruer.

1.9.2 Planlegging av brua

Statens vegvesen ved Vegdirektoratet har opplyst til SHT at de har godkjent fravik fra håndbok 017 (2008) i plansaker knyttet til veiens linjeføring ved bru, uten inngående risikovurderinger.

Følgende siteres fra Statens vegvesens redegjørelse av 26. november 2007 vedrørende planlegging av E16 i Flåm:

”Brua vart ikkje vurdert som spesielt utsett for ising fordi brua ligg relativt høgt over dalen slik at frostrøyken frå elva sjeldan når heilt opp til vegbana. Samanhengande viadukt i staden for ei oppdelig i to mindre bruer reduserte faren for oppdemming av eit kaldluftsmagasin ovanfor brua og er truleg ein fordel med tanke på ising.

Brua vart ikkje vurdert som spesielt vanskeleg for trafikk frå Flenjatunnelen mot Aurland. Redusert overhøgde gjennom krysset kan vere eit ekstra risikomoment for trafikk i retning Aurland, men både krysset og kurva på brua er synleg i god avstand slik at trafikantane har god tid til å justere farten.”

Her siteres en kommentar fra meteorolog Reinhard Mook:

”Så vidt jeg kan forstå, fokuseres her ensidig på avsetning av underkjølte dråper i frostrøyk som fryser ved kollisjon med faste objekter (kontaminasjon ved frosne tåkedråper). Det synes å være uteglemt at frostrøyk kan løses opp om lufttemperaturen øker med høyden uten at den absolutte mengden vann i luften var blitt mindre (kontaminasjon ved vanddamp fortettet til is).”

1.10 Drift og vedlikehold av vei

1.10.1 Utførte drift- og vedlikeholdstiltak ulykkesdagen og redegjørelse fra Mesta

Veien ble ikke strødd eller saltet på ulykkesdagen eller dagen i forveien. Ut fra frysepunktsverdiene fra Langhuso ser det ut til at det siste salttiltaket var utført to dager før ulykken inntraff, og da sannsynligvis i forbindelse med varslet nedbør (ref. kapittel 1.8.4 og 1.8.5).

Følgende siteres fra Mestas redegjørelse til Statens vegvesen etter ulykken:

”Vår brøyte/saltbil var ikkje på den aktuelle staden den 14.11.

Eg har snakka med sjåføren. Han kontrollerte klimastasjonen på Langhuso. Der var kaldt men tørr vegbane. Han køyrde Rv 50 frå Skaimshagen mot Vassbygdi og var oppe i Lovisberget og sjekka is i tunnelane.

Han var obs på faren med frysing på bruene i område og sjekka bruene i Vassbygdi og på veg ned att køyrde han rundkøytinga på Nyheim. Han var der ca. kl. 0815.

Det var ingen problem på desse bruene. Erfaringane frå området tilseier at rundkøyting/bru på Nyheim og brua i Flåm ”oppfører” seg likt med frysing/rimdanning.

Desse observasjonane saman med opplysningar frå klimastasjonen på Langhuso, gjorde at det ikkje vart gjort tiltak.

Opplysningar i ettertid frå saltbil som vart tilkalla og mannskap som var inne i Flåm i samband med trafikkomlegginga, er at nedre ene på Flenjatunnelen var tørr vegbane og først nede ved brua/krysset var det antydning til glatt. På sjølve brua veit ikkje vi noko.

Saltbilen vart også utkommandert til Gudvangen. Det var ikkje glatt i Gudvangen, men antydning til rim på bruene. Han var også bedt om å køyra ein tur til Undredal. Der var det heller ikkje glatt.”

Sjåføren på brøyte-/saltbilen for den aktuelle roden hadde drevet med salting siden 1991. Det var sjåføren alene, ut i fra tilgjengelig beslutningsstøtte (meteogram og værstasjoner), samt observasjoner på vei, som foretok vurderinger vedrørende eventuelle vedlikeholdstiltak. Mesta hadde ikke friksjonsmåler i funksjon for kontrakten da ulykken skjedde.

Sjåføren har opplyst at det tok ca. en time å kjøre gjennom hele roden på 76 km. E16 ble stort sett inspisert hver morgen, med unntak dersom han følte seg trygg på at været ikke hadde forandret seg. I samtale med SHT mente sjåføren at han ikke hadde mulighet til å se ut fra tilgjengelig beslutningsstøtte at det var glatt på Brekke bru ulykkesdagen.

1.10.2 Funksjonskontrakt og kontraktsbestemmelser

Drift og vedlikehold av riksveiene er kontrahert til entreprenører gjennom en anbudsordning med Statens vegvesen som byggherre. Mesta AS var ansvarlig entreprenør for drift og vedlikehold av E16 gjennom en funksjonskontrakt (1401 Indre Sogn) inngått med Statens vegvesen for perioden 2005 til 2009. Det er Statens vegvesen Sogn distrikt som har byggherreansvar for denne kontrakten. Mesta AS som ble tildelt denne

kontrakten lå ca. 25 % lavere i pris enn nærmeste konkurrent. For perioden 2009-2014 er E. Opedal & sønn AS valgt som ansvarlig entreprenør.

Nedenstående underkapitler gjengir utdrag fra de aktuelle kontraktsbestemmelsene.

1.10.2.1 *Standard for vinterdrift*

Statens vegvesens Håndbok 111 *Standard for drift og vedlikehold* ligger til grunn for driftsstandarden entreprenørene skal følge. E16 i Sogn og Fjordane ble driftet etter strategi vintervei i denne kontrakten. På slike veier er det akseptabelt med snø- og isdekke hele eller deler av vinteren. I fylket var det etablert en praksis med preventiv salting i overgangsperioder også på veier som driftes etter strategi vintervei. E16 er en av de veiene hvor det i henhold til kontrakten for Indre Sogn skal benyttes salt som strømiddel for å forebygge rimnedslag på veibane og hindre at våt veibane fryser til is. I overgangsperiodene skal kravene til strategi bar vei følges med hensyn til preventiv salting hvis det forventes friksjon under 0,40. Om vinteren ved snødekke ble veien driftet etter strategi vintervei med krav til punktstrøing hvis det var forventet friksjon under 0,30, og helstrøing hvis forventet friksjon var under 0,20.

Når det gjelder strøing er det i arbeidsbeskrivelsen i vedlegg til E1 Prosessfordelt kravspesifikasjon i funksjonskontrakten framhevet tre steder som skal vies spesiell oppmerksomhet. Dette gjelder to steder på Rv 53, samt ved Langhuso på E16 med spesiell vekt på Langhuso bru som ligger ca. 6 km vest for Brekke bru.

Statens vegvesen har opplyst at E16 fra Lærdalstunnelen til Gudvangentunnelen i kontrakten for 2009-2014 driftes etter strategi bar vei hele vinteren.

1.10.2.2 *Entreprenørens vinterplan*

Vinterplanen skal synliggjøre hvilke forutsetninger entreprenøren har lagt for å kunne gjennomføre arbeidene etter kontraktsbestemmelsene. Planen skal bl.a. vise tilgjengelige ressurser, rodeinndelinger, prioriterte veistrekninger og opplegg for gjennomføring.

Den aktuelle strekningen, E16 Nyheim til Hordaland grense (35,076 km), inngår i en brøyterode på totalt 75,6 km. Brøyteroden er i henhold til entreprenørens vinterplan satt opp med følgende brøyte- og strømateriell: brøytebil med to skjær m/slaps, midtmontert skjær, fastsandspreder, saltspreder og reservebil.

Under "Opplegg for gjennomføring" har entreprenøren bemerket følgende:

"Stamveger/hovedveger vil ha størst fokus saman med fjellovergangane. I tillegg vil rasutsette strekninger vera under spesiell oppsikt. Vi vil også vera spesielt oppmerksom på vanskelege parti som kan skape problem for framkomst vinterstid. Dette gjeld strekningar som Flåm, Langhuso, Bjøbergbakken, Holesvingane, Maristoveli osv."

1.10.2.3 *Krav til egenkontroll*

Entreprenøren skal selv forvise seg om, og selv dokumentere gjennom planlagt og utført egenkontroll at kontraktens krav er oppfylt i kontraktsperioden. Kapittel 17.2.6 i kontrakten beskriver hva som skal inngå i egenkontrollen, og hva som kreves dokumentert. Dokumentasjonen skal gjøres tilgjengelig for byggherre på anmodning, og overleveres byggherre etter kontraktsperiodens avslutning.

1.10.2.4 *Friksjonsmålinger*

I kontraktens kapittel 17.3.8 er det beskrevet at entreprenøren skal måle friksjon i vintersesongen slik at oppfyllelse av kravene til friksjon i kapittel E1 prosess 93 blir dokumentert. Kapitlet viser til retningslinjer for måling av friksjon, og måleutstyret skal være godkjent og kalibrert av Statens vegvesen.

1.10.2.5 *Krav til innrapportering av føreforhold*

Funksjonskontraktens kapittel 17.3.4 omtaler entreprenørens ansvar for rapportering av konkrete forhold og driftstiltak på veiene som kan ha betydning for fremkommelighet og sikkerhet. Meldingene skal gis i henhold til Statens vegvesens håndbok 210 "Vegmeldingstjenesten".

I følge håndbok 210 er E16 fra Sandvika til Bergen underlagt krav til innrapportering av føreforhold ved faste tidspunkter og ved vesentlige endringer i vær- og kjøreforhold. I vintersesongen⁸ skal Vegtrafikkentralen motta melding om føreforhold fra ansvarlig entreprenør innen kl. 0545, 1400 og 1830. Meldingene bør også inneholde opplysninger om eventuelle pågående eller utførte vinterdriftstiltak.

Sogn distrikt hadde imidlertid frafalt kravet om jevnlig innrapportering av veier i lavlandet med begrunnelsen at føret er vekslende, og at meldingene derfor vil bli upålitelige. Denne beslutningen ble gjort på grunnlag av diskusjon innen drift og vedlikehold i regionen, og fraviket har ikke vært behandlet formelt i Statens vegvesen. Tilsvarende unntak fra kontraktsbestemmelser skal også være gjort i andre distrikter i regionen.

I kontrakten for 2009-2014 er det i følge Vegvesenet stilt krav om innrapportering av føreforhold spesifikt for Langhuso og Brekke bru i henhold til håndbok 210.

1.10.3 Statens vegvesens oppfølging og vurdering av kontraktsoppfyllelse

I tillegg til entreprenørens egenkontroll har byggherren et system med stikkprøver. Disse kontrollene innbefatter alle oppgaver som er satt bort til entreprenøren og inkluderer kontroll av brøyting og strøing. Statens vegvesen har opplyst til SHT at byggherre gjennomførte stikkprøver av friksjon minimum en gang per uke i kontraktsområdet Indre Sogn (400 km vei). Disse kontrollene var konsentrert rundt høyfjell og stigninger. Imidlertid kan det gå flere uker mellom hver gang det blir foretatt friksjonsmålinger på ett sted pga. det store veinettet som skulle kontrolleres. Brekke bru inngikk ikke regelmessig i kontrolloppet med hensyn på friksjon, og friksjonen på brua ble heller ikke kontrollert av byggherre ulykkesdagen.

Statens vegvesen har opplyst til SHT at byggherre i praksis ikke klarer å ha oversikt over entreprenørens arbeid og at funksjonskontraktene baseres mye på tillit. Byggherre var også klar over at friksjonskravene i praksis kan være vanskelig å ivareta. Byggherre har i samtale med SHT gitt uttrykk for at entreprenøren oppfylte funksjonskontrakten ulykkesdagen og det er ikke gitt noen form for trekk i oppgjøret til Mesta.

⁸ Perioden fra 15. okt til første uke etter påske.

1.10.4 Vegtrafikksentralen og innmelding fra trafikanter

1.10.4.1 *Innmeldinger fra trafikanter i forkant av ulykken*

Vegtrafikksentralen (VTS) Region vest har loggført én melding fra trafikant kl. 0714 ulykkesdagen om at det var glatt på Brekke bru og i Aurland. Trafikanten opplyste til SHT at hans melding til VTS var ”*speilblank/såpeglatt på brua i Flåm*”. Han var fortsatt i kontakt med VTS da han svingte av til Aurland og merket at bilen slapp. Han fortalte da at ”*det var glatt i Aurland også*”. Meldingen trafikanten fikk fra VTS var ”*du er den første som ringer, vi skal se på det*”.

Meldingen ble loggført av VTS med ”*E16 Flåm – Aurland: Det er glatt*”. Innmelder er registrert med ”*trafikant*” og telefonnummer. Meldingen ble ikke videreformidlet fra VTS til entreprenør eller byggherre. I en senere samtale med SHT opplyser innmelderen at bakgrunnen for meldingen til VTS var at han hadde mistet veigrepet på drivhjulene da han skulle akselerere opp i fart på Brekke bru. Han var på vei til Aurland og hadde kommet inn på E16 fra Flåm i krysset rett vest for brua. Det samme skulle også ha skjedd med en annen bilfører én time senere på morgenen.

SHT har også fått vite av en annen langtransportsjåfør at vedkommende rundt midnatt kvelden i forkant av ulykken ringte og varslet til VTS om glatt veibane i Flåm. I følge denne føreren skal VTS ha svart at ”*vi har folk ute*”. Denne eller evt. andre innmeldinger om glatt veibane i Flåm før ulykken ble ikke loggført hos VTS⁹.

1.10.4.2 *Vegtrafikksentralens rutiner*

VTS har opplyst til SHT at det normalt må meldes inn flere klager fra trafikanter før meldingen formidles videre til entreprenør og byggherre (se varslingsrutiner i tabell 4). Bakgrunnen for varslingsrutinene er at man ikke ønsker et ”klagestyrt” vedlikehold og at entreprenøren selv skal inspisere veien og foreta vurderinger av føreforhold. Den enkelte operatør ved VTS avgjør om meldingen gjelder klage på standard (meldingen formidles ikke videre til entreprenør og byggherre før det er kommet flere klager) eller særlige trafikkfarlige, tidskritiske forhold (meldingen formidles videre til entreprenør og byggherre). Statens vegvesen har opplyst til SHT at tilsvarende varslingsrutiner gjelder for alle vegtrafikksentralene i Norge.

SHT har hatt samtaler med andre vitner og trafikanter i området som gir uttrykk for at det ikke nytter å ringe til VTS angående glatt vei, da VTS avventer flere innmeldinger og ikke varsler videre til entreprenør. Statens vegvesen har opplyst at det kan komme flere hundre meldinger på en dag, og at VTS derfor ikke har mulighet til å følge opp alle trafikantmeldinger.

⁹ SHT har vært i kontakt med VTS i både Lærdal, Bergen og Oslo da innmeldinger på nattestid blir viderekoblet.

Tabell 4: Utdrag fra "Varslingsrutiner for Vegtrafikksentralen (VTS) og byggherre drift og vedlikehold i Region vest".

Hendelse	Behandles av VTS	Melding til entreprenør	Melding til byggherre
2) Klage på standard (driften av veiene)			
- Klage på standard	VTS loggfører melding		
- Ved mange klager på manglende tiltak på samme sted/strekning	VTS loggfører melding	VTS varsler entreprenør mellom kl. 2400 og 0700	VTS varsler byggherre mellom kl. 0700 og 2400
- Særlige trafikkfarlige, tidskritiske forhold som uventet glatt vei og farlige gjenstander i veibanen meldes av VTS direkte til entreprenør	VTS loggfører melding	VTS varsler entreprenør	VTS vurderer varsling til byggherre

1.11 Tekniske registreringssystemer

Statens vegvesen Sogndal trafikkstasjon sendte trekkbilens diagramskive, via Fartsskriver AS i Oslo, til Siemens VDO trading GmbH¹⁰ i Tyskland for analyse.

Før skriveren tegnet opp markante endringer, er det på en ca. 450 m lang strekning registrert en stabil hastighet i området 80-83 km/t. Det er så registrert et fall i hastighet fra 81 til 66 km/t med retardasjon opp mot 3,6 m/s². Videre siteres følgende fra diagramskivevurderingen:

"Fra en hastighet på 66 km/t kan vi fastslå et raskt fall på fartskriveren til 39 km/t. På grunn av de påfølgende ulykkesbetingende avvikene i opptegnelsene, kan vi dessverre ikke si noe om hvor lang veistrekning som ble tilbakelagt under denne hastighetsreduksjonen. Etter opptegnelsen art å dømme, dreier det seg om starten på en oppbremsing.

Ved en hastighet på 39 km/t avvek fartskriveren fra korrekt opptegnelse og tegnet deretter opp unormalt. Vi mener at dette avviket skyldes de unormale rystelsene som kjøretøyet ble utsatt for under ulykken."

1.12 Medisinske forhold

SHT kjenner ikke til medisinske forhold ved førerne av de involverte kjøretøyene som kunne ha betydning for ulykken. Politiet mistenkte ikke ruspåvirkning i forbindelse med ulykken, og det ble dermed ikke foretatt alkoholtest eller utvidet blodprøve. Det ble ikke begjært rettsmedisinsk obduksjon av den omkomne passasjeren i Ford Focus.

¹⁰ Produsent av fartsskriver som var montert i trekkbil. Feiltoleransen på denne type fartsskriver er +/- 6 km/t.

1.13 Overlevelsesaspekter

1.13.1 Sikkerhetsutstyr

Sjåføren av vogntoget brukte ikke bilbelte. Alle personene i de to involverte personbilene brukte bilbelte. Både Ford Focus 2006-modell og Ford Mondeo 2007-modell var utstyrt med kollisjonsputer og beltestrammere foran, samt sidekollisjonsputer.

1.13.2 Varsling av nødetatene

Akuttmedisinsk kommunikasjonsentral (AMK) i Førde (113) ble varslet om ulykken av innringer fra ulykkesstedet kl. 1347. I løpet av 3 min. hadde AMK Førde iverksatt ”trippelvarsling” til politi og brannvesen, med tillegg av luftambulanser og vaktleger.

1.13.3 Skadestedsarbeid

1.13.3.1 *Tidsbruk*

Tidsbruken i forhold til skadestedsarbeidet kan deles i to:

1. Tiden før helikopter kom

I følge Aksjonslogg fra AMK var første brannbil på plass kl. 1407. På grunn av vanskelig tilgang rekvirerte brannvesenet lastebil med kran. Fra ulykken inntraff til siste pasient (fører av Mondeo) ble frigjort ca. kl. 1430 gikk det 45 min.

Fra kl. 1408 var det to vaktleger på ulykkesstedet, og i følge AMK-logg kom det ytterligere én lege på et senere tidspunkt. Det var totalt tre ambulanser på ulykkesstedet henholdsvis fra kl. 1406 og frem til 1520.

En kritisk skadd pasient (fører av Focus) var frigjort og på bære da det første helikopteret landet. I følge kommunelegen i Aurland var det lite konkret som kunne gjøres med de omfattende skadene før helikoptre med kompetent helsepersonell (anestesileger) kom til stedet.

2. Tiden helsepersonellet brukte på stabilisering med mer før helikopter kunne lette

Kommunelegen i Aurland har opplyst til SHT at det tok lang tid fra helikoptere landet og til de tok av med pasientene. Følgende tider anses som relevante i denne forbindelse:

- Luftambulanse Førde ankom kl. 1422 og reiste kl. 1506 med fører av Focus til Bergen.
- Luftambulanse Ål ankom kl. 1441 og reiste kl. 1526 med fører av Mondeo til Bergen.
- Luftambulanse Dombås ankom kl. 1457, men reiste uten pasient.
- De siste lettere skadde pasientene ble fraktet med ambulanse omkring kl. 1533-1538 (ca. 1 time og 45 min. etter ulykken inntraff).

1.13.3.2 *Retningslinjer for ideell skadestedstid*

Følgende referanser finnes vedrørende retningslinjer for ideell skadestedstid:

- Prehospital Trauma Life Support (PHTLS), TAS 2 kurs ved Norsk Luftambulansse, samt flere Medisinske Operative Manualer (MOM) i flere helseforetak beskriver ideell skadestedstid på 10 min.
- Advanced Trauma Life Support (ATLS), PHTLS og traumemanualer beskriver den ”gyldne time”: fra hendelse til kirurgisk behandling bør det ikke ta over én time.

Helse Førde HF har opplyst at kurskonseptet PHTLS er kjent og innført for ambulansetjenesten i Helse Førde. Foretaket har også etablert flytskjema for skadebehandling.

1.13.3.3 *Kompliserende faktorer*

Kompliserende faktorer i forhold til redningsarbeidet var glatt vei, lite lys og kulde. De skadde pasientene kunne ikke tas ut på siden av veien da ulykken skjedde på ei bru. I tillegg måtte helikoptrene lande på et jorde like ved pga. for liten friksjon på brua. Dette medførte transport til og fra skadested med omlasting av pasienter. E16 var fysisk blokkert av vogntoget og helseressurser ankom ulykkesstedet fra både øst og vest.

Det oppstod et teknisk problem på lyttefunksjon for helse radionettet under aksjonen. Dette medførte at det ikke var normalt aksjonssamband mellom ulykkesstedet og AMK-sentral. Den tekniske feilen, som først oppstod i sammenkoblingen mellom radiobase i Aurland og Lærdal under varslingsfase, ble avdekket og korrigert kort tid etter ulykken.

1.13.3.4 *Operativ organisering*

I følge AMK-logg etterspurte AMK-operatør ved to anledninger operativ leder på ulykkesstedet, og det fremkommer av loggen at både en ambulansemedarbeider og en lege opererte som operativ leder helse. I ettertid har kommunelegen i Aurland opplyst til SHT at en av legene burde tatt et mer overordnet ansvar, arbeidet mer med kommunikasjon med AMK og gitt bedre oversikt over de skadde.

Helse Førde HF har opplyst til SHT at det internt i ambulansetjenesten er en oppfatning av at både organisering og arbeidet på ulykkesstedet var effektivt organisert på tross av de kompliserende forhold nevnt i kapittel 1.13.3.3.

1.14 **Spesielle undersøkelser**

1.14.1 Simulering i Scan-Crash

Ingeniørfirmaet Rekon DA har på oppdrag fra SHT utført en simulering av det antatte hendelsesforløpet i dataprogrammet Scan-Crash (se vedlegg B). Simuleringene viste at trekkbilen roterte mot venstre (”sakset”) på brua da det ble lagt inn brems på drivhjulene. For at bevegelsene skulle stemme overens med funnene SHT har gjort, måtte drivhjulene bremses med en kraft innenfor området av retarderens virkning i trinn 1.

Rekon fant også at vogntoget trengte en bremsekraft i overkant av retarderens virkning i trinn 1 ned den 6 % bratte bakken ned mot brua for å holde hastigheten konstant.



Figur 17: Illustrasjon fra simuleringene som viser hvordan trekkbilen kan ha skrenset mot venstre da den kom ut på brua.



Figur 18: Illustrasjon fra simuleringene som viser hvordan vogntogets posisjon kan ha vært rett før kollisjonen med Focus.

1.14.2 Forsøk på prøvebanen til Norsk trafikksenter i Våler

SHT har gjennomført forsøk på Norsk Trafikksenters øvingsbane i Våler for å kartlegge hvordan et vogntog reagerer ved kjøring gjennom en sving tilsvarende ulykkessvingen i Flåm¹¹.

Ved forsøkene ble det benyttet trekkbil av samme merke og type som den som var involvert i ulykken. Semitraileren var av et annet merke, men hadde samme vekt og dimensjoner som ulykkeskjøretøyet. Testvogntoget var lastet til samme aksellaster og totalvekt som ulykkesvogntoget. Under forsøkene var dekkene som sto på ulykkesbilen montert på trekkbilen i testvogntoget.

Testen ble gjennomført i to sekvenser. Ved første sekvens ble det kjørt gjennom svingen med jevn hastighet. I den andre sekvensen ble vogntoget bremsset gjennom svingen ved bruk av retarder, mens øvrige hjul i vogntoget rullet fritt. Nedbremsingen startet i inngangen til svingen. I begge sekvensene ble det gjort forsøk i 50 km/t, 60 km/t og 70 (65) km/t. Ved forsøkene ble friksjonen på den isbelagte testbanen målt til $\mu = 0,20$. Resultatet fra testene i tabellene under.

Tabell 5: Kjøring gjennom svingen i jevn hastighet.

Hastighet (km/t)	Resultat
50	Vogntoget fulgte svingen uten skrens.
60	Vogntoget fulgte svingen uten skrens.
70	Det ble kjørt fem forsøk i denne hastigheten. I et av forsøkene fulgte vogntoget svingen uten skrens. I to av forsøkene var akselkombinasjonen på semitraileren ustabil, og hadde antydning til å skrense møt høyre. I de to siste forsøkene skrenset drivakselen på trekkbilen mot høyre.

¹¹ Svingen hadde en radius som, kompensert for overhøyde og fall, tilsvarte ulykkessvingen.

Tabell 6: Kjøring gjennom svingen samtidig som vogntoget bremses med retarderen på trinn 1.

Hastighet (km/t)	Resultat
50	Vogntoget fulgte svingen uten skrens.
60	Vogntoget fulgte svingen uten skrens. Først ved forsøk hvor vogntoget ble bremsset med retarderen på trinn 4, skrenset drivakselen mot høyre.
65	Drivakselen skrenset mot høyre. Ved forsøk hvor vogntoget ble bremsset med retarderen på trinn 2 og 3 ble skrensen forsterket.

Det ble i tillegg gjennomført test med nye vinterdekk med godt vintermønster montert på trekkbilens drivaksel i de samme hastighetene som er beskrevet i ovennevnte tabeller. Ved disse testene ble det ikke registrert skrens på trekkbilens drivaksel. Det ble først oppnådd skrens på drivakselen ved bremsing med retarderen på trinn 4 ved høyeste testhastighet (65 km/t).

1.15 Andre opplysninger

1.15.1 Rapport fra Riksrevisjonen

Riksrevisjonen¹² har undersøkt systemet for drift og vedlikehold av veinettet. Undersøkelsen viste at systemet hadde vesentlige mangler. Det manglet rapportering som ga pålitelig informasjon om driftstilstanden på veinettet. Riksrevisjonen peker på at byggherre i større grad må følge opp det arbeidet entreprenørene gjør. Rapporten påpeker også viktigheten av at entreprenørene får tilstrekkelige insentiv til å levere høy kvalitet på driften av veinettet. Manglene innebærer blant annet at kravene til føretilstand i vintersesongen ikke ble holdt.

1.15.2 Temarapport om vinterulykker

I ”Temarapport om tre vinterulykker” (VEI Rapport 2008/02) har SHT undersøkt systemet for vinterdrift og vedlikehold av vei. Temaundersøkelsen avdekket at Statens vegvesen mangler tilstrekkelig kvalitetssikring av vinterdriften i forhold til trafiksikkerhet. Sikkerhetstilråding VEI nr. 2008/06T er relevant i denne forbindelse:

”Kravet til snødybde kan ha vært oversteget ved ulykken på E18 i Larvik, men dette har ikke byggherre dokumentert. Opplysninger fremkommet til SHT i undersøkelsen tyder på at byggherresiden i flere av Statens vegvesens distrikter mangler oversikt over veinettets driftsmessige tilstand vinterstid. SHT tilrår at Statens vegvesen etablerer bedre systemer for å følge opp at entreprenørene overholder funksjonskontraktens krav til trafiksikkerhet vinterstid (vinterdriftsstandard), spesielt for høytrafikkerte og ulykkesutsatte veistrekninger.”

Sikkerhetstilrådingen er lukket med følgende opplysninger fra Statens vegvesen:

”Ny instruks som omhandler hvordan vi skal sikre bedre kvaliteten i leveransen fra entreprenørene er sendt ut. Denne instruksjonen går ut på hele leveransen, også vinterarbeider.”

¹² Dokument nr. 3:16 (2008–2009) www.riksrevisjonen.no

For funksjonskontrakter med oppstart fra 2008 er det kommet nye og mer omfattende krav til entreprenørens kvalitetssystemer og kvalitetsplaner. Det er også stilt mer detaljerte krav til entreprenørens vinterplan.

1.15.3 VEI Rapport 2010/01

SHT har undersøkt en utforkjøringsulykke med buss på Rv 72 i Verdal 24. nov. 2007 (VEI Rapport 2010/01). Ulykken skjedde på et sted hvor lokale meteorologiske forhold gjorde at det dannet seg rim på en allerede iset overflate, som ga en spesielt glatt veibane. Følgende sikkerhetstilråding ble fremmet (Sikkerhetstilråding VEI nr. 2010/02T):

”Statens vegvesen hadde ikke definert spesielle problempunkter på veistrekningen som skulle ha spesiell oppfølging, slik det var beskrevet i funksjonskontrakten. Dette har etter SHTs vurdering medvirket til at tiltak ikke var iverksatt. SHT tilrår at Statens vegvesen innfører rutiner for å identifisere kritiske punkter på veinettet som krever forsterket oppfølging, og implementerer dette i funksjonskontraktene for drift og vedlikehold.”

1.15.4 Rimfrost og ulykkesrisiko

En undersøkelse fra Sverige (H. Norem, VTI-rapport 630A, 2009) viser at ulykkesfrekvensen ved rim og svart is generelt er dobbelt så høy som på annet vinterføre, og ca. 10 ganger så høy som for bart føre. Disse funnene harmonerer med funnene til C-G. Wallman (VTI-notat 60-2001). Wallman viser også til at ulykkesfrekvensen på ”svart is” øker kraftig jo sjeldnere dette føret forekommer. Dette tilsier at uventet rimdannelse på lokale veipartier utgjør en spesiell risiko.

1.15.5 Funn fra luftfartsundersøkelse om vinteroperasjoner

I SHTs undersøkelse¹³ innen luftfart av vinteroperasjoner på kontaminerte (snø- og isbelagte) rullebaner (funn fra 30 luftfartsulykker og -hendelser) er det funnet indikasjon på potensiell rimdannelse og glatt rullebane dersom duggpunktspredningen (differansen mellom lufttemperaturen og duggpunkttemperaturen) er mindre enn 3 K. Liten spredning er et uttrykk for at luftens vanndamp er nær metning. Erfaring har vist at det under slike forhold kan være mettet damp like inntil veibanens overflate som vil utfelle dugg, eller rim når veibanetemperaturen underskrider kontaminasjonens frysepunkt.

Ved minusgrader er det luftens frostpunkttemperatur det bør refereres til. Denne ligger over duggpunkttemperaturen. Differansen øker ved fallende temperaturer. Ved lufttemperatur på -5 °C ligger frostpunkttemperaturen 0,6 K høyere, ved -10 °C; 1,1 K høyere. Dette gjør at ”kritisk” duggpunktspredning ved lave temperaturer kan være høyere enn 3 K.

¹³ Ikke publisert da denne rapporten ble utgitt.

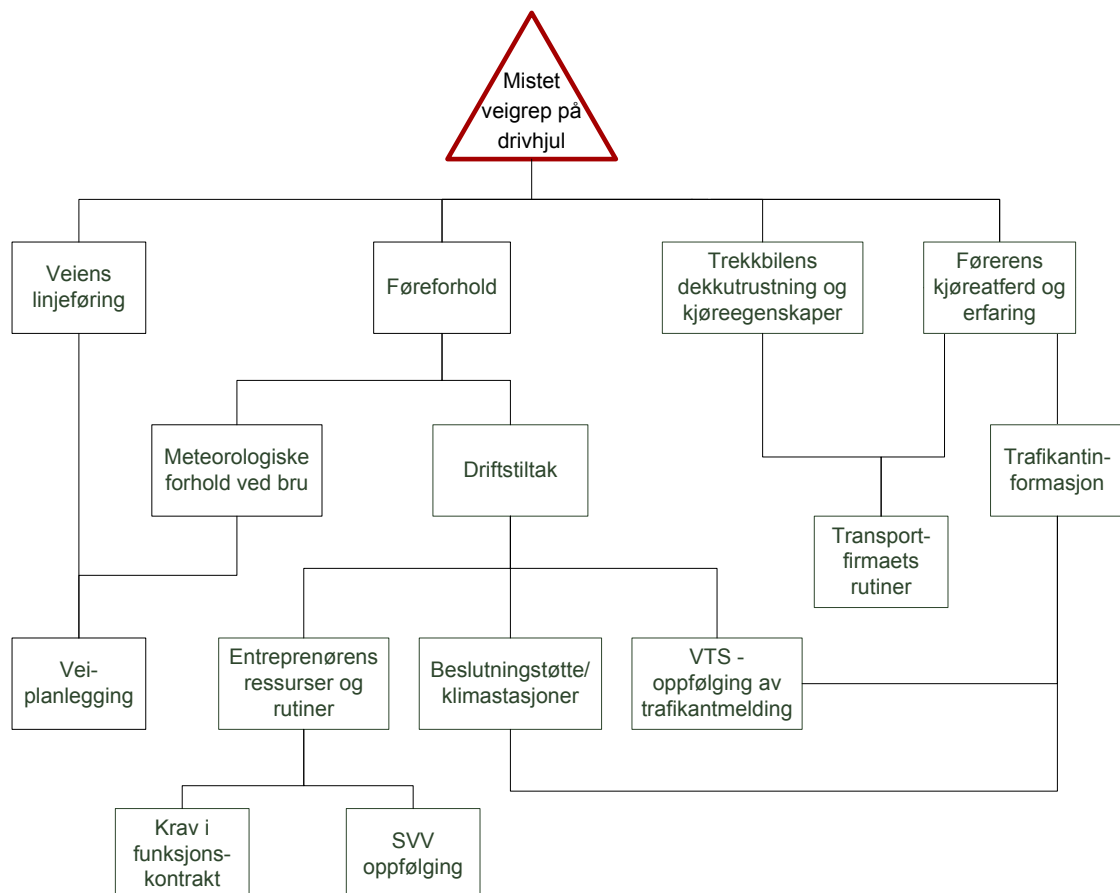
2. ANALYSE

2.1 Innledning

Havarikommisjonen mener med stor grad av sikkerhet at trekkbilen skrenset som følge av at drivhjulene mistet veigrepet på en isbelagt veibane på Brekke bru. Analysen omhandler operative, tekniske og bakenforliggende faktorer som medvirket til at dette skjedde. Disse faktorene er vist i figur 19. Figuren må ikke betraktes som uttømmende, men viser de faktorene SHT mener kan ha hatt betydning for den aktuelle situasjonen og som vurderes videre i analysen.

Analysen innledes med en vurdering av hendelsesforløpet. Deretter følger en beskrivelse og vurdering av de operative og tekniske faktorene som medvirket til at vogntoget mistet veigrepet på drivhjulene. Det er SHTs oppfatning at veiens driftstilstand og linjeføring, dvs. glatt vei i kombinasjon med fall/kurvatur, er blant de faktorene som har størst forbedringspotensial i forhold til å etablere barrierer som kan forebygge lignende ulykker i fremtiden. SHT har derfor valgt å fokusere den videre analysen på de bakenforliggende faktorene relatert til systemet for drift og vedlikehold av vei, herunder også oppfølging av trafikantinnmeldinger, og veiplanlegging.

Siste del av analysen tar for seg skadestedsarbeidet. Dette inngår ikke i figur 19 da SHT anser at skadestedsarbeidet ikke hadde betydning for overlevelse i denne aktuelle ulykken. SHT velger likevel å omtale funnene vedrørende skadestedsarbeidet da dette kan være kritisk for skadeomfanget i andre ulykker.



Figur 19: Faktorer som medvirket til at vogntoget mistet veigrepet på drivhjulene.

2.2 Vurdering av hendelsesforløpet

Hendelsesforløpet var relativt komplekst med tre involverte kjøretøy og flere treffpunkter. SHT hadde ikke mulighet for å delta på ulykkesstedet i en tidlig fase. Beskrivelsen av hendelsesforløpet støtter seg i stor grad på opplysninger fra politiet og Statens vegvesen, informasjon fra flere vitner til ulykken, bilder fra ulykkesstedet, samt praktiske forsøk på lukket bane og bruk av simuleringsverktøy. I tillegg fikk SHT tilgang til videobilder fra flere overvåkningskameraer som bl.a. viser hvordan vogntogene kjørte fra tunnelen og ned mot brua.

Observerte kollisjonsskader på kjøretøyene, vitneforklaringer, datasimuleringer, samt sporene avsatt på tvers av kjørebanelen som beskrevet i kapittel 1.5, er forenlig med at trekkbilen har rotert mot venstre og over i motgående kjørefelt på Brekke bru. SHT kan ikke si med sikkerhet hvordan skadene på de involverte kjøretøy og rekkverket på brua har oppstått, men vurderer med stor grad av sikkerhet at ulykken ble utløst av at trekkbilen roterte mot venstre som følge av at drivhjulene mistet veigrepet.

Simuleringene gjort av Ingeniørfirmaet Rekon DA sannsynliggjør at trekkbilen har hatt bremsevirkning på drivhjulene da den kjørte ut på brua. Simuleringene anskueliggjorde også at utforbakken forut for brua krevde at vogntoget måtte bremses for at ikke hastigheten skulle øke. Resultatet fra simuleringene kan passe med funnet av retarderen i trinn 1 etter ulykken. Beregningene viste at bremsebehovet ned bakken mot brua kan ha vært noe større enn retarderens virkning i første trinn. SHT vurderer at det kan være mulig føreren benyttet et høyere trinn på retarderen, eller kombinerte med å bruke hjulbremsene i fallet ned fra Flenjatunnelen.

Det første markerte fallet i hastigheten som ble avtegnet på fartsskriveren har en høyere retardasjon (oppbremsing) enn det som er mulig for vogntoget å oppnå under de rådende friksjonsforholdene¹⁴. SHT mener at dette sannsynliggjør at drivhjulene har rotert med en lavere hastighet enn vogntoget og dermed mistet veigrepet da det kjørte inn på brua. SHT mener det derfor er sannsynlig at retarderen har vært aktivert for å bremse vogntoget ned bakken mot Flåm og ut på Brekke bru, og at dette har bidratt til at trekkbilen fikk skrens.

Med bruk av hjulbrems og tilnærmet riktig bremsekraftfordeling til alle vogntogets hjul, viste simuleringene at vogntoget ikke sakser. Allerede ved pedalbrems tilsvarende bremsevirkning på flat vei på $1,4 \text{ m/s}^2$, viser simuleringene at hele vogntoget ville skrenset sideveis mot høyre uten at trekkbilen roterer. Dette gir også en ytterligere støtte til at drivakselen på ulykkesvogntoget ble bremsset med tilleggsbrems ut på brua. Samtidig understreker dette de krevende forholdene på Brekke bru på ulykkestidspunktet.

Simuleringene viste også at hvis vogntoget hadde vært utstyrt med ESP, ville dette redusert skrensen, men fortsatt krevet styrekorreksjon fra fører. Forsøk fra Vålerbanen viste tendens til slipp på drivhjulene med tilsvarende veigrep når det ble holdt jevn hastighet uten brems. Dette harmonerer med Rekon sine simuleringer som viste skrens allerede med 7 % bremsekraft på drivhjulene. Både de praktiske og teoretiske forsøkene viste imidlertid at mindre kraft ut på drivhjulene ga mindre skrenseutslag.

¹⁴ Erfaringsverdi for friksjon på rimfrost er $\mu=0,15$. Registrert retardasjon på $3,6 \text{ m/s}^2$ krever tilgjengelig friksjon over $\mu=0,37$ på rett vei for ikke å miste veigrepet.

2.3 Føreforhold og meteorologi

Det er usikkert i hvilken grad trafikken etter ulykken fra ambulanser, brannvesen og politi hadde påvirket friksjonsforholdene på stedet. Det er også noe usikkerhet knyttet til friksjonsberegningene som ble foretatt av Statens vegvesen ca. 3 timer etter at ulykken inntraff. Rekon utelukker heller ikke andre mulige kombinasjoner av parametre i simuleringene som kan resultere i denne ulykken. SHT mener likevel at det ikke er grunn til å være i tvil om at det var glatt på brua på ulykkestidspunktet, og at dette med stor sannsynlighet gjaldt lokalt for brua. Dette bekreftes av vitneobservasjoner fra trafikanter både i forkant av- og på ulykkestidspunktet, politi og redningspersonell, samt friksjonsberegninger. Havarikommisjonen påpeker i denne sammenhengen at det er knyttet usikkerhet til hva som er ”riktige” friksjonsverdier¹⁵, dermed må oppgitte friksjonsverdier betraktes som omtrentlige.

De faglige vurderingene som SHT har innhentet fra meteorologisk hold samsvarer med vitneobservasjoner og friksjonsberegninger. På grunn av bruas lave varmekapasitet taper den varme raskere enn veien for øvrig. Den underkjølte brua ansees derfor for å være den primære forutsetningen for at rim kunne dannes i den aktuelle tidsperioden. I tillegg har Flåmselva vært en kilde for vanddamp, og virket i retning av å øke fuktigheten lokalt. Det avsatte rimet på brua har videre blitt omformet til ”svart is” av trafikken, og skapt en tilsynelatende tørr men likevel glatt veibane. Tilgjengelige værobservasjoner indikerer at brua sannsynligvis var blitt kontaminert av is eller rim allerede om ettermiddagen eller kvelden før ulykkesdagen, hvor rimdannelse har vært en kontinuerlig prosess frem mot ulykkestidspunktet som følge av de lave temperaturene og luftens vanddampinnhold.

Erfaringsdata viser at rimfrost gir svært glatt veibane med høy ulykkesrisiko. Lokal rimfrost på veibanen er en situasjon som er krevende å håndtere for trafikantene fordi sprang i friksjon krever ekstra årvåkenhet i forhold til hastighetsvalg. Partier med ”svart is” er dessuten vanskelig å oppdage, og små førerfeil kan under slike forhold få alvorlige følger.

2.4 Trekkbilens dekkutrustning og kjøreegenskaper

Alle trekkbilens dekk hadde mønsterdybde som tilfredsstilte forskriftenes krav, men den ytre bandedel (dybde ca. 10 mm) som var seipet for å gi bedre snø- og vinterregenskaper var slitt ned. Dette gjør at vinterregenskapene ble redusert. De praktiske prøvene som ble gjennomført på Vålerbanen viste at dekkene som var på ulykkesbilen hadde dårligere friksjonsegenskaper enn nye vinterdekk, hvor seipingen var intakt. SHT mener at dekkenes tilstand på trekkbilen kan ha hatt en viss betydning for skrenseforløpet. Imidlertid er det etter SHTs vurdering ikke grunnlag for å si at nye vinterdekk med intakt vinterseiping ville vært tilstrekkelig til å unngå en ukontrollerbar skrens på brua.

Akselavstanden på trekkbilen var kortere enn normalt for denne type trekkbil. Med svingskiven plassert 40 cm bak drivakselens senter, har SHT vurdert at dette er om lag 20 cm for langt bak i forhold til å få full utnyttelse av bilens tillatte aksellaster og totalvekt. Kombinasjon av kort akselavstand og unødig stort overheng på svingskiven i forhold til drivaksel kan dermed ha forsterket skrensen da drivakselen mistet veigrepet. SHT har valgt å ikke gå nærmere inn på detaljberegninger omkring dette.

¹⁵ Friksjon er en empirisk øyeblikksverdi som bl.a. avhenger av måleutstyr og målemetode, og vil være ulikt for andre kjøretøy med andre friksjonsegenskaper.

2.5 Vognførers kjøreferd

På vei mot ulykkesstedet viser videobilder at vognføreren kjørte som nummer to i en rekke med tre vogntog. I følge bildene var avstanden mellom vogntogene før brua ca. 4 sekunder, men at det første og siste vogntoget i rekken reduserte farten inn mot brua. Førerne av det første og siste vogntoget uttalte at de hadde indikasjoner på at brua kunne være glatt, og reduserte hastigheten inn mot brua. Ulykkesvogntoget holdt imidlertid hastigheten konstant ut på brua, og da sannsynligvis med tilleggsbrems aktivert som følge av bremsebehovet ned bakken fra Flenjatunnelen.

I samtaler med SHT ga føreren uttrykk for at han ikke hadde fullstendig klarhet i retarderens virkemåte og faremomentene ved bruk av denne på glatt føre. De to andre trekkbilene hadde påmontert nye vinterdekk, mens føreren av ulykkesvogntoget ga uttrykk for at de slitte dekkene han hadde var gode. SHT mener at en mer erfaren sjåfører generelt vil være mer påpasselig med å søke relevant informasjon og være bedre forberedt på faren for rimdannelse og glatt veibane, spesielt ved bruer.

2.6 Transportfirmaets rutiner

SHT mener manglende opplæring kan være medvirkende til at føreren ikke hadde fullstendig klarhet i retarderens virkemåte og faremomentene knyttet til bruk av denne på glatt føre. SHT vil påpeke at bruk av retarder og annen tilleggsbrems på glatt vei frarådes av bilprodusenten, og at det er viktig at sjåfører kjenner til dette.

Jørn Pedersen Transport AS hadde kjøpt inn nye dekk til bilen, og hadde planer om snarlig omlegging. På ruten fra Askim til Bergen kan det allerede fra september/oktober forekomme føreforhold som krever dekkutrustning med gode snø- og vinterregenskaper. SHT mener at da dekkene på trekkbilen ikke var skiftet, burde føreren vært informert om at dekkene var slitt, slik at han kunne tilpasse kjøringen etter dette.

Undersøkelsen har avdekket mangelfulle rutiner for opplæring av førere og dekkutskifting i firmaet Jørn Pedersen Transport AS. SHT mener at disse forholdene reduserte sikkerhetsmarginene for vogntoget på ulykkestidspunktet. Dersom transportfirmaet fortsatt hadde vært i virksomhet, ville SHT fremmet en sikkerhetstilråding til firmaet innenfor dette området. Havarikommisjonen oppfordrer imidlertid transportbransjen generelt til å påse at yrkesførere har tilstrekkelig kjennskap til kjøretøyenes sikkerhetskritiske funksjoner og kjøring på norske vinterveier, samt sikre at dekkskifte gjøres i rett tid.

2.7 Veiplanlegging

Bruer har ikke samme varmelagringskapasitet som vei på fast grunn med jordvarme. Overflaten avkjøles raskere og gjør den mer utsatt for rimdannelse og glatt veibane. I tillegg vil underliggende elv og sjø utgjøre en ekstra kilde til vanddamp og økt mulighet for rimavsetning. SHT mener at Statens vegvesen ikke har tatt tilstrekkelig hensyn til dette ved planlegging og utforming av brua over Flåmsdalen. Veiens fall mot brua og kurvatur på ulykkesstedet stiller ekstra krav til gode friksjonsforhold.

Det er en relativt bratt bakke (fall 6 %) ned mot brua som gjør det nødvendig å bremse for å kunne holde konstant hastighet. SHT vurderer ut fra hendelsesforløpet at avstanden fra utforbakken til veien flater ut over brua er så kort at det kan være behov for å bremse også etter at kjøretøyet er kommet ut på brua. I tillegg ligger brua i en sving, og det er

anlagt et kryss på vestsiden som gjør at overhøyden ved- og på brua er redusert. Den lave overhøyden inn på brua fra vest har redusert kritisk hastighet for kjøretøy gjennom svingen. I tillegg til liten overhøyde utgjør krysset et avvik fra veinormalen fra 1993 med hensyn til horisontalkurvatur og stigning. SHT mener at disse forholdene samlet gjør at det kreves god og forutsigbar friksjon på brua.

Det er SHTs oppfatning at både fall og krapp kurvatur bør unngås i tilknytning til ei bru som kan være utsatt for lokale vanskelige føreforhold. Dette burde vært vektlagt sterkere ved planlegging og utforming av brua.

Den nye veinormalen fra 2008 anbefaler stivere linjeføring inntil og over bru. SHT mener at dette vil kunne bidra til en økning av sikkerhetsmarginene ved bruer. Planlegging av ny veitrasé bør risikovurderes med hensyn til lokale meteorologiske forhold i kombinasjon med veiens linjeføring for å redusere mulige trafikale problempunkter.

Havarikommisjonen mener også at Statens vegvesen bør være restriktiv med å godta fravik fra de nye normalene på dette punktet. Havarikommisjonen velger derfor å fremme en sikkerhetstilråding knyttet til dette.

2.8 Drifts- og vedlikeholdstiltak i forkant av ulykken

Mesta hadde ikke inspisert veien i Flåm ulykkesdagen eller dagen i forveien. Brøyte- og strøbilsjåføren sjekket meteogram og værstasjonen på Langhuso kl. 0500 ulykkesdagen. Han konstaterte også at det ikke var glatt da han kjørte gjennom rundkjøringen på Nyheim (ved Aurlandsvangen) ca. kl. 0815. Sjåføren vurderte erfaringsmessig at rundkjøringen på Nyheim og brua i Flåm oppførte seg likt, og anså derfor at det ikke var behov for å iverksette salting ulykkesdagen.

Det var ikke informasjon i kontrakten som tilsa at Brekke bru var et kritisk punkt på den aktuelle roden. Mesta hadde nevnt Flåm som et vanskelig parti, men det var ikke sagt noe spesielt om Brekke bru. Ut fra vanlig arbeidspraksis er det derfor forståelig at brøyte-/strøbilsjåføren vurderte at det ikke var behov for tiltak. Imidlertid er det etter havarikommisjonens vurdering for stor usikkerhet å konkludere at Brekke bru i Flåm som ligger i et annet dalføre med helt andre meteorologiske forutsetninger, har tilsvarende føretilstand som rundkjøringen på Nyheim.

Det er et kjent fenomen at isolerte strekninger og bruer ofte utløser behov for salttiltak for å hindre tilfrysing og rimdannelse. Sannsynligvis startet rimdannelsen på Brekke bru allerede om ettermiddagen dagen før ulykken skjedde. SHT vurderer at problemene med rimdannelse på brua kunne vært forutsett gjennom grunnleggende meteorologiske kunnskaper og god lokalkjennskap for å tolke de varslede værforhold og faktiske værobservasjoner.

Basert på den informasjonen SHT har fått fra Mesta og brøytesjåføren ble det ikke foretatt noen flere vurderinger av føreforholdene mellom ulykkesdagen kl. 0815 og ulykkestidspunktet. SHT stiller spørsmål ved at Mestas rutiner ikke stilte krav til en nøyere vurdering av forholdene i døgnet før ulykken, og mener at hele roden burde vært inspisert før ulykken i tidsperioden etter at rimdannelsen på brua startet.

2.9 Identifisering av kritiske punkter

Lokale partier med "svart is", som det mest sannsynlig var på Brekke bru ulykkesdagen, er særlig krevende fordi det er vanskelig å oppdage for trafikantene. SHT mener at en

funksjonskontrakt for drift og vedlikehold av vei bør ha spesielt fokus på strekninger som kan være lokalt utsatt for rimdannelse. I den aktuelle funksjonskontrakten var ikke Brekke bru definert som et spesielt problempunkt, selv om det var lokalt kjent at brua var utsatt for rimdannelse. SHT mener at Statens vegvesen bør ha sterkere fokus på å identifisere sikkerhetskritiske punkter på veinettet som krever forsterket oppfølging og vedlikehold. I VEI Rapport 2010/01 er det fremmet en sikkerhetstilråding angående dette (se kapittel 1.15.3). SHT vurderer at sikkerhetstilråding VEI nr. 2010/02T har samme aktualitet i denne undersøkelsen.

2.10 Meteorologisk beslutningsstøtte

Forbedringen når det gjelder å følge situasjonen på veinettet vil også ligge i forbedret beslutningsstøtte, eksempelvis med instrumentering på steder hvor det erfaringsmessig blir glatt først og som ofte er utløsende for tiltak. Dette er i henhold til retningslinjene gitt i håndbok 266 *Klimastasjoner*. Med det antall værstasjoner som fins i Norge per i dag, er dette imidlertid på langt nær nok til å dekke behovet for å følge med på situasjonen langs veinettet.

SHT mener at det burde vært en form for meteorologiske registreringer på Brekke bru, da dette er å betrakte som et kritisk punkt. Særlig viktige parametre vil etter SHTs vurdering være duggpunktspredning, vanndampinnhold i luften ved brua og overflatetemperaturen i veidekket. Erfaringene fra luftfart og kontaminerte rullebaner har vist at duggpunktspredning mindre eller lik 3 K gir fare for rimdannelse.

Slike registreringer kan brukes av entreprenør i forhold til behov for iverksetting av driftstiltak, samt varsling av trafikantene dersom det ikke har vært gjort nødvendige driftstiltak. For byggherre vil slik informasjon også kunne lette oppfølgingen av entreprenørens arbeid. Registreringene kan også brukes av VTS for å kvalitetssikre innmeldinger fra trafikanter. Det fremmes en sikkerhetstilråding om at Statens vegvesen etablerer meteorologiske målepunkter på kritiske punkter, herunder på Brekke bru, som er særlig utsatt for rim- og isdannelse.

2.11 Funksjonskontrakten for drift og vedlikehold

Havarikommisjonen mener det er grunnlag for å se nærmere på hvordan systemet med kontrollrutiner og kvalitetssystemer er bygd opp i funksjonskontraktene med utgangspunktet i et trafiksikkerhetsperspektiv, samt hvordan systemene blir fulgt opp i praksis.

Med så hurtige omslag i vær- og føreforhold som en kan oppleve vinterstid, kan verken entreprenør eller byggherre ha detaljert oversikt over kjøreforholdene på hele veinettet til enhver tid. Imidlertid vil bedre forståelse av tilgjengelige værdata, flere værstasjoner og bedre identifisering av kritiske punkter gi en bedre prediksjon av føreforhold og mindre behov for inspeksjon og stikkprøvekontroll.

2.11.1 Statens vegvesens oppfølging av entreprenør

Statens vegvesen i Sogn hadde gått bort fra krav til jevnlig innrapportering av føreforhold i lavlandet med begrunnelse i at føret er vekslende. SHT mener at dette er en kontraktsendring som burde vært gitt en formell behandling med konsekvensvurdering, og som burde vært tatt opp med overordnet veimyndighet med ansvar for funksjonskontraktene. De meteorologiske vurderingene viste at det hadde vært glatt på brua allerede dagen før ulykken skjedde. Dersom innrapportering av føreforhold hadde vært basert på forutgående inspeksjon av veinettet og/eller en styrket vurdering av tilgjengelig værdata, mener SHT at den glatte brua i Flåm kunne vært oppdaget tidligere slik at nødvendige tiltak kunne vært iverksatt. SHT mener derfor at det er positivt at Statens vegvesen krever at entreprenøren innrapporterer føreforholdene bl.a. på Brekke bru i den nye funksjonskontrakten.

Byggherre har et system med stikkprøvekontroller, men det kan gå flere uker mellom hver gang det blir foretatt friksjonsmålinger på ett sted. Byggherre hadde heller ikke oppført Brekke bru som et spesielt punkt for oppfølging når det gjelder stikkprøvekontroller.

Det er SHTs vurdering at Statens vegvesen hadde mangelfull oversikt over entreprenørens arbeid i området. SHT mener at innskjerping av systemet med stikkprøver og entreprenørens egenkontroll og rapportering vil være viktig for å sikre at vinterstandarden følges. Viktige veiruter som E16 bør gis en høy prioritet i en slik oppfølging. SHT har merket seg at det i den nye kontrakten er valgt strategi bar vei på strekningen ved Flåm. Imidlertid kan ikke SHT se at denne endringen alene ville utløst andre tiltak forut for ulykken, da ulykken skjedde i en overgangsperiode hvor driften sammenfalt med standarden for bar vei.

SHT fremmer ikke noen sikkerhetstilråding i denne forbindelse, men viser til Sikkerhetstilråding VEI nr. 2008/06T og Statens vegvesens nye instruks (se kapittel 1.15.2). Det forventes også at de nye og mer omfattende krav til entreprenørens kvalitetssystemer og kvalitetsplaner, samt mer detaljerte krav til entreprenørens vinterplan, vil kunne sikre at vinterstandarden følges opp bedre i fremtidige funksjonskontrakter.

2.11.2 Entreprenørens egenkontroll og trafikksikkerhetsansvar

Entreprenøren er gitt et betydelig eget ansvar i forhold til å etablere gode rutiner for inspeksjon for å sikre at standardkravene overholdes. SHT vil påpeke at frafall i kravet til innrapportering av føremeldinger uansett ikke fritar entreprenøren for egenkontroll av føreforhold. Mesta hadde ikke inspisert veien i Flåm ulykkesdagen og dagen i forveien, og vurderte tilgjengelig informasjon om vær og føre til at det ikke var behov for salting. Ut fra de meteorologiske vurderingene SHT har fått utført, og den konstaterte rimdannelsen på brua, er SHT av den oppfatning at Mesta i dette tilfellet feilvurderte tilgjengelig informasjon om vær og føre angående tilstanden på Brekke bru. SHT mener derfor at rutineene til entreprenøren ikke var tilstrekkelige.

Med bakgrunn i denne og andre ulykker som SHT har undersøkt vil SHT påpeke entreprenørens trafikksikkerhetsansvar i det de inngår en funksjonskontrakt med Statens vegvesen om drift og vedlikehold av samfunnskritisk infrastruktur. Funksjonskontrakten innebærer et ansvar når det gjelder ivaretagelse av trafikksikkerhet for trafikantene og

transportavvikling, og SHT mener i dette tilfellet at Mesta ikke i tilstrekkelig grad hadde fulgt dette opp. Samtidig er det klart at kontraktens utforming og byggherrens oppfølging er viktig, og svakheter ved dette er påpekt både av SHT i temarapporten om vinterulykker og av Riksrevisjonen.

Entreprenøren skal ha systemer som sikrer kontroll over driftstilstanden på veinettet. Det fremmes en sikkerhetstilråding til Mesta Drift AS om å gjennomgå sine systemer for oppfølging av kritiske punkter slik at kontraktsforpliktelsene til drift og vedlikehold blir bedre ivarettatt.

2.12 VTS - oppfølging av trafikantmeldinger

VTS loggførte én melding fra en trafikant om morgenen ulykkesdagen om at det var glatt på Brekke bru. Meldingen ble ikke videreformidlet til entreprenør eller byggherre. I tillegg fikk VTS inn minst én tilsvarende melding som ikke ble logget. Begge meldingene kom innenfor et tidsrom hvor det er sannsynlig at det var glatt på brua. SHT mener det er grunnlag for å stille spørsmål ved loggerutinene til vegtrafikksentralene og måten innmeldinger fra trafikanter ble fulgt opp i forkant av ulykken.

Varslingsrutinen for VTS Region vest påla operatøren å foreta en vurdering av meldingens alvorlighetsgrad og om den skulle videreformidles til entreprenør og byggherre. Da det kom inn melding om glatt vei på Brekke bru og det ikke var kommet nedbør i området, mener SHT at det må være en klar indikasjon på isdannelse under de rådende værforhold med underkjøling av brua. SHT mener at en slik melding derfor ikke kan betraktes som en generell klage på driftsstandarden. Her burde VTS kvalitetssikret informasjonen ved eksempelvis å be innringer om en nærmere beskrivelse, vurdert tilgjengelige værdata eller sjekket ut status med entreprenøren.

Rimfrost gir dessuten en høy ulykkesrisiko, som blir høyere jo sjeldnere fenomenet inntreffer. Dersom VTS hadde fått mistanke om rimfrost, burde innmeldingen vært vurdert som et særlig trafikkfarlig forhold med uventet glatt vei og meldt dette umiddelbart videre til entreprenør og byggherre. I påvente av tiltak kunne kritisk glatt føre også vært varslet til trafikantene, eksempelvis ved variable trafikkskilt eller RDS-TMC¹⁶-meldinger.

Vedkommende som opplyste til SHT at han ringte inn og varslet om glatt vei i Flåm kvelden i forkant av ulykken, fikk høre av VTS at situasjonen var under kontroll. Med forbehold om at dette er korrekt mener SHT at en slik håndtering fra VTS er uheldig. Entreprenøren gjorde ikke tiltak i området på denne tiden, og innmeldingen ble heller ikke logget. En slik innmelding burde generert mer innsats fra VTS. En loggføring av meldingen kunne også styrket vurderingsgrunnlaget for innmeldingen morgenen etter.

Det er forståelig at Statens vegvesen ikke ønsker et klagestyrt vedlikehold. Samtidig når det da mangler værstasjoner på spesielt utsatte steder og Statens vegvesen vet at entreprenøren ikke kan ha full oversikt over hele veinettet, bør innmeldinger om uventet glatt vei på bru uten at det har vært nedbør vurderes grundig. SHT mener at VTS i slike sammenhenger kan utgjøre en viktig sikkerhetsbarriere som kan forhindre alvorlige ulykker.

¹⁶ Radio Data System –Traffic Message Channel (RDS-TMC) er en europeisk standard for overføring av områdebestemt trafikkinformasjon via FM-radiobåndet.

SHT mener at innmeldinger fra trafikanter innebærer store krav til VTS-operatørene. Dette gjelder verifisering av informasjon i dialog med innringer kombinert med lokalkunnskap om veinett og meteorologi for å kunne vurdere slike innmeldinger best mulig. SHT fremmer en sikkerhetstilråding om at Statens vegvesen gjennomgår sine rutiner og opplæring av VTS-operatører i forhold til vurdering av særlige trafikkfarlige og tidskritiske forhold ved mottak av trafikantinnmeldinger.

2.13 Skadestedstid

AMK Førde iverksatte trippelvarsling effektivt. I løpet av 3 min. ble politi og brannvesen, med tillegg av luftambulanser og vaktleger varslet. SHT mener også at en frigjøringstid på 25 min. er å betrakte som effektivt under de eksisterende forutsetningene.

SHT mener at det er grunn til å evaluere tidsbruken etter at helikoptrene ankom og lettet med pasienter, ut i fra ressurstilgangen på ulykkesstedet. Det var to kritisk skadde pasienter og både første og andre helikopter brukte ca. 45 min. hver på skadestedet. SHT påpeker at skadestedstiden avviker betraktelig fra ideell skadestedstid på 10 min. som beskrevet i ulike akuttmedisinske retningslinjer. SHT stiller spesielt spørsmål ved tiden andre helikopter brukte på skadestedet med kun én kritisk skadd pasient. Videre mener SHT at det bør tilstrebes kortest mulig skadestedstid også for lettere skadde pasienter.

Det har ikke lyktes SHT å få en fullstendig klarhet i årsaksforholdene knyttet til den lange skadestedstiden. Samhandling og forståelse av roller mellom helsepersonell kan ha vært mangelfull og bidratt til lenger tidsbruk på skadestedet. I tillegg ble redningsarbeidet vanskeliggjort som følge av teknisk feil på samband, avstand mellom helikopter og skadested, og at E16 var fysisk stengt av vogntoget slik at tilgang på ambulanseressurser ble begrenset. For øvrig hadde tidsbruken også med rent medisinske problemstillinger å gjøre som SHT ikke har vurdert.

Imidlertid har SHT ikke fått informasjon som kan tyde på at de kompliserende faktorene eller tidsbruken i forbindelse med redningsarbeidet har hatt innvirkning på skadeomfanget til de involverte personene i denne ulykken. Det fremmes derfor ingen sikkerhetstilråding på dette området. SHT mener likevel at dette kan være kritisk i andre tilfeller.

3. KONKLUSJON

Havarikommisjonen mener at en kombinasjon av flere faktorer på ulike nivå medvirket til at trekkbilens drivhjul mistet veigrepet på Brekke bru i Flåm. Dette førte til at vogntoget kom over i motgående kjørefelt og traff to møtende personbiler som ikke hadde mulighet for å unngå ulykken. Forholdet mellom de ulike faktorene er gjengitt i diagrammet¹⁷ i figur 20.

¹⁷ Diagrammet er delvis basert på tapsmodellen fra International Loss Control Institute (ILCI) og Rasmussens årsakstre utarbeidet for Zeebrugge ulykken. Se bla. U. Kjellén (2000): Prevention of Accidents Through Experience Feedback, Taylor & Francis, London, UK og J. Rasmussen (1997): Risk management in a dynamic society, Safety Science Vol. 27, No. 2/3, pp. 183-213.

3.1 Operative og tekniske faktorer

Operative og tekniske faktorer er sikkerhetsproblemer relatert til usikre hendelser og usikre forhold som hadde direkte betydning for hendelsesforløpet og som i kombinasjon utløste ulykken.

- a) Brua over Flåmselva var lokalt tilfrosset med rim som videre var omformet til "svart is" av trafikken. Dette er krevende for trafikantene fordi det gir en særlig glatt veibane som er vanskelig å oppdage.
- b) Vognføreren reduserte ikke farten i forkant av brua, men holdt tilnærmet konstant hastighet (ca. 80 km/t) i bakken ned mot Brekke bru.
- c) Drivakselen har hatt en bremsevirkning slik at trekkbilens drivhjul mistet veigrepet da bilen kom inn på det glatte partiet på brua. En aktivert retarder kan ha gitt denne bremsevirkningen.
- d) Trekkbilens dekk hadde dårligere friksjonsegenskaper enn nye vinterdekk, som følge av at seipingen var slitt bort.
- e) Kombinasjon av kort akselavstand og unødig stort overheng på svingskiven i forhold til drivaksel forsterket skrensen da drivakselen først mistet veigrepet.

3.2 Basisfaktorer

Basisfaktorer er forhold som forklarer hvorfor de operative og tekniske faktorene var tilstede eller fikk oppstå i hendelsesforløpet. Dette er i hovedsak svakheter knyttet til trafikanter, kjøretøy, vei og arbeidsutførelse.

- a) Mesta hadde ikke inspisert veien i Flåm ulykkesdagen eller dagen i forveien, og vurderte tilgjengelig informasjon om vær og føre til at det ikke var behov for salting.
- b) Meldinger fra trafikanter i forkant av ulykken om at det var glatt på Brekke bru ble ikke betraktet som særlig trafikkfarlig og tidskritisk av Vegtrafikksentralen, og informasjonen ble ikke videreformidlet til entreprenør, byggherre eller trafikanter.
- c) Den underkjølte brua var den primære forutsetningen for at rim kunne dannes. På grunn av bruas lave varmekapasitet taper den varme raskere enn veien for øvrig.
- d) Veiens fall mot brua og kurvatur på ulykkesstedet stiller ekstra krav til gode og forutsigbare friksjonsforhold.
- e) Den uerfarne vognføreren var ikke tilført tilstrekkelig kompetanse da han manglet kurs/opplæring i vanskelige føreforhold, og ikke hadde fullstendig klarhet i retarderens virkemåte og faremomentene knyttet til bruk av denne på glatt vei.
- f) Transportfirmaet hadde forberedt for, men ikke skiftet til nye vinterdekk på vogntoget, og føreren var ikke kjent med at dekkene var slitt.

3.3 Rotfaktorer – mangelfull styring

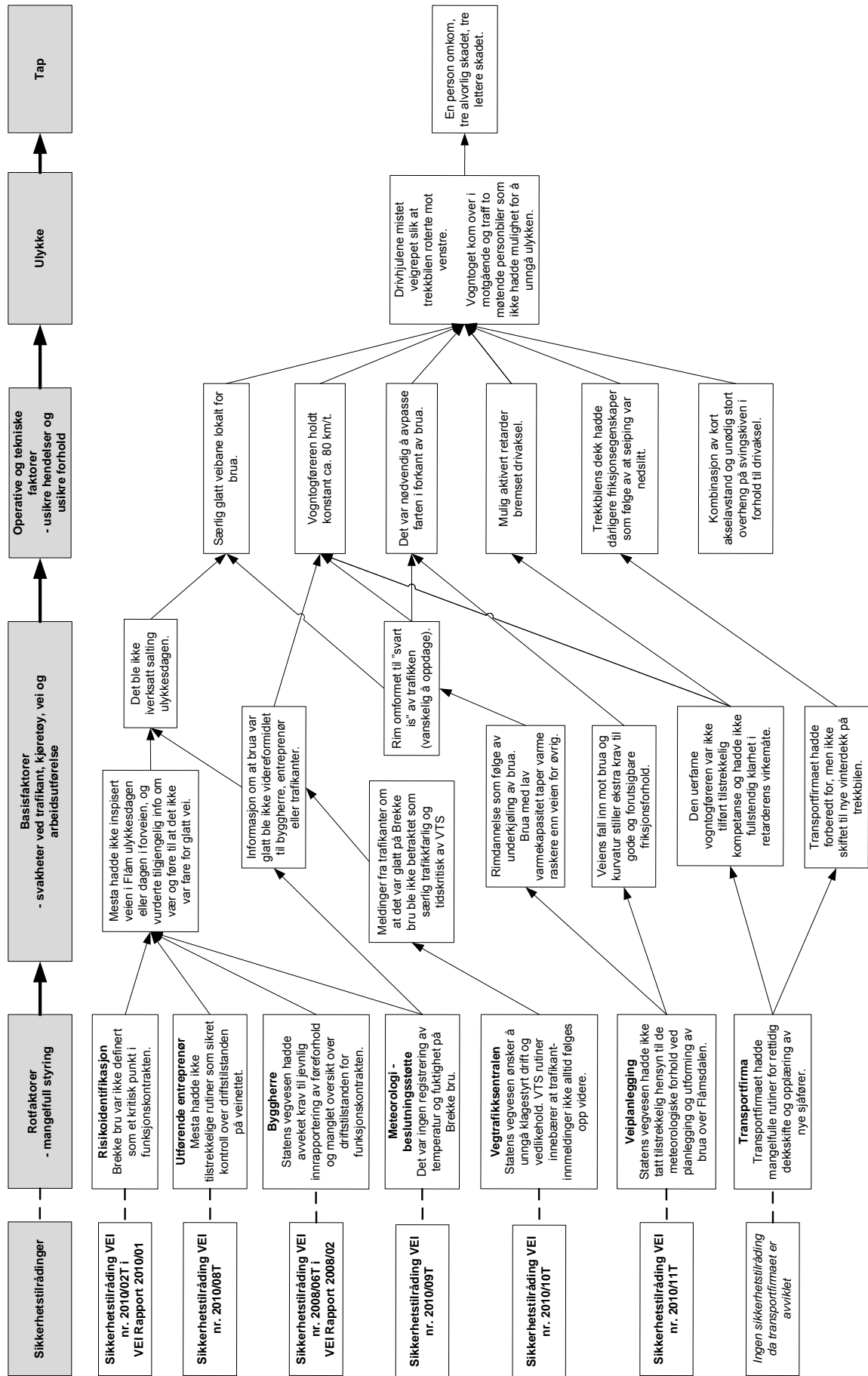
Rotfaktorer - mangelfull styring er faktorer relatert til ledelse, organisatoriske systemer og krav/retningslinjer som igjen kan bidra til å forklare svakhetene som oppstod i form av basisfaktorene. Det er i hovedsak på dette nivået SHT retter sine sikkerhetstilrådinger.

- g) Brekke bru var ikke definert som et kritisk punkt i funksjonskontrakten for drift og vedlikehold, selv om det var lokalt kjent at brua var utsatt for rimdannelse.
- h) Det var ingen registrering av temperatur og fuktighet på Brekke bru for beslutningsstøtte til entreprenøren eller trafikantinformasjon.
- i) Mesta hadde ikke tilstrekkelige rutiner til å sikre kontroll over veinettets driftstilstand.
- j) Statens vegvesen hadde, uten formell behandling, fraveket krav i håndbok 210 om jevnlig innrapportering av føreforhold og manglet oversikt over entreprenørens arbeid i området.
- k) Statens vegvesen ønsker å unngå et ”klagestyrt” drift og vedlikehold. Lokal varslingsrutine og overordnede føringer til Vegtrafikksentralene innebærer derfor at trafikantinnmeldinger ikke alltid følges opp videre.
- l) Transportfirmaet Jørn Pedersen Transport AS hadde mangelfulle rutiner for rettidig dekkskifte og opplæring av nye sjåfører.
- m) Statens vegvesen hadde ikke tatt tilstrekkelig hensyn til de meteorologiske forholdene ved planlegging og utforming av brua over Flåmsdalen.

3.4 Andre undersøkelsesresultater

Andre undersøkelsesresultater er viktige sikkerhetsmessige opplysninger eller funn, men som ikke betraktes som medvirkende til denne ulykken.

- n) Skadestedstiden avvek betraktelig fra ideell skadestedstid på 10 min. som beskrevet i ulike akuttmedisinske retningslinjer.
- o) Nye veinormaler fra 2008 stiller strengere krav til linjeføring inntil og over bru.



Figur 20: Bakgrunnsfaktorer som medvirket til ulykken og skadeomfanget.

4. SIKKERHETSTILRÅDINGER

Innledning

Undersøkelsen av denne veitrafikkulykken har avdekket flere områder hvor havarikommisjonen anser det nødvendig å fremme sikkerhetstilrådinger som har til formål å forbedre trafikksikkerheten.¹⁸

Det vises til VEI Rapport 2010/01 som omhandler utforkjøring med buss i Verdal. Ulykken skjedde på et sted hvor lokale meteorologiske forhold gjorde at det dannet seg rim på en allerede iset overflate. Dette ga vesentlig dårligere føreforhold i svingene der bussen kjørte av veien enn på veistrekningen før ulykkesstedet. Følgende sikkerhetstilråding ble gitt i denne forbindelse (Sikkerhetstilråding VEI nr. 2010/02T):

”Statens vegvesen hadde ikke definert spesielle problempunkter på veistrekningen som skulle ha spesiell oppfølging, slik det var beskrevet i funksjonskontrakten. Dette har etter SHTs vurdering medvirket til at tiltak ikke var iverksatt. SHT tilrår at Statens vegvesen innfører rutiner for å identifisere kritiske punkter på veinettet som krever forsterket oppfølging, og implementerer dette i funksjonskontraktene for drift og vedlikehold.”

Ulykken på Brekke bru i Flåm skjedde også på et sted som var lokalt mer utsatt for rimdannelse enn veien for øvrig. SHT vurderer at sikkerhetstilrådingen som refereres over har samme relevans i denne undersøkelsen.

Sikkerhetstilråding VEI nr. 2010/08T

Mesta hadde ikke inspisert Brekke bru i Flåm ulykkesdagen eller dagen i forveien, og vurderte tilgjengelig informasjon om vær og føre til at det ikke var behov for salting. Funksjonskontrakten for drift og vedlikehold innebærer at entreprenøren skal ha systemer som sikrer kontroll over driftstilstanden på veinettet. SHT tilrår at Mesta Drift AS gjennomgår og forbedrer sine systemer for oppfølging av spesielt kritiske punkter på viktige veiruter.

Sikkerhetstilråding VEI nr. 2010/09T

Brua over Flåmselva var lokalt tilfrosset med rim og ”svart is”. Dette er krevende for trafikantene fordi det gir en særlig glatt vei som er vanskelig å oppdage. Den underkjølte brua var den primære forutsetningen for at rim kunne dannes. Det manglet registreringer av temperatur og fuktighet på brua for entreprenørens beslutningsstøtte og trafikantinformasjon. SHT tilrår at Statens vegvesen etablerer værstasjoner på kritiske punkter som er spesielt utsatt for rim- og isdannelse, herunder på Brekke bru i Flåm.

¹⁸ Undersøkelserapporten oversendes Samferdselsdepartementet som treffer nødvendige tiltak for å sikre at det tas behørig hensyn til sikkerhetstilrådingene, jf. forskrift 30. juni 2005 om offentlige undersøkelser og om varsling av trafikkulykker mv., § 14.

Sikkerhetstilråding VEI nr. 2010/10T

Meldinger fra trafikanter om glatt vei på Brekke bru i Flåm ble ikke vurdert som særlig trafikkfarlig og tidskritisk av VTS og dermed ikke videreformidlet til byggherre eller entreprenør. Vurderingen av innmeldingene var i samsvar med lokal varslingsrutine og overordnede føringer til vegtrafikksentralene. SHT mener at uventet glatt vei på ei bru uten at det er kommet nedbør i området, må betraktes som en klar indikasjon på isdannelse under de rådende værforhold med underkjøling av brua. SHT tilrår at Statens vegvesen gjennomgår sine rutiner og opplæring av VTS-operatører i forhold til vurdering av trafikantinnmeldinger som kan være sikkerhetskritiske.

Sikkerhetstilråding VEI nr. 2010/11T

Veiens fall inn mot brua og kurvatur på ulykkesstedet stiller ekstra krav til gode og forutsigbare friksjonsforhold. Statens vegvesen hadde ikke tatt tilstrekkelig hensyn til dette ved planlegging og utforming av brua over Flåmsdalen. Den nye normalen for veiutforming påpeker behovet for stivere linjeføring inntil og over bru, og det er viktig at dette følges opp for å unngå fremtidige problempunkter for trafikantene. SHT tilrår at Statens vegvesen gjennomgår sine rutiner for veiplanlegging og fraviktsbehandling fra håndbok 017 for å ivareta trafikksikkerheten ved bruer.

Statens Havarikommisjon for Transport

Lillestrøm, 28. september 2010

VEDLEGG

Vedlegg A: Meteorologiske definisjoner

Vedlegg B: Simulering av mulig hendelsesforløp (Ingeniørfirmaet Rekon DA)
Animasjonen det henvises til er tilgjengelig på www.sht.no

VEDLEGG A

METEOROLOGISKE DEFINISJONER

Duggpunktstemperatur: Den temperatur ved hvilken vanndamp i luften mettes i forhold til flytende vann, dvs. dampen fortettes til væske (dugg). Duggpunktstemperatur oppgis også ved temperatur lavere enn vannets frysepunkt. (Grunnen er at i naturen opptrer underkjølt vann, dvs. flytende ved temperatur også betydelig lavere enn 0 °C.) Duggpunktstemperaturen sammen med lufttemperaturen gir et bedre bilde av den absolutte fuktigheten i lufta enn relativ luftfuktighet gjør.

Frostpunktstemperatur: Den temperatur ved hvilken vanndamp i luften mettes i forhold til is, dvs. dampen fortettes til fast fase (rim). Frostpunkttemperatur er noe høyere (varmere) enn duggpunktstemperatur. Damp vil derfor være mettet i forhold til is (rim dannes) ved en temperatur varmere enn duggpunktstemperaturen.

Frysepunktstemperatur: Den temperatur der flytende fase (væske) går over i fast fase. For rent vann er frysepunktet ved 0 °C, for løsning av salt lavere (kaldere).

Relativ luftfuktighet: Oppgir forholdet mellom det aktuelle vanndamptrykket og damptrykket ved metning av dampen, uttrykt i prosent. Når lufttemperatur er lik duggpunktstemperatur så er det aktuelle vanndamptrykket lik metningstrykket. Sistnevntes forhold til hverandre er i så fall 100 prosent, dvs. dampen er mettet.



Ingeniørfirmaet

REKON DA

Utredning av trafikkkulykker

www.rekon-da.no

SHT
Postboks 213
2001 Lillestrøm

Høvik Stasjon
Snoveien 13
1363 Høvik

Postboks 386
1326 Lysaker

Høvik, 14.09.2010

Deres ref.: Ulykke mellom vogntog og to personbiler på E16 i Flåm
14.11.2007

Vår ref.: EA1033

Telefon
+ 47 67 12 00 45

Telefax
+ 47 67 12 52 79

Org.nr. 976 480 031

Erik Aanerud
Mobil+4790551945
aanerud@rekon-da.no

Henrik Nesmark
Mobil+ 47 900 12 044
nesmark@rekon-
da.no

1.Oppdrag

Det vises til Deres henvendelse i saken hvor vi er gitt følgende oppdrag:

1. Rekonstruere mest sannsynlig hendelsesforløp ut fra foreliggende oppmålinger, skader og vurdert hendelsesforløp
2. Lage animasjoner av rekonstruert hendelsesforløp

2.Geometri og aksellaster

Geometrien og vektene som er valgt for trekkbilen og semitraileren er vist i illustrasjon 1 og 2 på neste side. Det er valgt å sette semitrailerens egenvekt til 9300 kg med 2500 kg last jevnt fordelt over lasteplanet. Det er videre valgt lastfordeling mellom driv- og løpeaksel i boggien på 65/35 og med boggien oppe.

1 TRACTOR	Type: Truck
Trekkbil	Total Weight 9750 kg
Driver	Distance of C.G. from front axle: 1.260 m
No. of axles: 2	C.G. height: 1.016 m
Length: 6.650 m	$I(Def) = m * (Length^2 + Width^2) / 12$
Width: 2.600 m	Yaw: 41423.3 kgm ²
Height: 4.500 m	<input type="checkbox"/> ABS 0,1 sec
Front 1,200 m	Wheelbase 1-2: 2,900 m
Steeringratio: 20	
Track - Axle 1: 1,981 m	
Track - Axle 2: 1,829 m	

Illustrasjon 1

2 semitrailer	Type: Semi-trailer
semitrailer	Total Weight: 11800 kg
Driver:	Distance of C.G. from front axle: -0.800 m
No. of axles: 3	C.G. height: 1.000 m
Length: 14.000 m	$I(Def) = m \cdot (Length^2 + Width^2) / 12$
Width: 2.500 m	Yaw: 08991.7 kgm ²
Height: 4.000 m	Roll: 12916.7 kgm ²
Front: 8.410 m	Pitch: 08991.7 kgm ²
Steeringratio: 20	<input checked="" type="checkbox"/> ABS: 0.1 sec
Track - Axle 1: 1.898 m	Wheelbase 1-2: 1.310 m
Track - Axle 2: 1.898 m	Wheelbase 2-3: 1.310 m
Track - Axle 3: 1.898 m	

Illustrasjon 2

De valgte mål og vektorer gir aksellaster som vist i illustrasjon 3.

	Trekkbil		King pin trykk	Semitrailer		
	Foraksel	Drivaksel (boggi oppe)		1. aksel	2. aksel	3. aksel
Last i kg	5400	7300	2950	2950	2950	2950

Illustrasjon 3

3. Ulykkesstedet

Vegen er definert i Scan-Crash som 3D-veg med lengde- og tverrfall som oppgitt i word-dokumentet "Tverrfall og stigning på E 16 ved Brekke bru i Flåm".

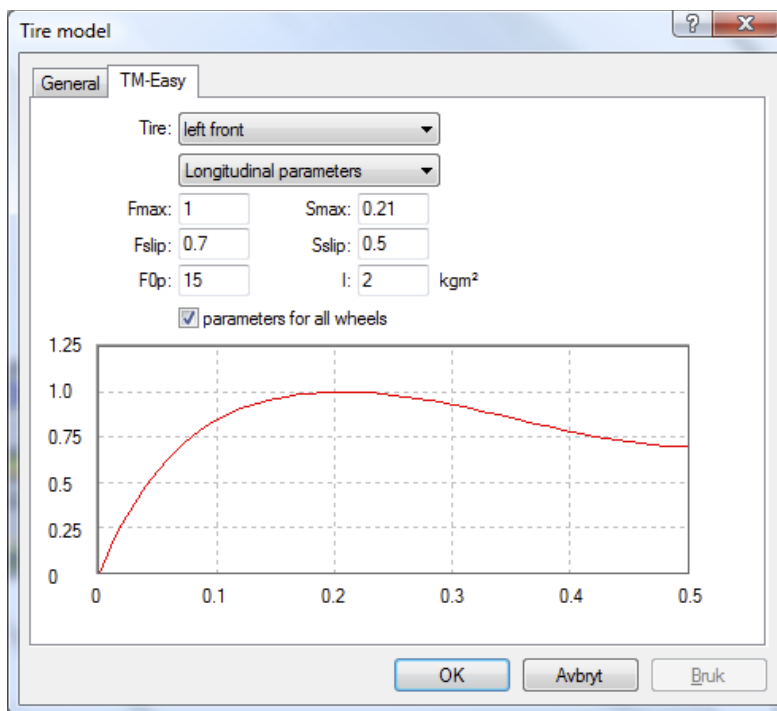
Det er lagt til grunn at kollisjonen med den første bilen (Ford Focus) skjedde omtrent rett over vegen som går under brua ved siden av elven og at trekkbilen da hadde "sakset" så mye i forhold til semitraileren at den hadde vinkel omtrent 90 grader med vegen og at Focusen traff trekkbilen på høyre side foran forhjulet. Det legges videre til grunn at vogntoget har krysset det skraverte feltet mellom kjørefeltene i skrens som indikert av sporene som er synlige på figur 4 i utkastet til rapport fra SHT i saken.

4. Gjennomføring av rekonstruksjonen

3D vegen defineres i Scan-Crash med vertikalkurvatur som oppgitt og horisontalkurvatur som gitt i "skisse flom" (Kart over ulykkesområdet).

Det er oppgitt at det var ekstremt glatt på brua og sannsynligvis vesentlig mindre glatt før brua. Det legges derfor inn en glidefriksjonskoeffisient på 0,14 på brua og 0,5 før brua.

Bevegelsesmodellen for vogntoget defineres med en dekkmodell hvor sammenhengen mellom friksjonskraft og slipp i brems og skrens er definert som vist i illustrasjon 4.



Illustrasjon 4: Viser dataene for dekkmodellen som er brukt. X-aksen angir graden av slipp (1 = 100 %) og y-aksen angir den faktoren som valgt friksjonskoeffisient i programmet må multipliseres med for å bestemme grunnlaget for friksjonskreftene.

Den innlagte dekkmodellen gir en optimal friksjonskoeffisient (ved 21% slipp) på 0,20 ved glidefriksjonskoeffisient på 0,14.

Det legges inn rullemotstand og luftmotstand på vogntoget. Rullemotstanden er anslått til 1 % bremsekraft pr. hjul. Luftmotstandskoeffisienten på trekkbilen er anslått til 0,8 med et frontareal på 8 m².

Vogntoget med definert dekkmodell, geometri, aksellaster og rulle og luftmotstand plasseres noe før krysset med veg fra høyre (omtrent samme plassering som i tilsendt prosjekt) og gis en hastighet på 81 km/h. Det legges inn svingesekvenser uten noen form for brems inntil det oppnås bevegelse hvor det om mulig kjøres over brua til godt forbi kollisjonsstedet i høyre felt. Dette var mulig og bevegelsene ble lagret. Et identisk vogntog defineres og plasseres på samme sted og gis samme hastighet og de samme svingesekvenser. Det legges så inn brems på drivakselen for å simulere brems med retarder. Graden av bremsing justeres inntil det om mulig oppnås bevegelse hvor vogntoget sakser, krysser det skraverte området i skrens og når fram til angitt kollisjonssted med Focusen forenlig med at denne kjørte i sitt kjørefelt og med trekkbilen i en vinkel på opp mot 90 grader med vegen.

Det er oppgitt at føreren forsøkte å oppheve skrensen ved å kontrastyre. Simulasjonene er derfor gjentatt ved å legge inn kontrastyring med varierende starttidspunkt og varierende styrevinkler.

5. Resultater

Det måtte legges inn brems på drivakselen på 11 % (i tillegg til rullemotstanden på 1 %) for å få til de registrerte bevegelsene. Dette tilsvarer retardasjon på det aktuelle vogntoget på flat veg på 0,37 m/s² som tilsvarer bremsekraft på hvert drivhjul på 3987 N.

Det er oppgitt fra Scania at det oppnås et moment på drivhjulene ved bruk av retarderen på trinn 1 på mellom 2900 og 4400 Nm

Trekkbilen var utstyrt med dekk i dimensjon 295/80*22,5 på drivakselen. Disse hjulene har en rulleradius på ca. 0,52 meter.

Dette betyr at bremsekraften på hvert av hjulene ved bremsing med retarderen på trinn 1 vil være mellom 2790 og 4230 N.

Den beregnede bremsekraften pr. hjul på 3987 N ved bremsing på 11 % tilsvarer følgelig opp mot den maksimalt oppgitte kraften med retarderen på trinn 1.

De simulerte bevegelsene er vist i animasjonene på vedlagte CD.

Det er opplyst at det kjørte et vogntog foran ulykkesvogntoget og et etter. Vogntoget foran ulykkesvogntoget er lagt inn med en hastighet på 75 km/h og en avstand foran ulykkesvogntoget på ca. 4 sekunder.

Det er i simulasjonen av ulykkesvogntogets bevegelser lagt inn kontraststyring mot høyre med start når vogntogets front er ca. 20 meter inn på brua og trekkbilen har en skrens på ca. 1,5 grader. Det er lagt inn forholdsvis rask kontraststyring hvor rattets dreining endres fra ca. 11 grader mot venstre til ca. 44 grader mot høyre på 1 sekund.

Denne manøveren har ubetydelig innvirkning på trekkbilens bevegelser.

Simulasjoner med tidligere start av kontraststyringen viser at ved å styre på samme måten med start ca. 10 meter tidligere, det vil si når skrensen på trekkbilen er under 1 grad, vil det være mulig å hindre skrens over i motgående kjørefelt. Det krever imidlertid svært nøyaktige styrekorraksjoner for å oppnå dette samtidig som en unngår at trekkbilen styres i autovernet på høyre side.

Det er mulighet for å simulere virkningen av ESP i Scan-Crash. Det er i programmet lagt inn standardverdier for pulseringstakt, skrensevinkel for når ESPen skal slå inn og hvor raskt bremsene slås på når skrens er definert som tilsvarer typiske verdier for en personbil. Ved å legge inn ESP på trekkbilen med "personbilparametre" for følsomheten, viser simulasjonene at trekkbilens vinkel med vegen ved kollisjonsstedet reduseres noe, men trekkbilen skrenser fortsatt over i venstre kjørefelt uten styrekorraksjoner. Det er også nå mulig å holde trekkbilen i eget kjørefelt med styrekorraksjoner og det antas at styrekorraksjonene ved bruk av ESP ikke behøver å være fullt så nøyaktige for å holde trekkbilen i feltet.

Simulasjoner med mindre brems på drivakselen viser at selv ved så lav bremsing som 7 % på drivakselen (som tilsvarer retardasjon på ca. 0,23 m/s² på flat veg), vil vogntoget styres mot venstre som følge av skrens på trekkbilen. Det må derfor kontrastyres noe for å holde vogntoget i eget kjørefelt selv ved denne moderate bremsingen av drivakselen.

Det er også foretatt simulasjoner med å bremse vogntoget med fotbremsen med tilnærmet riktig bremsekraftfordeling mellom akslene over brua. Disse simulasjonene viser at vogntoget vil skrense utover i svingen slik at den treffer autovernet på brua ved bremsekraft som tilsvarer retardasjon på flat veg over ca. 1,4 m/s².

Det er oppgitt at vegen inn mot ulykkesstedet hadde et fall på 6 %. Vi har simulert bevegelsene på det aktuelle vogntoget nedover en slik bakke for å gi en indikasjon på hvor kraftig drivakselen må bremses for å holde konstant hastighet på 81 - 83 km/h.

Dette fordret avbremsing på drivhjulene på 14 % i tillegg til rullemotstanden på 1 % som tilsvarer en bremsekraft pr. hjul på 5064 N, det vil si en del høyere enn bremsekraften med retarderen på trinn 1.

De nødvendige bremsekraftene for å holde konstant hastighet nedover bakken oppnås også med 1 % bremsing på alle hjul i tillegg til rulle og luftmotstand og 11 % bremsing av drivakselen med retarderen.

6. Vurdering av rekonstruksjonen

Den foreliggende rekonstruksjonen representerer en mulig kombinasjon av parametre som gir tilnærmet antatt hendelsesforløp fram til vogntoget kolliderer med den første bilen.

Det er foretatt en del andre kombinasjoner av parametre (spesielt kombinasjoner av friksjonskoeffisient/graden av bremsing på drivakselen) som har gitt oss et bilde av mulige kombinasjoner. Dette arbeidet er imidlertid ikke gjennomført så systematisk at det kan utelukkes at andre kombinasjoner med mindre endringer av parametrene kan ha vært mulig.

For ingeniørfirmaet **REKON** DA

Erik Aanerud

Vedlegg: CD med animasjoner