

RAPPORT

Vei 2011/03



RAPPORT OM VOGNVELT MED PÅFØLGENDE KOLLISJON MED PERSONBIL PÅ E6 I GRONG 12. AUGUST 2009



English summary included

Statens havarikommisjon for transport (SHT) har utarbeidet denne rapporten utelukkende i den hensikt å forbedre trafikkikkerheten. Formålet med undersøkelsene er å identifisere feil og mangler som kan svekke trafikkikkerheten, 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	6
1.1 Hendelsesforløp	6
1.2 Personskader	8
1.3 Overlevelsesaspekter.....	8
1.4 Skader på kjøretøyer inklusiv tippramme og krokcontainer.....	9
1.5 Ulykkesstedet.....	11
1.6 Trafikanter.....	12
1.7 Kjøretøy og last.....	14
1.8 Vær- og føreforhold	16
1.9 Veiforhold	16
1.10 Tekniske registreringssystemer.....	18
1.11 Spesielle undersøkelser	19
1.12 Lover og forskrifter.....	21
1.13 Myndigheter, organisasjoner og ledelse	23
1.14 Andre opplysninger.....	24
1.15 Nyttige eller effektive undersøkelsesmetoder.....	26
1.16 Iverksatte tiltak.....	26
2. ANALYSE.....	27
2.1 Innledning	27
2.2 Vurdering av hendelsesforløp	28
2.3 Forhold knyttet til fører.....	28
2.4 Vogntogforhold.....	30
2.5 Veiforhold.....	33
2.6 Forhold knyttet til transportfirma.....	35
3. KONKLUSJON	36
3.1 Operative og tekniske faktorer.....	36
3.2 Bakenforliggende faktorer	36
3.3 Andre undersøkelsesresultater	37
4. SIKKERHETSTILRÅDINGER	37
REFERANSER	39
VEDLEGG I	1
VEDLEGG II.....	2
VEDLEGG III.....	3

RAPPORT OM VEITRAFIKKULYKKE

Dato og tidspunkt:	12. august 2009 kl. 1622	
Ulykkessted:	Fossland i Grong	
Vegnr, hovedparsell (hp), km:	Ev 6, hp 25 km 2,247	
Ulykkestype:	Velt i veibanen i høyre kurve, med påfølgende møteulykke	
Kjøretøy type og kombinasjon:	Lastebil, Scania R480, 2007 -mod. med krok løfter. Påmontert krokcontainer fra 2009. Påhengsvogn ¹ , Nor Slep 2007 -mod. Påmontert krokcontainer fra 2009.	Personbil, Opel Corsa 2004 -mod.
Trafikanter:	Fører	Fører og tre passasjerer
Type transport:	Godstransport, løyvepliktig	Privat

MELDING OM ULYKKEN

Beredskapsvakten ved veiavdelingen hos Statens havarikommisjon for transport (SHT) ble varslet om ulykken den 12. august 2009 kl. 1655 fra Vegtrafikksentralen (VTS) i Statens vegvesen Region midt. SHT opprettet raskt kontakt med lokalt politi og Statens vegvesen sin ulykkesberedskap som var på stedet. Fordi ulykken hadde høyt skadeomfang med to omkomne, samt velt i veibanen i forbindelse med krokcontainertransport besluttet SHT å iverksette forundersøkelse. Ulykkesstedet ble besiktiget dagen etter. Undersøkelsen av involverte kjøretøy ble gjennomført de påfølgende dagene i samarbeid med Statens vegvesen.

SAMMENDRAG

Den 12. august 2009 kl. 0711 startet et vogntog fra Trondheim med retning mot Melhus for lasting av skrapmetall hos WEEE Recycling AS. Skrapmetallet skulle leveres på Mo i Rana. Bruker av vogntoget var transportfirmaet Østbø AS som gjennomfører ulike typer avfallstransporter. Føreren var godt kjent på strekningen Trondheim – Mo i Rana.

Etter lastingen hos WEEE Recycling AS ble vogntoget veid og fraktbrev ble skrevet. Både veieseddel og fraktbrev viste at lastens totale vekt var ca. 25 000 kg, noe som er marginalt over det som er tillatt.

Vogntoget satte kursen nordover og kl. 1516 gjennomførte sjåføren 45 minutters pause på en veikro ved E6 i Snåsa kommune som ligger ca. 180 km nord for Trondheim. Ca. 25 minutter etter avviklet pause passerte vogntoget Mediå bru (Grong) og kom inn i et veiparti med flere påfølgende kurver og 80 sone. Vogntoget holdt en hastighet på 77 – 78 km/t i sekundene før ulykken. I den siste høyrekurven før veien retter seg ut, veltet vogntoget mot venstre og en personbil som kom i motgående felt ble rammet og delvis sammenklemt av det veltende vogntoget.

¹ Tilhenger med en eller flere aksler som er slik konstruert at vertikale krefter kan overføres til tilhengerkoblingen på den trekkende motorvognen.

Føreren og passasjerer foran i personbilen omkom i ulykken. Det var to barn i baksetet på personbilen, en gutt på 14 år og en jente på 9 år. På ulykkesstedet ble gutten vurdert som kritisk skadd og jenta som ikke kritisk skadd. Føreren av vogntoget kom fra ulykken uten fysiske skader.

SHTs undersøkelse av ulykken har avdekket at det er flere forhold som i samspill har medvirket til ulykken. Det er blant annet sannsynlig at vogntogets lastvekt var høyere enn de oppgitte vektene i fraktbrev og veieseddel. Vogntogets stabilitet var påvirket av relativt høyt tyngdepunkt i kombinasjon med krokcontainer montert på tippamme og påhengsvogn med midtmonterte aksler. I denne sammenheng blir også hastighet og sporvalg gjennom ulykkessvingen medvirkende faktorer.

Fartsgrensen på stedet var satt opp til 80 km/t kun 5 timer før ulykken skjedde. I følge skiltingen på stedet, var veien et arbeidsområde, og det var ikke merket med midt- eller sidelinjer. Det foregikk ikke arbeid på stedet da ulykken oppsto.

Undersøkelsen av Østbø AS sitt system for sikkerhetsstyring viser enkelte mangler knyttet til opplæring og oppfølging av gjennomføring av transportoppdrag.

I forbindelse med undersøkelsen har det også framkommet sikkerhetskritiske forhold knyttet til krokcontainertransport på vei. Disse forholdene inkluderes i en temaundersøkelse.

SHT fremmer tre sikkerhetstilrådninger som følge av undersøkelsen.

ENGLISH SUMMARY

On Wednesday 12 August 2009 at 7:11 AM a trailer truck drove from Trondheim to Melhus to pick up two containers filled with scrap metal, at WEEE Recycling AS. The cargo was supposed to be delivered in Mo i Rana. The user of the vehicle is Østbø AS, which perform such transportation tasks on a regular basis. The driver of the trailer truck had good knowledge of the transportation route.

After the pick up at WEE Recycling AS, the weight of the trailer truck was established and written in the consignment note. The weight was 25 000 kg and hence almost within the limitations set by various laws related to road transportation.

The vehicle started its northbound journey at 3:16 PM. The driver had a 45-minute lunch break at a roadside café in Snåsa, which is approximately a 180-km drive from Trondheim. Approximately 25 minutes after the break, the vehicle passed the Mediå bridge and entered a part of the road with several curves and a 80 km/h speed limit. A few seconds before the accident, the speed of the trailer truck was within the range 77 – 78 km/h. In the last right curve, the trailer overturned and landed on its side. A meeting passenger vehicle drove in the opposite direction, and was crushed by the trailer truck.

The driver of the meeting passenger vehicle and the passenger beside in the front seat was killed in the accident. There were two children in the backseat, one boy (14 years old) and one girl (9 years old). At the scene of the accident, it was confirmed that the boy had serious injuries, while the girl had only minor injuries. The truck driver was not injured during the crash.

Investigations carried out by the Accident Investigation Board Norway (AIBN) revealed that several factors have interacted and initiated the accident. The trailer trucks cargo was probably heavier than the weight given in the consignment note. This made the vertical center of gravity higher, which provides challenges concerning the vehicle's stability. This, in addition to the trailer

with three center-mounted axles, contributed to that the choice of track and speed through the curve, became contributing factors to the fatal accident.

The speed limit at the scene of the accident was increased to 80 km/h only 5 hours before the accident. There were mounted signs which defined the road as an area of road work, and no center or side strip were painted on the road surface. However, no work was being conducted when the accident occurred.

Investigations related to the transportation company Østbø AS have revealed some deficiencies in the company's safety management system. These findings were related to training and monitoring connected to the execution of transport operations.

Deviations related to safety with regard to transportation of containers using trailer trucks with mounted hook lift, have also been revealed. These matters will be discussed in a report concerning the usage of hook lifts and containers for road transportation in general.

Three safety recommendations are proposed.

1. FAKTISKE OPPLYSNINGER

1.1 Hendelsesforløp

En sjåfør fra Østbø AS startet kjøringen kl. 0711 den 12. august 2009 etter ca. 10 timers hviletid. Etter å ha lastet opp to krokcontainere i Trondheim reiste han til WEEE Recycling AS på Øysand industriområde ved Melhus, som er et gjenvinningsanlegg for elektrisk og elektronisk avfall. Der ble krokcontainerne på både lastebil og tilhenger fylt med grovfragmentert skrapmetall som skulle leveres i Mo i Rana. Bil og tilhenger ble veid før sjåføren startet kjøringen i nordlig retning. Fraktbrev og veieseddel knyttet til den aktuelle transporten viste 25 000 kg. På bakgrunn av dette var vogntoget lastet marginalt over det som er tillatt for denne kjøretøykombinasjonen. Dette i henhold til vegliste og vognkort.

Kl. 1516 gjennomførte sjåføren 45 minutter pause på en veikro ved E6 i Snåsa kommune som ligger ca. 180 km nord for Trondheim og ca. 33 km sør for ulykkesstedet.

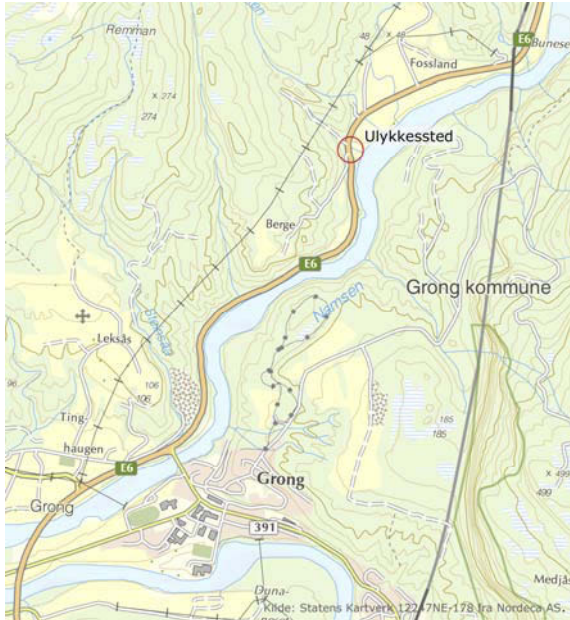


Figur 1: Viser start-, laste-, pause- og ulykkessted. (Kartkilde: NVDB)

Fra Mediå bru (Grong) og frem til ulykkesstedet, en strekning på ca. 2,2 km, går veien i flere påfølgende kurver. De to siste kurvene før ulykkesstedet er krappest. Fartsgrensen på ulykkesstedet var 80 km/t. Hastighetsnivået for vogntoget det siste minuttet før ulykken var omkring 80 km/t i følge bilens fartsskriver. Både førers forklaring til politiet og data fra vogntogets fartsskriver viser at hastigheten lå mellom 77 og 78 km/t de siste

sekundene før ulykken. I følge førerens forklaring til politiet bekrefter han å ha snakket i håndfri mobiltelefon med "blåtann" på øret da ulykken skjedde.

Videre har han forklart at han merket at noe var galt da han kjørte inn i den siste høyrekurven, og at det føltes som bilen ble dratt sidelengs. Han bremsset ikke på dette tidspunktet, men hadde litt gasspådrag i situasjonen.



Figur 2: Viser ulykkessted, hvor nordgående vogntog og sørgående personbil kolliderte. (Kartkilde: Statens kartverk)



Figur 3: Viser veiens utforming rett før ulykkesstedet. Skilt plassert ca. 80 - 100 m før venstresvingen. Bilde (figur) 4 er tatt i området ved den hvite pilen. (Foto: Statens vegvesen)



Figur 4: Viser veltet vogntog med personbilen mellom lastebil og tilhenger. (Foto: Statens vegvesen)

I den siste høyrekurven veltet vogntogets tilhenger over i motgående kjørefelt. Tilhengeren med container skled i følge Statens vegvesen ca. 38 m på venstre side i motgående kjørefelt. I slutfasen av denne ferden kom en personbil i motsatt kjøreretning. Personbilen kolliderte med fronten på tilhengerens container. Deretter veltet lastebilen delvis over personbilen, som ble klemt under lastebilens container. Før kjøretøyene kom til ro åpnet tippen på tilhengeren seg i fremkant. Belastningen bak på tipprammen ble så stor at den revnet. Tipprammen ble stående i ca. 90 graders vinkel sett i forhold til hoveddrammen på tilhengeren.

Containeren på tilhengeren stoppet til slutt i fjellskjæringen på venstre side, sett i vogntogets kjøretretning. Det meste av skrapmetallet fra begge krokcontainerne falt ut og ble liggende i grøfta og i veibanen.

1.2 Personskader

Føreren og passasjerer foran i personbilen omkom i ulykken. Det var to barn i baksetet på personbilen, en gutt på 14 år og en jente på 9 år. På ulykkesstedet ble gutten vurdert som kritisk skadd og jenta som ikke kritisk skadd. Føreren av vogntoget til Østbø AS fikk ingen fysiske skader i ulykken.

Tabell 1: Personskader

Skader	Fører	Passasjerer	Andre	Totalt
Omkommet	1	1		2
Alvorlig		1		1
Lett		1		1
Ingen	1			1

1.3 Overlevelsesaspekter

1.3.1 Varsling av nødetatene

Akuttmedisinsk kommunikasjonsentral (AMK-sentralen) ble varslet om ulykken kl. 1622. En ambulanse var i umiddelbar nærhet og ankom skadestedet like etter. Ambulanse nummer to var på stedet kl. 1627. Trippelvarsling ble fullført 7 minutter etter at AMK ble varslet. I følge prinsippet om trippelvarsling skal alle nødetater være varslet innen 2 minutter.

1.3.2 Skadestedsarbeidet

Da ambulansene ankom ulykkesstedet satt det to omkomne i forsetene på personbilen, og passasjerer på høyre side i baksetet var fastklemt. Passasjerer på venstre side i baksetet var tatt ut av bilen. A og B stolpene ble kuttet av og taket bøyd bakover for å komme til passasjer på høyre side bak. Redningsarbeidet ble i følge Grong brannvesen forsinket i 3-5 minutter på grunn av problemer med det hydrauliske redningsverktøyet. For å få fullført frigjøring hurtig ble det en kort periode benyttet vinkelsliper som alternativt frigjøringsverktøy.

1.3.3 Overlevelsesrom

Da lastebilen veltet ble taket til personbilen klemt under lastebilens container. Taket på personbilens kupé ble påført store ytre belastninger og ble trykket sammen samtidig som det ble forskjøvet over mot høyre side sett i kjøretretningen. De store kjøretøydeformasjonene førte til at overlevelsesrommet ble svært lite. Sannsynligvis omkom både fører og passasjer foran i personbilen momentant.

1.3.4 Sikkerhetsutstyr

Føreren av vogntoget og samtlige i personbilen benyttet bilbelte. Personbilens kollisjonspulver og beltestrammere var utløst på begge sider foran.

1.4 Skader på kjøretøyer inklusiv tippramme og krokcontainer

1.4.1 Personbil Opel Corsa XV 59883

Figur 5 viser skadene i fronten på personbilen som følge av kollisjonen med fronten på containeren som var montert på tilhengeren. Da lastebilen og den påmonterte krokcontaineren veltet, ble taket på personbilen trykt sammen og over mot høyre sett i personbilens kjøreretning. For å rekonstruere overlevelseshrom er taket delvis bøyd tilbake som vist i figur 6.



Figur 5: Viser skader og sluttposisjon for personbilen. Taket er klippet løs av redningspersonell. (Foto: Statens vegvesen)



Figur 6: Viser personbilens sammentrykte kupé.

1.4.2 Lastebil YK 21592 inklusiv krokcontainer

Lastebilen ble påført skader på venstre side på førerhytte, lufttanker, batterikasse og hydraulikkttank. Krokcontaineren som var montert på lastebilen ble kun påført skrapemerker på venstre side.

1.4.3 Tilhenger YK 7081 inklusiv krokcontainer

Tilhengeren ble påført skader på venstre side. Det var skrapemerker på skjermer/sidehinder, skader på felgen på fremre aksel venstre side, og på hengerfeste. Mot slutten av hendelsesforløpet revnet tipprammen foran opplagringspunktet bak på tilhengeren. Det ble også avdekket gamle brudd i tipprammens bakre del.



Figur 7: Viser tipprammens bruddflate bak på venstre side. (Foto: Statens vegvesen)

Bak på tilhengeren var det to flyttbare låseanordninger som var plassert i bakre posisjon (se kap. 1.14.3). Disse kan flyttes i tre ulike posisjoner avhengig av størrelsen på krokcontaineren. Den bakre høyre

låseanordningen hadde falt ut av sitt feste, og ble i følge politiet funnet ca. fem meter syd for sluttposisjonen til containeren.

Den venstre låseanordningen bak på tilhengeren var røket i sveisen mellom tappen som går inn i containeren og platen som plasseres i en av festepunktene bak på tilhengeren (se rød ring Figur 8). På den høyre låseanordningen var tappen som tar vertikalbelastning (se blå ring Figur 9) røket. Den grønne ringen i Figur 8 viser tappen som tar vertikalbelastning på den venstre låseanordningen.



Figur 8: Viser tilhengerens bakre venstre låseanordning.



Figur 9: Viser tilhengerens bakre høyre låseanordning.

Figur 11 viser tilhengerens høyre låseanordning for container. Den blå firkanten viser påført slitasje under bruk på motholdet for låseanordningen.



Figur 10: Viser venstre låseanordning fra undersiden. (Foto: Statens vegvesen)



Figur 11: Viser høyre låseanordning fra undersiden. (Foto: Statens vegvesen)

Krokcontaineren var påført skader på venstre side på grunn av velten. I containerens front var det avtrykk som følge av sammenstøtet med personbilen (se Figur 13).



Figur 12: Viser skader på tilhengerens tippramme (blå ringer) og låsehåndtakenes posisjon. (Foto: Politiet)



Figur 13: Viser skader på tilhengerens container.

1.5 Ulykkesstedet

SHT kom til ulykkesstedet dagen etter at ulykken hadde skjedd. Det ble gjennomført befaring og observasjoner som supplerte de dokumenterte oppmålingene som politiet og Statens vegvesen hadde gjennomført på ulykkesdagen. Veiens tilstand vises i Figur 14 som indikerer blant annet veiens bredde, linjeføring og dekketilstand. Den nylagte asfalten hadde ikke oppmerking. Det var heller ikke formerket² for påføring av merkemaling.

1.5.1 Dokumentasjon av spor

Oppmålinger på ulykkesstedet utført av Statens vegvesen og politiet viste at det i den siste høyrekurven var avsatt spor i vegbanen fra ytre halvdel av de venstre hjulene på tilhengeren. Dette ble målt til ca. 70 m. Sporet, som starter ved km 2,131 var avsatt ca. 3,2 meter fra asfalkanten på høyre side sett i nordgående retning og hadde en beregnet kurveradius på 158 meter. Det var ingen sporavsetning fra de høyre hjulene. Videre var det avsatt et 38 meter langt spor fra tilhengerens container etter at den veltet.



Figur 14: Viser sporavsetning fra tilhengerens venstre hjulpar. (Foto: Statens vegvesen)



Figur 15: Viser begynnelsen på sporet fra fremre felg på tilhengerens venstre side og krokcontainerens første treffpunkt i veibanen. (Foto: Statens vegvesen)

² Formerking – enkel stiplet midt og kantmarkering som benyttes før påføring av merkemaling.

1.6 Trafikanter

1.6.1 Fører av lastebilen

Føreren av vogntoget er svensk statsborger, mann, 42 år, med førerkort klasse BECE ervervet i 2003, samt ADR kompetansebevis. Han hadde vært fast ansatt i Østbø AS siden 13. mai 2008. Han hadde jobbet som yrkessjåfør i seks år forut for ulykken og var godt kjent med strekningen Trondheim – Mo i Rana.

Da han ble ansatt i Østbø AS gjennomgikk han internopplæring som blant annet omfattet laste- og lossrutiner.

Føreren har opplyst til SHT at han på ulykkesdagen kjente seg uthvilt, og at han startet kjøring til normal tid. I følge førerens forklaring til politiet hadde han en fart på omtrent 77-78 km/t i det ulykken skjedde.

1.6.1.1 *Opplysninger om førerens arbeidstid*

Lastebilen er utstyrt med digital fartsskriver. SHT har innhentet opplysninger fra denne, samt bruddrapport og aktivitetsgraf for føreren. En studie av disse viser flere brudd på bestemmelser om arbeids-, kjøre- og hviletid i perioden 1. august 2009 til 12. august 2009 (ulykkesdagen).

Registreringene som er gjort i forbindelse med førerens kjøre- og hviletid på ulykkesdagen viser en sammenhengende arbeidstid (dette inkluderer både kjøring og annet arbeid) fra kl. 0711 til kl. 1515. I følge § 15 i forskrift 10. juni 2005 nr. 543 om arbeidstid for sjåfør og andre innenfor vegtransport, skal hvilepauser avholdes etter behov eller etter maksimalt seks timers arbeidstid. Sjåføren hadde ikke pause etter seks timer, hverken ulykkesdagen eller de to foregående dagene, men hadde *sammenhengende* arbeidstid på over åtte timer før registrert pause (se Tabell 2). I denne forbindelse kan det nevnes at utskriftene fra fartsskriveren viser flere perioder registrert som “annet arbeid” på ulykkesdagen. Enkelte av disse periodene har tilstrekkelig lengde til å kvalifisere som pause. Den digitale fartsskriveren i det aktuelle vogntoget skifter automatisk over til “annet arbeid” når bilen stanses. Sjåføren må registrere sin pause manuelt ved å trykke på en knapp på skriveren i førerhytta. Skriveren registrerer “annet arbeid” selv om motoren stanses. Muligheten for brukerfeil i form av forglemmelse er dermed til stede.

Fartsskriverens registreringer viser at sjåføren jobbet relativt lange arbeidsdager i perioden SHT har mottatt dokumentasjon for. Arbeidstid reguleres i nevnte forskrift om arbeidstid for sjåfør og omfatter det som går med til kjøring, lasting, lossing, vedlikehold, sikring av kjøretøy/last, ventetid mm.

Arbeidsgiver (Østbø AS) har ikke dokumentert arbeidsplan for perioden.

Kl.1516 startet sjåføren 45 minutters korrekt registrert pause på “Snåsakroa” som ligger ca. 33 km sør for ulykkesstedet (se Tabell 3). Fra kroa og fram til ulykkesstedet har sjåføren brukt 25 minutter. Han hadde ikke bedrevet annet arbeid eller stoppet i denne perioden. Da ulykken inntraff hadde vogntoget vært *i bevegelse* (kjøring) i til sammen 5 timer siden arbeidsdagens start kl. 0711.

I tabellene under framstilles førerens aktivitet i tiden før ulykken³.

Tabell 2: Førerens aktivitet dagene før ulykken

Dato	Total arbeidstid inklusiv pause	Aktivitet	Brudd
07.august	1020	Start ukehvile	
10.august	0745-1950	Kjøring/annet arbeid/45 min pause	Manglende pause etter 6 timers arbeid (Sammenhengende arbeidstid før første registrerte pause: 08:17)
11.august	0710-2030	Kjøring/annet arbeid/45 min pause	Manglende pause etter 6 timers arbeid (Sammenhengende arbeidstid før første registrerte pause 08:11)
12. august	0711-1625 ⁴	Kjøring/annet arbeid/45 min pause	Manglende pause etter 6 timers arbeid (Sammenhengende arbeidstid før første registrerte pause 08:05)

Tabell 3: Førerens aktivitet på ulykkesdagen

Dato	Tid	Aktivitet
12. august	→0711	Døgnhvile
12. august	0711-1240	Annet arbeid/kjøring
12. august	1240-1515	Kjøring
12. august	1516-1600	Pause
12. august	1601-1625	Kjøring
12. august	1625	Ulykke

1.6.2 Fører av personbil Opel Corsa

Fører av personbil var mann, norsk statsborger og 74 år. Han hadde førerkort klasse A1BEMST utstedt i 1955.

1.6.3 Andre trafikanter

To førere av to ulike personbiler som kjørte bak vogntoget har avgitt vitneforklaring til politiet. Begge disse har forklart at de kunne se at tilhengeren løftet seg opp på høyre side i ulykkesvingen. Vitnene mener vogntoget holdt en hastighet på ca. 80 km/t.

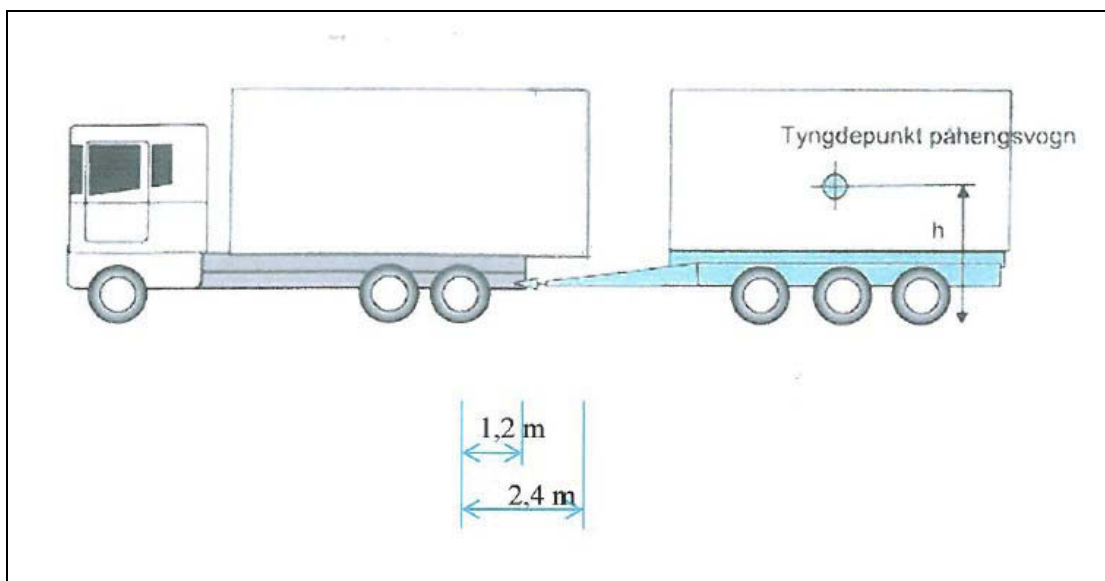
³ Tidspunktene i tabellen er gjengitt på bakgrunn av fartsskriverens registreringer. Det er et avvik på ca. 3 minutter på hendelsestidspunkt mellom fartsskriverens registreringer og oppgitt ulykkestidspunkt.

1.7 Kjøretøy og last

1.7.1 Vogntoget

Det involverte vogntoget bestod av en treakslet lastebil og en treakslet påhengsvogn. Figur 16 viser et slikt vogntog i profil. Her er også et teoretisk tyngdepunkt for påhengsvogn inkludert. SHT har målt høyden på vogntog tilsvarende ulykkesvogntoget. Lastebil med container var 4,18 meter og tilhenger med container var 4,15 meter. Dette er innenfor forskriftens krav.

Total lengden på vogntoget ble målt til 18,7 meter. Dette er også innenfor forskriftenes krav. Overheng mellom bilens bakre aksel til containerens bakkant var 2,4 meter. Avstanden mellom bakre aksel og tilhengerfeste var 1,2 meter (Figur 16).



Figur 16: Viser den aktuelle vogntogtypen og tyngdepunkt for påhengsvogn.

Tabell 4 viser fordelingen av kjøretøyenes vekter.

Tabell 4: Vekter og nyttelast for vogntoget.

	Lastebil	Tilhenger	Vogntog
Tillatte vekter etter vognkort og vegliste	26 000 kg ⁵	24 000 kg	50 000 kg
Egenvekt etter vognkort	12 785 kg	4510 kg	17295kg
Vekt på container, veid av SVV	3940 kg	3940 kg	7880kg
Tillatt Nyttelast	9275 kg	15 550 kg	24 825 kg

⁵ Tillatt vekt etter vognkort er 27 000 kg.

1.7.1.1 *Lastebil YK 21592*

Lastebilen var en treakslet Scania, type R480 LB 6X2, 2007 modell. Fra fabrikanten hadde den en godkjent teknisk totalvekt på 27 000 kg og tillatt vogntogvekt på 66 000 kg. Bilen var levert med vektdisplay med mulighet til å vise akselvekt eller samlet vekt av lasten. Den var ikke levert med Electronic Stability Program (ESP). Det var påmontert en kroklofter med containerlåser foran og bak. Bilen var registrert på Nordea Finans Norge AS hvor leietager var Østbø AS, Plassen 5, 8006 Bodø.

Den 10. februar 2009 ble den godkjent ved periodisk kjøretøykontroll hvor kilometerstanden var 204630. På ulykkestidspunktet var kilometerstanden 266008. Østbø AS hadde serviceavtale med Norsk Scania AS sin avdeling på Fauske.

I etterkant av ulykken ble lastebilen undersøkt ved Namsos trafikkstasjon i samarbeid med Statens vegvesen. Det ble ikke funnet feil eller mangler som kan ha medvirket til hendelsesforløpet eller ha vært årsak til ulykken.

1.7.1.2 *Tilhenger YK7081*

Tilhengeren var en treakslet påhengsvogn fra Nor Slep AS, type PHV-24KT, 2007 modell med tillatt totalvekt på 24 000 kg. Tilhengeren var utstyrt med luftfjæring der akselopphenget anses å ha den forlangte stabiliserende virkning.

SHT har fått opplyst fra den svenske representanten for bremsesystemet (Knorr-Bremse Commercial Vehicle Systems) at styreenheten ES 2050 som var montert på tilhengeren ikke har stabilitetsfunksjonen Roll Stability Program (RSP).

Det var påmontert tippramme med tipsylinder og containerlåser foran og bak. Den var registrert på Nordea Finans Norge AS hvor leietager var Østbø AS. Den 10. februar 2009 ble tilhengeren godkjent ved periodisk kjøretøykontroll. Østbø AS hadde serviceavtale med Norsk Scania AS sin avdeling på Fauske for tilhengeren.

Tilhenger, inklusiv bremsesystem, påbygg og containerfester ble undersøkt ved Namsos trafikkstasjon i samarbeid med Statens vegvesen i etterkant av ulykken. Det ble ikke avdekket feil eller mangler med bremsene som kan ha medvirket til hendelsesforløpet eller vært årsak til ulykken. Ytterligere undersøkelser av tilhenger og krokcontainer ble utført av SHT den 17. september 2009 hos Straumen Bil AS.

Det ble målt ulikt lufttrykk i dekkene på tilhengeren som var av fabrikat Continental, type HTL med dimensjon 385/55 R 19,5. I det fremre dekket på venstre side ble det målt 5,8 kg/cm², i de øvrige dekkene ble det målt mellom 7,5 og 8 kg/cm².

1.7.1.3 *Containere*

Som lastbærere benyttet vogntoget krokcontainere. Slike containere kan benyttes til transport av ulike typer gods. Ofte benyttes de til transport av skrapmetall, søppel eller masse av forskjellig type. Containerne kan lastes på ulike typer biler og hengere som er utstyrt med påbygg tilpasset for slik transport.

Vogntoget var lastet med to like containere merket med Cargo Modul Trading AB (CMT). CMT utvikler, produserer og markedsfører ulike typer lastbærere i følge deres

hjemmeside⁶. Containerne hadde et volum på 51 m³ og var bygd i 2009. Det var ikke angitt på fabrikkasjonsplatene hvilken standard de var bygd etter.

1.7.1.4 Last i containere

SHT har fått opplyst at lastebil og tilhenger var lastet med grovfragmentert metall som ble hentet på WEEE Recycling AS, Øysand Næringspark på Melhus med destinasjon Celsa Armeringsstål AS i Mo i Rana.

SHT har mottatt en håndskrevet veieseddel fra WEEE Recycling AS som dokumentasjon på at vogntoget var lastet med 25 000 kg. WEEE Recycling AS har oppgitt en gjennomsnittlig egenvekt på denne type fragmenter til å være rundt 0,3 tonn/m³. WEEE Recycling AS har også opplyst til SHT at de også leverer finfragmentert metall med en gjennomsnittlig egenvekt på 1,45 tonn/m³.

Lasten fra lastebilen og tilhengeren havnet delvis på og utenfor veibanen i ulykken. I etterkant transporterte J. Barlien Transport A/S, 7863 Overhalla, metallet som hadde vært i containerne til Celsa Armeringsstål AS i Mo i Rana. SHT har mottatt elektronisk veieseddel fra mottaker som viste at lasten veide 29 900 kg. Den stasjonære vekta som ble brukt under veieprosessen, ble kontrollert og godkjent av Justervesenet den 24. juli 2009.

I følge Statens vegvesen lå det igjen ca. 1700 kg i lastebilens container da den ble kontrollert ved Namsos trafikkstasjon. Ved henvendelse til Grong Grus og Maskin, som lastet opp metallfragmentene på ulykkesstedet, har SHT fått opplyst at det i forbindelse med opplastingen har blitt tatt med anslagsvis 1000 – 1500 kg grus/pukk fra grøftekantene i tillegg til metallfragmentene. Basert på disse opplysningene er det usikkerhet knyttet til vogntogets nøyaktige totalvekt.

1.7.2 Personbil XV 59883

Personbilen var av typen Opel Corsa, 2004 modell. Bilens registrerte eier var den omkomne føreren.

I etterkant av ulykken gjennomførte SHT i samarbeid med Statens vegvesen en enkel, teknisk kontroll av bilen. Bilen var normalt vedlikeholdt og det ble ikke funnet feil eller mangler som kan ha vært direkte eller medvirkende årsak.

1.8 Vær- og føreforhold

Det var gode siktforhold med dagslys og skyet oppholdsvær da ulykken skjedde. Temperaturen var 14° C. Veibanen var tørr og bar.

1.9 Veiforhold

Ulykken skjedde på Ev 6, som er stamvei og hovedferdselsåre gjennom Nord-Trøndelag. Den har en ÅDT⁷ på ca. 2200 biler. Veien har to felt uten midtdeler, og en total veibredde på 6,8 meter mellom asfaltkantene. Det er registrert en tidligere personskaueulykke på stedet i 2000, knyttet til forbikjøring.

⁶ www.cmt.se

⁷ ÅDT. Årsdøgntrafikk - gjennomsnittlig antall biler pr. døgn pr. år

1.9.1 Veiens driftstilstand

Strekningen fremsto som et veiarbeidsområde og var skiltet deretter. Arbeidene var i en avslutningsfase og nytt dekke var lagt, veioppmerking og deler av rekkverket manglet. Reetablering av rekkverk var iverksatt, men det foregikk ikke arbeider på ulykkestidspunktet.

SHT har på forespørsel mottatt generell arbeidsvarslingsplan for arbeid med utbedring av rekkverk. Risikovurdering og loggbok for arbeidet på ulykkesstedet er ikke mottatt.

1.9.1.1 *Fartsgrense*

Fartsgrensen var på ulykkestidspunktet 80 km/t, som er generell fartsgrense utenfor tettbebygd strøk. Denne var hevet ca. 5 timer før ulykken skjedde etter å ha vært redusert til 70 km/t på grunn av utbedringsarbeid. Utbedringene på veien på strekningen besto i blant annet utbedring av sideterreng og nytt asfaltdekke. I en tidligere periode av anleggsarbeidet var fartsgrensen satt til 50 km/t på stedet.

Arbeidet var i en avslutningsfase, og ca. 80-100 meter før ulykkesstedet, foran en venstrekurve forut for ulykkeskurven, var fortsatt to fareskilt oppsatt. Dette var fareskilt nr. 110 som viser "Veiarbeid" og nr. 106.1 som viser "Innsnevring på begge sider" (Se Figur 3). Disse var tilknyttet vedlikeholdsarbeidet på veien.

Vedtaket, datert 23. april 2008 om nedskilting til fartsgrense 70 km/t var knyttet til veidekkets tilstand før reasfaltering og var gyldig i 2 mnd. Opphevelsen av den reduserte fartsgrensen er dokumentert utført 12. august 2009 av Statens vegvesen. SHT har ikke mottatt dokumentasjon fra Statens vegvesen knyttet til inspeksjon eller vurdering/-ferdigstillelse av det utførte veiarbeidet i forbindelse med at fartsreduksjonen ble opphevet.

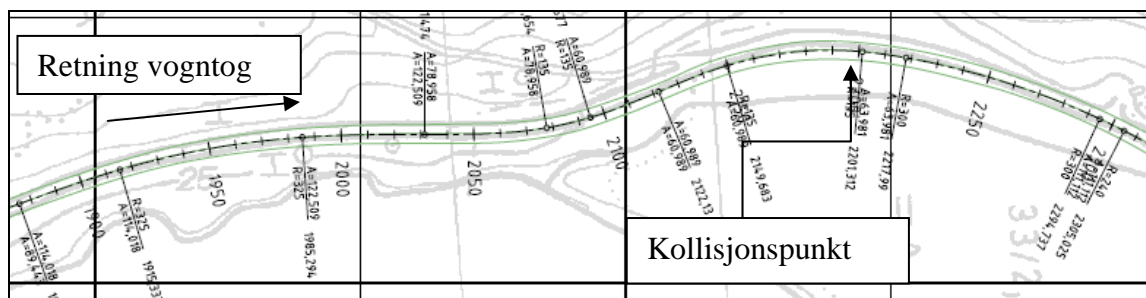
1.9.2 Linjeføring

Veiens linjeføring er dokumentert gjennom målinger på stedet, samt oppmåling med Statens vegvesens målebil. Denne måler stigning/fall på veien, samt veiprofilens overhøyde/dosering. Veien er bygget etter eldre standardkrav, med andre krav enn de som gjelder i dagens veinormaler. Ved geometrisk utforming av en slik horisontalkurve benyttes personbil som dimensjonerende kjøretøy.

Kurvekombinasjoner av denne typen stiller visse krav til veiutforming mellom kurvene. For å gjøre overgangene mellom kurvene sikre og myke er det satt krav til overgangskurver (klotoider) mellom veiens rette linjer (strekninger) og sirkeldeler (svinger). En klotoid er en kurve der kurveradiusen synker lineært som funksjon av buelengden (Elvik m. fl., 1997). Mellom de to siste svingene der ulykken skjedde, var det mindre overgangskurver (klotoider) enn det som kreves etter dagens veinormal.

1.9.2.1 *Horisontal linjeføring*

Den horisontale linjeføringen i vogntogets kjøreretning beskrives av fire nesten sammenhengende kurver, to til venstre og to til høyre. Vogntoget veltet i inngangen til den siste av disse som var en høyresving. De to siste svingene, som var krappere enn de to første, hadde en kurveradius på ca. 135 meter med noen små ujevnheter.

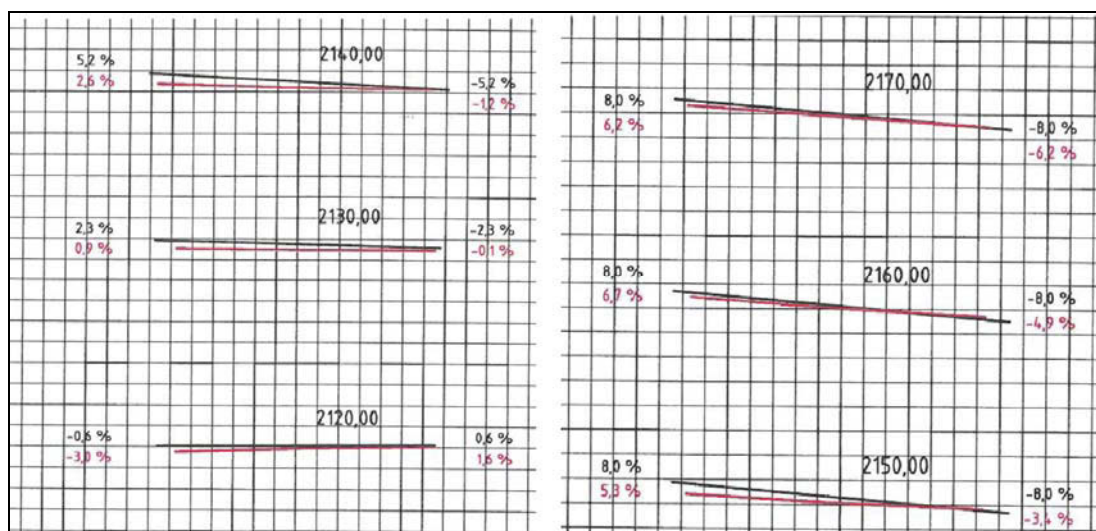


Figur 17: Viser veiens horisontale linjeføring.

1.9.2.2 Vertikal linjeføring

Vertikal linjeføring på stedet er også målt opp med målebil fra Statens vegvesen.

Strekningen forbi ulykkesstedet var tilnærmet horisontal i lengderetningen (fall 4 meter på 300 meter), men på grunn av at svingene vekslet mellom høyre og vestrekurver var det vekslende retning på veiprofilene i og mellom kurvene. Første del av kurven hvor tilhengeren veltet er strekningen mellom km 2,120 og km 2,170.



Figur 18: Viser resultatene av Statens vegvesens overhøydemåling fra km 2,120 til km 2,170 (sort strek viser ønsket profil ihht. Statens vegvesens håndbok 111, og rød strek viser faktisk profil).

Målingene viste at overhøyden i denne kurven ved km 2,140 og km 2,150 kun var ca. halvparten av overhøyden ihht. Statens vegvesens håndbok 111⁸ (Se figur 18).

1.10 Tekniske registreringsystemer

SHT har mottatt nedlastet data, fra lastebilens digitale fartsskriver. Dataene viser at hastighetsforløpet etter Grong og frem til ulykkesstedet har vært ca. 80 km/t med noe fall i hastighet frem mot de siste svingene før ulykken skjedde. De samme dataene viser at farten i de siste 10 sekundene før ulykken har vært 77-78km/t (se vedlegg I). På ulykkestidspunktet falt hastigheten, i løpet av et sekund, fra 74 til 46 km/t, noe som gir en retardasjon i snitt på ca. 8 m/s².

⁸ Håndbok 111: Drift og vedlikehold.

I følge utskrift fra fartsskriveren var hastighetsbergrenseren innstilt på 89 km/t. Registreringene viser også at hastighetsnivået for vogntoget i flere tidsperioder har oversteget 100 km/t. Det er mulig å komme opp i høyere hastighet enn det fartsbegrenseren er innstilt på, men dette gjelder kun ved kjøring på veg med fall.

Registreringer gjennomført i forbindelse med førerens arbeids-, kjøre- og hviletid er omtalt i kap. 1.6.1.1.

1.11 Spesielle undersøkelser

1.11.1 Beregninger av kritisk veltehastighet utført av Bevola AS

SHT har fått opplyst at Bevola Norge AS er leverandør av akslingene som var montert på den aktuelle tilhengeren. På oppdrag fra SHT har Bevola AS med hjelp fra fabrikken i Tyskland gjennomført flere stabilitetsberegninger med forskjellig tyngdepunktshøyde og aktuell totalvekt.

Disse beregningene er benyttet som grunnlag i simuleringer av Ingeniørfirmaet Rekon DA.

1.11.2 Mulige årsaker til velten og rekonstruksjon av bevegelser utført av Rekon DA

I forbindelse med undersøkelsen har SHT søkt bistand fra Rekon DA til beregninger og simuleringer for om mulig å kunne peke på de årsaksforholdene som førte til at vogntoget veltet.

Beregningene er utført med bakgrunn i tilgjengelige faktaopplysninger omkring kjøretøy og veiforhold. Dette er supplert med faglige vurderinger gjennomført i samråd med SHT der dette har vært nødvendig. Rekon DA har benyttet dataprogrammet Scan-Crash som verktøy, og deres rapport er vedlagt i undersøkelsen (vedlegg III).

Oppdraget fra SHT til Rekon DA var følgende:

1. *Rekonstruere vogntogets bevegelser for å gi grunnlag for vurderinger av årsaker til at vogntoget veltet.*
2. *Foreta simuleringer/beregninger for å kunne vurdere innvirkningen av forskjellige faktorer på vogntogets veltehastighet.*
3. *Rekonstruere personbilens bevegelser i forhold til vogntoget.*

Sammendraget i rapporten fra Rekon DA beskriver hvilke usikkerheter som må tas med i betraktningen når konklusjonene trekkes:

For kjøretøyforholdene er dette knyttet til:

- *Totalvekt av lasten*
- *Fordelingen av lasten mellom lastebil og tilhenger*
- *Egenvekt på lasten*
- *Eventuell skjevlastning sidevegs og/eller forskyvninger i lasten⁹*
- *Vridninger og forskyvninger i tilhengeren som ikke er tatt hensyn til i modellen i Scan-Crash*

⁹ Det er usikkerhet omkring lastens homogenitet.

- *Eventuelle lave lufttrykk i tilhengerens venstrehjul*
- *Eventuell forskyvning utover av containerens understøttelsespunkt som følge av at rullehjulene bak har opptatt vertikalkrefter*

For forholdene på veien er dette knyttet til:

- *Vogntogets bevegelser og sporvalg før starten på sporet etter tilhengeren*
- *Nøyaktig posisjon og kurveradius på sporet.*

Konklusjonen i Rekon DAs rapport var følgende:

Det er store usikkerheter ved mange av de parametrene som er valgt ved beregningene og simulasjonene av vogntogets bevegelser. I tillegg er det usikkerheter ved hvor godt de modeller som er brukt, representerer det virkelige tilfellet. Det har derfor ikke vært mulig å konkludere sikkert med årsaken/ årsakene til ulykken.

Rekons analyse konkluderer med følgende mulige årsaker til velten, relatert til kjøretøyet:

- ***Vogntogets hastighet***

Analysen viser simulert velte hastighet på 80 km/h, det vil si ca. 3 km/h høyere enn registrert med høyest mulig tyngdepunkt på tilhengeren (2,32 m). Ved å ta hensyn til usikkerhetene, viser dette at vogntogets hastighet har vært medvirkende årsak til velten.

- ***Tilhengerens tyngdepunkthøyde***

Tilhengerens tyngdepunkt var relativt høyt (maksimalt 2,32 meter over bakken). Dette, sammen med hastigheten (se over), har vært medvirkende årsak til at tilhengeren veltet.

- ***Mulig defekt høyre bakre feste på containeren***

Analysen viser at containeren alene vil velte ved hastighet på 71 km/h ved maksimal tyngdepunkthøyde på tilhengeren og 77 km/h ved lavere tyngdepunkt på tilhengeren (2,13 m) dersom høyre feste var defekt. Dersom festet var defekt, har dette utvilsomt vært medvirkende årsak til velten.

I tillegg er forhold ved veien også omtalt som mulige årsaksforhold:

- ***Vegens tverrfall***

Tverrfallet inn i høyresvingen økte ikke raskt nok og det maksimale tverrfallet var noe for lite. Dette har redusert tilhengerens kritiske kurvehastighet med ca. 1 km/h beregnet ved starten på sporet.

- ***Venstresving fulgt av høyresving***

Overgangen fra venstresving til høyresving har redusert tilhengerens beregnede kritiske hastighet litt uten at det har vært mulig å beregne dette nøyaktig.

Kombinasjonen med feil tverrfall inn i høyresvingen har forsterket effekten av dette og kan ha vært medvirkende årsak til velten.

Konklusjonen beskriver også hvilke forhold som ikke er vurdert:

Følgende mulige faktorer er ikke vurdert i analysen:

- *Skjevlastning*
- *Lastforskyvning*
- *Lavere lufttrykk i et eller flere av tilhengerens venstrehjul*
- *Effekten av forskjellige sporvalg fram til sporet etter tilhengerens hjul*

I tillegg konkluderes med følgende vurderinger:

Vurderinger av følgende konstruktive endringer viste:

- *Dersom vogntoget hadde fulgt vegens minste kurveradius gjennom svingen, ville tilhengerens velte hastighet blitt redusert fra 80 til 74 km/h.*
- *Dersom avstanden mellom containerens festepunkter i sideretning økes fra 1,16 m til 2,04 m, vil den hastighet hvor de ytre festene starter å oppta vertikalkrefter øke fra 71 til 100 km/h.*
- *Dersom tilhengerens konstruksjon endres fra påhengsvogn til slepvogn med ellers like spesifikasjoner, vil den teoretiske velte hastigheten øke fra 80 til 81 km/h.*

En simulering med maksimalt tillatte vekter på tilhengeren og tyngdepunktshøyde på 2,27 m gir en velte hastighet på ca. 75 km/h, dersom svingens kurveradius følges.

1.11.3 Metallurgiske undersøkelser utført av Forsvarets laboratorietjeneste (FLO/TV/LKT)

På oppdrag fra SHT har FLO/TV/LKV gjennomført metallurgiske undersøkelser av de bakre låseanordningene på tilhengeren. Bruddet i høyre låseanordning er undersøkt og bedømt til å være et rent overbelastningsbrudd (se Figur 9 og Figur 11). Bruddflaten framstår som lite korrodert, men tidspunkt for bruddet har ikke kunne fastsettes nøyaktig. Resultatene av denne undersøkelsen vil bli videre diskutert i en temaundersøkelse om sikkerhet ved krokcontainertransport på vei, som SHT har iverksatt.

1.12 **Lover og forskrifter**

I dette kapitlet omtales lover og forskrifter som er mest aktuelle for den omtalte ulykken. Bestemmelser for fører, godkjenning, kontroll, tilsyn og bruk av kjøretøy, samt krav til arbeidsvarsling følger i hovedsak av lov 18. juni 1965 nr. 4 (vegtrafikkloven), mens rammer for drift og vedlikehold av veier er gitt i lov 21. juni 1963 nr. 23 (vegloven).

Lov 17. juni 2005 nr. 62 om arbeidsmiljø, arbeidstid og stillingsvern mv. (arbeidsmiljøloven) stiller krav til virksomhetenes ivaretagelse av arbeidstakernes helse, miljø og sikkerhet.

1.12.1 Førerens plikter

Vegtrafikklovens § 3, § 5 og § 6, samt trafikkreglenes §13 regulerer førerens plikter. Disse paragrafene omhandler førerens aktsomhet, etterlevelse av forbud/påbud gitt ved skilt, oppmerking og signaler, samt tilpassing av farten etter sted, føre, sikt- og trafikkforhold.

Forskrift om kjøre- og hviletid og arbeidsmiljølovens underliggende forskrift om arbeidstid for sjåfører legger rammer for sjåførens totale arbeidstid, pauser og hviletid.

1.12.2 Krav til kjøretøy

Vegtrafikklovens §13 og kjøretøyforskriftenes kap. 11 omtaler tekniske krav til bærende konstruksjon og krav til montering og innfesting av påbygg på kjøretøy.

Forskrift om periodisk kontroll av kjøretøy regulerer kravene til oppfølging av kjøretøyenes tekniske tilstand, og intervallene for disse kontrollene.

For tankkjøretøy som transporterer farlig gods er det i forskrift om transport av farlig gods på veg og jernbane med veiledning, stilt krav til stabilitet hvor tyngdepunktshøyde inngår. Krav til stabilitet og tyngdepunktshøyde eksisterer ikke for vogntoget som ble benyttet til den aktuelle transporten.

1.12.3 Krav til bruk av kjøretøy

Forskrift om bruk av kjøretøy regulerer blant annet krav til sikring av last, maksimalt tillatte høyder og tillatte totalvekter for kjøretøy.

Krav til stabilitet reguleres i forskriftenes § 4-3. Krav om stabilisatorstag hvor det heter:

Tilhenger med aktuell totalvekt mer enn 20 tonn og høyde mer enn 4 m i vogntog med aktuell totalvekt mer enn 42 tonn skal ha stabilisatorstag. Disse stag skal være montert på aksler eller boggier etter akselprodusentens anvisning.

Tilhengerens høyde i slikt vogntog må ikke overstige 4,5 m. Regionvegkontoret kan gjøre unntak i enkelttilfelle fra høydebegrensningen.

Kravene om stabilisatorstag gjelder ikke transport av udelbart gods.

SHT har blitt informert av Statens vegvesen om at det ved bruk av tilhengere med luftfjæring ikke kreves ekstra stabilisatorstag.

I forbindelse med spesielle typer transport er det innført krav til høydebegrensning knyttet til stabilitet. For tømmertransport med 22 meters vogntoglengde kan høyden på slepvognen være maksimalt 4 meter (ref. vedlegg I, pkt. 4d Tømmertransport)

For aktuelle vogntoget har tilhengeren en høydebegrensning på 4,5 meter.

1.12.4 Arbeidsvarsling

Forskrift 7. okt. 2005 nr. 1219 om offentlige trafikkskilt, veioppmerking, trafikklyssignaler og anvisninger (skiltforskriften) regulerer bestemmelser knyttet til

varsling av arbeider på offentlig vei. Denne beskriver ansvarsforholdene for godkjenning, gjennomføring og oppfølging av arbeidsvarsling.

Vegdirektoratet har med hjemmel i blant annet skiltforskriften fastsatt tekniske bestemmelser og retningslinjer for arbeidsvarsling på offentlig veg i håndbok 051 "Arbeid på og ved veg". Håndboken har status som normal og gir detaljerte føringer om hvordan arbeidsvarslingen skal gjennomføres.

1.12.5 Krav til overhøyde på vei

Bestemmelser om overhøyde på vei er gitt i Statens vegvesens håndbok 018 – Vegbygging, og håndbok 111 – Drift og vedlikehold.

1.12.6 Arbeidsmiljøloven med underliggende forskrifter

Arbeidsmiljøloven regulerer arbeidsgivers og arbeidstakers plikter, stiller krav til arbeidsmiljøet, og krever et systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid.

1.12.6.1 *Internkontrollforskriften*

Forskrift om systematisk helse-, miljø- og sikkerhetsarbeid i virksomheter (Internkontrollforskriften) stiller krav om at virksomheten skal ha et systematisk og løpende forbedringsarbeid innen helse, miljø og sikkerhet (HMS). Forskriften sier at virksomheter skal planlegge, organisere, utføre og vedlikeholde sine aktiviteter i samsvar med krav fastsatt i eller i medhold av helse-, miljø- og sikkerhetslovgivningen.

1.12.6.2 *Forskrift om bruk av arbeidsutstyr*

Forskrift 26. juni 1998 nr. 608 om bruk av arbeidsutstyr inneholder bestemmelser om bruk av mobilt arbeidsutstyr. Med bruk av arbeidsutstyr menes arbeidsoperasjoner som igangsetting, stans, montering og demontering, transport, bruk, overvåking, ettersyn, reparasjon, vedlikehold, pass og renhold. Det stilles dermed krav til arbeidsgiver om å sikre dokumenterte opplærings- og kontrollrutiner mv.

1.13 Myndigheter, organisasjoner og ledelse

1.13.1 Østbø AS

Østbø AS er lastebilsjåførens arbeidsgiver. Virksomheten ble grunnlagt i 1979 og er et av Nord-Norges største avfallsselskap. Virksomheten er totalleverandør av avfallstjenester, og er blant annet sertifisert etter NS ISO 9001 og NS ISO 14001.

Østbø AS har dokumentert sine prosedyrer og arbeidsbeskrivelser for helse, miljø, sikkerhet og kvalitet i sitt elektroniske styringssystem.

I Østbø AS sitt styringssystem kapittel 9.6.4. *Transportavd. – Containerkjøring med krokobil – instruks*, er følgende beskrevet:

Fører må under opplasting av container være observant og sjekke at containeren treffer innenfor føringene slik at den ikke kommer skjevt på og faller av.

Styringssystemet viser dessuten til ansvar for sjåførene ved behov for vedlikehold mv. av kjøretøyene. Det er ikke dokumentert spesifikke arbeidsbeskrivelser som instruerer sjåførene i hvordan lasten skal sikres, og når dette kreves spesielt. Østbø AS har mottatt “bruker instruksjoner” for semitrailer fra Nor Slep AS.

SHT har fått opplyst at virksomhetens sjåfører oftest har oppdrag som er ensartede både i innhold og i transportavstander. Normal arbeidstid er hverdager mandag til fredag, ingen helgeoppdrag eller utenlandsoppdrag. Det er nedfelt skriftlig i avtale med sjåførgruppen at kjøre- og hviletid, samt andre aktuelle lover skal følges.

Videre har virksomheten dokumentert at opplæringen av sjåførene er noe avhengig av den enkeltes erfaring, men vesentlig i arbeidsplassopplæringen er å være med en erfaren sjåfør ut de første turene/dagene. På ulykkestidspunktet var disse opplæringsrutinene ikke dokumentert i virksomheten.

1.13.2 Nor Slep AS

Nor Slep AS er en norsk virksomhet som produserer og selger forskjellige påbygg og tilhengere til veitransportbransjen. I følge deres hjemmesider¹⁰ har de i en årrekke vært markedsledende på krokhengere.

I etterkant av ulykken har SHT mottatt brukermanual for kroktipp hengere som inneholder både prosedyrer og sjekklister for sikker bruk (se vedlegg 2).

1.13.3 WEEE Recycling AS

WEEE Recycling AS er en del av Øysand næringspark på Melhus. Bedriften er privateid og har vært i drift siden 2003. Gjenvinning av elektrisk og elektronisk utstyr er virksomhetens hovedbeskjeftigelse. Østbø AS har 20 % eierandel i WEEE Recycling AS.

1.13.4 Statens vegvesen

Statens vegvesen er forvaltningsorgan for riksveinettet, underlagt Samferdselsdepartementet. De har også ansvar for forvaltning og tilsyn med kjøretøy og trafikanter. Statens vegvesen utarbeider også bestemmelser og retningslinjer for veiutforming, drift og vedlikehold, veitrafikk, trafikantopplæring og kjøretøy.

1.13.5 Mesta

Mesta er Norges største entreprenørkonsern innen bygging, drift og vedlikehold av vei. Virksomheten ble formelt etablert 1. januar 2003 da produksjonsdelen av Statens vegvesen ble skilt ut. Mesta hadde driftsansvar for veien da ulykken inntraff.

1.14 **Andre opplysninger**

1.14.1 Betraktning av ulike kjøretøykombinasjoner fra Nordiska Vägtekniska Förbundet (NVF)

I regi av NVF er det gjennomført et arbeid som peker på blant annet stabilitet ved ulike kombinasjoner vogntog. Dette er publisert i *Report nr. 1/2007 “Vehicle combinations based on the modular concept” in Committee 54: Vehicles and Transports.*

¹⁰ www.norslep.no

Rapporten beskriver hvordan vekter og dimensjoner på tunge kjøretøy har utviklet seg i Europa. Modulsystemet og fordeler ved dette belyses. I tillegg inneholder rapporten en omfattende analyse av prestasjonene på forskjellige kjøretøykombinasjoner. Disse blir sammenliknet også på stabilitet. Lastebil og tilhenger med midtmonterte aksler likt vogntoget i denne ulykken, inngår også i rapporten, men med 23 000 kg på lastebilen og 17 000 kg på toakslet påhengsvogn. Dette er lavere totalvekt og tyngdepunktshøyde enn ulykkesvogntoget i Grong.

På side 34 heter det blant annet:

For vehicle combinations with centre-axle trailers, there may be a risk for instability due to low yaw damping.

Videre heter det i pkt. 9.2 om kombinasjonen Truck – centre-axle trailer på side 46:

This combination type is sensitive to a large number of parameters; geometrical and inertial. This appears in Figure 18. Both increased moment of inertia of the trailer and increased mass of the trailer give higher rearward amplification. The increased mass also increases the moment of inertia. The positions of the coupling with respect to the rear axles of the truck and the wheelbase of the trailer have a larger influence in this case. In a real vehicle a longer coupling distance implies also a larger wheelbase of the trailer. For lowest rearward amplification the coupling distance and the trailer wheelbase shall be large. Vertical load on the coupling improves the dynamic stability.

Rapporten peker på at det er mange forhold som påvirker stabiliteten på denne kjøretøykombinasjonen (lastebil med påhengsvogn). Tregghetskraftene som påvirker stabiliteten påvirkes av masse og tyngdepunkts plassering. Den konkluderer også med at plassering av tilhengerfestet i forhold til aksler og containerens overheng på lastebilen har stor innvirkning på stabiliteten. I NVFs rapport er stabilitetsvurdering basert på en matematisk beregning av forsterkning bakover (“piskesnerteffekt”) etter en rattkorleksjon, inkludert.

1.14.2 Trafikksikkerhet og mobiltelefonbruk

Føreren av vogntoget har fortalt at han snakket i mobiltelefon med bruk av håndfri-enhet på ulykkestidspunktet. I en litteraturgjennomgang publisert av Transportøkonomisk institutt (Backer-Grøndahl 2008) omtales blant annet forskjellene mellom håndholdt og håndfri mobiltelefonbruk under kjøring. Det påpekes at ikke bare den motoriske, men også den kognitive distraksjonen ved en mobiltelefonsamtale under kjøring utgjør et faremoment. Dermed kan en samtale i seg selv, ikke fysisk å holde en telefon til øret, skape distraksjon og påvirke førerens kjøreadferd, oppmerksomhet og subjektive arbeidsbelastning.

I en svensk litteraturgjennomgang som også dreier seg om mobiltelefonbruk (Kircher m.fl. 2011) konstateres det at det ikke finnes noe som peker mot at bruk av håndfri mobiltelefon er mindre farlig å benytte enn en håndholdt mobiltelefon. Det påpekes også i samme rapport at mange førere tror at det er mye sikrere å benytte håndfri enn håndholdt telefon.

1.14.3 Sikkerhetskritiske funn knyttet til krokcontainersystemet

SHTs tekniske undersøkelser har avdekket betydelig slitasje i tilknytning til bakre monteringspunkter for låseanordninger (se Figur 11 og Figur 19) for feste av containere på tilhengeren. Monteringspunktene er plassert på tre forskjellige steder bak på tilhengeren (se Figur 20). Dette for å ha mulighet til å tilpasse låseanordningenes plassering til forskjellige containerstørrelser.



Figur 19: Viser slitasje ved monteringspunkt for høyre låseanordning.



Figur 20: Viser låseanordninger og monteringspunkter.

Bildene under (Figur 21 og Figur 22) viser hvordan det er skåret ut i krokcontainerens ramme fordi det originale festehullet ikke passet til lastebilens låsemekanisme. Denne metoden er ikke dokumentert av fabrikant og det er heller ikke framlagt risikovurdering eller beskrivelse av betydningen dette har for konstruksjonen. Foran på lastebilen er det i følge Østbø AS montert ekstra fester for å bedre lastsikringen.



Figur 21: Viser bakre feste på høyre side og utskjæring i container.



Figur 22: Viser fremre feste på høyre side, samt utskjæringer i krokcontainer.

I kap. 1.4.3 er forhold omkring låseanordningenes vertikale låsing beskrevet. Dette, sammen med ovennevnte funn knyttet til innfesting av containere, generell sikring av krokcontainere på lastebil og tilhenger, vil bli analysert av SHT i den nevnte temaundersøkelsen om krokcontainertransport på vei.

1.15 **Nyttige eller effektive undersøkelsesmetoder**

Det har ved denne undersøkelsen ikke blitt benyttet metoder som kvalifiserer til spesiell omtale.

1.16 **Iverksatte tiltak**

Etter at undersøkelsene ble iverksatt er det gjennomført følgende tiltak for å bedre sikkerheten hos de ulike aktørene.

1.16.1 Østbø AS

I følge transportselskapet har oppmerksomheten ovenfor eventuelle sprekkdannelser i rammer økt som følge av ulykken. For å få bedre oversikt over slike forhold, gjennomføres jevnlig nedvasking av kjøretøy for en visuell kontroll, hvor hensikten er å avdekke eventuelle sprekker og slitasje.

Østbø AS har pr. mars 2011 gjennomført endringer i sitt styringssystem knyttet til opplæring. Det er utarbeidet skjema for å dokumentere utsjekk av opplæring, både teoretisk og praktisk.

1.16.2 WEEE Recycling

Det er innført rutiner knyttet til fraktbrev og vekt. Elektronisk veieseddel legges nå ved fraktbrevet for hver transport.

1.16.3 Statens vegvesen

Statens vegvesen gjennomførte tilsyn i Østbø AS i august 2011. Tilsynet omfattet kontroll av arbeids-, kjøre- og hviletid. SHT har fått opplyst at det ikke ble avdekket vesentlige feil eller mangler ved denne kontrollen.

2. ANALYSE

2.1 Innledning

SHT varsles på visse ulykker med høy alvorlighetsgrad, hvorav de fleste av disse er møteulykker. Velteulykker med vogntog forekommer sjeldnere og er gjerne singelulykker med mindre skadeomfang. I dette tilfellet veltet et vogntog i veibanen og utløste en kollisjon med en personbil. Alvorlighetsgraden var høy, da to personer omkom. Med utgangspunkt i at krokcontaineren syntes å ha løsnet fra innfestingen og således kunne ha bidratt til velten, vurderte SHT at det lå et sikkerhetsmessig læringspotensial i å undersøke denne ulykken. Imidlertid har ikke undersøkelsen kunnet dokumentere en slik sammenheng. Det er likevel avdekket svakheter med stabiliteten ved denne krokcontainertransporten. SHT har tidligere undersøkt stabilitetsproblematikk knyttet til veltulykker med store udelelige kolli og høyt tyngdepunkt.

Undersøkelsen har videre vist at ulykken har skjedd ved sammenfall av flere forhold, men ikke alle har bidratt i like stor grad. Gjennom analyse av hendelsesforløp og beregninger, med ulike variabler inkludert, er det fremkommet at forhold knyttet til både trafikant, kjøretøy og vei medvirket til at ulykken skjedde. I det følgende vil SHT analysere hvordan de ulike komponentene og omstendighetene bidro til ulykken, samt peke på de mulighetene ulike aktører som sjåfør, transportselskap, Statens vegvesen og andre har til å påvirke slik at liknende ulykker unngås i framtiden.

Tidsforsinkelsen ved trippelvarslingen hadde etter SHTs vurdering ikke negative konsekvenser for det livreddende redningsarbeidet. Redningsarbeidet på ulykkesstedet hadde fokus på hurtig frigjøring og livreddende hjelp.

Da nødvendig og avansert frigjøringsverktøy sviktet i en akutt fase av redningsarbeidet, oppsto det en vanskelig situasjon for innsatspersonellet. Dette utløste vurdering om bruk

av alternativt frigjøringsverktøy for å redde liv. SHT mener at risikoen ved valg av alternativt verktøy må vurderes nøye. I dette tilfellet ble de fastklemte personene i bilen eksponert for gnister og i tillegg var faren for brann til stede.

SHT har valgt å ikke gjøre ytterligere analyse av redningsarbeidet i denne undersøkelsen. I denne vurderingen har SHT tatt hensyn til opplysninger om at redningstjenesten selv har evaluert og fulgt opp denne hendelsen.

2.2 Vurdering av hendelsesforløp

Ulykken skjedde ved at et vogntog som kjørte med en hastighet på litt under 80 km/t veltet i kjørebanelen i en høyresving. Dette resulterte også i en kollisjon med en møtende personbil. I svingen har tilhengeren avsatt spor fra ytre halvdel av venstre hjul. Sporet og data fra fartsskriveren, indikerer at det ikke har vært vesentlig fartsreduksjon før velten.

Påhengsvognen veltet først og dro deretter med seg lastebilen, som også veltet. Personbilen kolliderte med fronten av tilhengeren, deretter veltet lastebilen, med påmontert container, over taket på bilen. Føreren av personbilen hadde etter SHTs vurdering ingen muligheter til å avverge ulykken. På grunn av størrelsesforholdet mellom de to kjøretøyene ble dette en alvorlig ulykke med store konsekvenser.

Vogntoget var av typen lastebil med påhengsvogn. Både lastebilen og tilhengeren hadde påmontert krokcontainer. Dette er å anse som en ordinær kjøretøykombinasjon. Påhengsvognen hadde tre midtmonterte aksler. Denne tilhengeren overfører i motsetning til en slepvogn vertikale krefter mellom lastebil og tilhenger.

Containerne var lastet med granulert skrapmetall. Den virkelige tyngdepunktshøyden kunne ikke fastsettes nøyaktig da lastens høyde, egenvekt og homogenitet ikke er tilstrekkelig kjent.

På tilhengeren var containeren montert på tippramme, noe som er en vanlig løsning. Stabiliteten sideveis var påvirket av at containerens festepunkter ligger relativt nærme rammens senterlinje i lengderetningen. Beregninger fra Rekon DA har vist at dersom containeren hadde hvilt på støttepunkter ut mot sidene, så hadde dette redusert de vertikale kreftene på innfestingen av containeren.

Ulykken skjedde på en veistrekning med flere sammenhengende svinger. Strekningen var under utbedring, og dette arbeidet var ikke fullført. Veien var ikke merket med midt- og kantlinjer etter reasfaltering. Fareskilter som viste veiarbeid og smalere vei var oppsatt, men skilt om redusert fartsgrense var fjernet. Tverrfallet på den nylagte asfalten var på en kort strekning i ulykkesvingen noe mindre enn inntegnet i krav i henhold til Statens vegvesens håndbok 111. Dette påvirker den beregnede, kritiske hastigheten noe gjennom svingen. I tillegg har kjøring gjennom svingene før ulykkesvingen påført vogntoget dynamiske sidekrefter som igjen påvirket stabiliteten og veltefaren.

SHT vurderer at alle disse faktorene samlet har bidratt til at vogntoget veltet, og vil drøfte betydningen av hver enkelt faktor nærmere.

2.3 Forhold knyttet til fører

Føreren var kjent med det aktuelle vogntoget og veistrekningen. Han hadde kjørt strekningen flere ganger i uka. Han hadde seks års kjøreefaring før ulykken skjedde og

hadde arbeidet hos Østbø AS siden mai 2008. Han hadde også gjennomgått noe opplæring tilknyttet transport med krokcontainere. På ulykkesdagen hadde føreren selv besiktiget lastingen av containerne. Fraktbrev og veieseddel fra WEEE Recycling AS viste at det var lastet tilnærmet tillatt totalvekt.

2.3.1 Førerens arbeidstid

I følge lastebilens fartsskriver arbeidet føreren sammenhengende i ca. 8 timer fra kl. 0711 på morgenen ulykkesdagen inntil han tok pause ved Snåsakroa i 45 minutter kl. 1516. Ulykken skjedde kl. 1625¹¹, ca. 25 minutter etter avsluttet pause.

Det er påvist brudd på forskrift om arbeidstid for sjåfører som krever at det skal avholdes pause innen 6 timer med arbeid (kjøring/annet arbeid). Noe av dette kan også forklares med mulig mangelfull betjening av fartsskriver. Føreren sier at han hadde vært uthvilt ved dagens start og han gjennomførte en godkjent hvilepause ca. 25 minutter før ulykken. Dette, sammen med sjåførens detaljerte beskrivelse av hendelsesforløpet, gjør at SHT har begrenset grunnlag for å knytte førerens lange arbeidsdager, samt brudd på arbeidstidsbestemmelsene på ulykkesdagen, til redusert oppmerksomhet i selve ulykkessituasjonen.

Undersøkelsen har likevel påvist at føreren hadde lange arbeidsdager i tiden før ulykken. SHT har begrenset grunnlag for å betrakte dette som en generell problemstilling i Østbø AS. Generelt ønsker SHT likevel å påpeke at perioder med lange arbeidsdager kan utgjøre et sikkerhetsproblem. Arbeidsgiver bør derfor tilrettelegge i størst mulig grad for å unngå dette.

2.3.2 Førers opplæring og arbeidsbeskrivelse

Føreren hadde fått internopplæring knyttet til hvordan lasting og lossing foregår i forbindelse med transport av krokcontainere. Han var passasjer og observatør på liknende oppdrag før han selv fikk kjøre denne typen transport. SHT anser det som positivt og nødvendig at Østbø AS gir denne typen opplæring. Slik opplæring gir forøvrig ikke et tilstrekkelig grunnlag for å vurdere forskjellige typer last, lastens homogenitet, vekt og denne tilhengertypen i forhold til tyngdepunktshøyde og stabilitet. Det er SHTs oppfatning at sjåføren manglet en arbeidsbeskrivelse for den aktuelle transporten. Han var dermed ikke tilstrekkelig bevisst betydningen av korrekt opplasting, bruk av det aktuelle transportmateriellet, samt endringer i tyngdepunktshøyde forbundet med endringer i lasttype, lastehøyde og vekt. SHT mener derfor at en konkret arbeidsbeskrivelse for sjåføren ville bidratt til en større bevisstgjøring av sjåføren relatert til sikkerhetskritiske forhold ved denne type transport.

2.3.3 Valg av hastighet

Lavere hastighet på vogntoget er etter SHTs vurdering den enkeltfaktoren som lettest kunne redusert risikoen for velt og dermed kompensert for de øvrige faktorene knyttet til kjøretøy og veiforhold. Føreren hadde derfor den største muligheten til å avverge ulykken ved å redusere hastigheten. Dette forutsetter imidlertid at han hadde tilstrekkelig informasjon til å kunne oppfatte de ulike risikoforholdene.

¹¹ I følge fartsskriver (3 min. avvik i forhold til innrapportert ulykkestidspunkt).

Kjøring i denne type horisontalkurve hvor personbil er dimensjonerende parameter for utforming, gir naturlig nok større utfordringer for førere av tyngre kjøretøy enn for førere av lette. Førere av tyngre kjøretøyer må på grunn av krenkning og velterisiko selv på sommerføre ta høyde for at man ikke kan holde fartsgrensen gjennom enkelte horisontalkurver. Dermed blir konstante vurderinger av hastighet en sentral arbeidsoppgave for en vogntogfører i større grad enn for en fører av en personbil.

Vogntogets hastighet gjennom svingen der ulykken skjedde lå litt under fartsgrensen. Fartsskriveren viser at hastigheten var ca. 77 km/t på veltepunktet. Føreren har forklart at han registrerte at den reduserte fartsgrensen på 70 km/t var opphevet og at generell fartsgrense på 80 km/t gjaldt. SHT vurderer at føreren valgte sin hastighet basert på fartsgrense, vurdering av veiens utforming og tilstand, tidligere erfaring med kjøring på strekningen, samt kjennskap til vogntogets egenskaper. Lastebilen, som er en 2007 - modell har en moderne førerhytte som gir god fjæring for føreren, men liten føling med last og bevegelser på tilhenger.

SHT vurderer at førers forklaring av situasjonen inn i svingen er sannsynlig. Det er ikke framkommet opplysninger som tilsier at vogntoget har oppført seg unormalt før ulykken.

Skiltene som varslet om veiarbeid og smalere vei gav etter SHTs vurdering føreren et signal om å redusere farten, og at det kunne være innsnevring eller hindre foran. Skiltene var ifølge Statens vegvesen oppsatt fordi arbeidet med rekkverk ikke var fullført, men det var ingen reelle, fysiske hindre som innsnevret veibanen slik skiltet varslet.

Manglende oppmerking på den nylagte asfalten kan ha hatt betydning for førers vurdering av trafikksituasjonen. Dette vil imidlertid ha større betydning for ukjente førere og vil kunne påvirke førers sporvalg gjennom den aktuelle svingen.

2.3.3.1 *Bruk av håndfri mobiltelefon*

Det er knyttet usikkerhet til betydningen av førers samtale i mobiltelefon på ulykkestidspunktet. Adferden kan ha vært påvirket av den falske trykghetsfølelsen en håndfri mobiltelefon gir.

Trafikkmiljøet på ulykkesstedet var ikke spesielt komplisert, men SHT kan ikke avvise at telefonsamtalen kan ha påvirket førers kognitive kapasitet, ført til distraksjon, avledet oppmerksomhet og dermed ha påvirket kjøreadferden. (ref. 1.14.2).

Dermed kan SHT heller ikke avvise at hastighetsvalget i ulykkeskurven kan ha blitt påvirket av denne distraksjonen.

2.4 **Vogntogforhold**

Beregninger og simuleringer av ulykken har vist at det er flere forhold som har påvirket vogntogets stabilitet. Disse er omtalt under.

2.4.1 Tyngdepunktshøyde

SHT har av ulike årsaker ikke lyktes med å få veiet lasten eksakt og det er dermed usikkerhet om lastens eksakte volum og vekt. Det er likevel påvist et sannsynlig sprik mellom oppgitt vekt under opplasting, og vekt på veid last etter ulykken. Det kan derfor ikke utelukkes at vogntoget kan ha hatt høyere lastvekt enn det fraktbrevet oppgav. Dette

kan i så fall ha påvirket vogntogets kjøreegenskaper. Siden denne ekstra vekten synes å ha vært ukjent for føreren, kan det ha bidratt til at han har feilvurdert vogntogets stabilitet. Føreren hadde ingen hjelpemidler for å bestemme tyngdepunktshøyde utover å gjøre et anslag basert på oppgitt vekt og lastens høyde. Muligheten for at lasten får utilsiktet og ukjent tyngdepunktshøyde er dermed til stede. Østbø AS har ikke gitt sjåføren noen veiledning knyttet til dette.

SHT vurderer, på bakgrunn av Rekon DAs beregninger og førers forklaring, at vogntoget kan ha vært lastet tyngre og med høyere tyngdepunkt enn det som er oppgitt fra lastestedet og at dette kan ha gitt føreren mindre sikkerhetsmargin enn han var klar over.

2.4.2 Vogntogets containerfeste og last

Allerede i en tidlig fase av undersøkelsen avdekket SHT indikasjoner på at containerens innfesting kunne ha sviktet, og dermed medvirket til at ulykken skjedde. I en foreløpig rapport avgitt oktober 2009 ble det pekt på at svikt i innfesting av containeren var en mulig årsaksfaktor til velten.

Bruddanalysen gav ikke svar på om bruddet oppstod som følge av ulykken eller tidligere lasteprosesser. Bruddflaten var lite korrodert og SHT vurderer at bruddet ikke har vært åpent lenge.

Dersom containerfestet på bakre høyre side var defekt før ulykken, har dette ifølge Rekon DAs analyse, utvilsomt bidratt til at tilhengeren veltet. Veltehastighet ved defekt innfesting er under ellers like forutsetninger beregnet til 71 km/t ved maksimal tyngdepunktshøyde, dvs 5-7 km/t lavere hastighet enn hastigheten som er lest ut fra fartsskriver.

Siden det ikke har vært mulig å påvise sikkert at containerfestet hadde defekter før ulykken har SHT ikke kunnet konkludere med svak innfesting som årsaksfaktor til denne ulykken. Det kan likevel ikke utelukkes at dette kan ha bidratt til velten. Det må også understrekes at containerlåsene kan ha blitt påført store belastninger som følge av velten. Dette kan ha bidratt til bruddene i låseanordningene. Østbø AS har i etterkant av ulykken iverksatt tiltak relatert til å avdekke sprekkdannelser og slitasje i rammer og låseanordninger. SHT anser derfor at det ikke er grunnlag for ytterligere sikkerhetstilrådninger til virksomheten knyttet til dette.

SHT har merket seg at Nor Slep AS i sin brukermanual (Vedlegg II) anbefaler å benytte kjetting for å sikre containeren til chassis. Det er SHTs oppfatning at dette er et viktig sikkerhetsmessig tiltak og oppfordrer derfor transportbransjen til å merke seg dette. En temaundersøkelse om sikkerhet ved bruk av krokcontainere som SHT har igangsatt, vil omtale denne problematikken nærmere.

2.4.3 Containerens kobling til chassis på påhengsvogn

Beregninger fra Rekon DA har vist at dersom containeren hadde hvilt på punkter nærmere tilhengerens ytre sidebegrensning, ville tilhengerens stabilitet økt.

Rekon DA sine vurderinger av konstruktive endringer (se kapittel 1.11.2) viser at kombinasjonen av relativt høyt tyngdepunkt på grunn av høy lastbærer (container) montert på tippamme med opplagringspunkter godt innenfor tilhengerens sideveis ytterpunkter er ugunstig for stabiliteten. Selv om containerens festepunkts plassering ikke

påvirker velte hastigheten direkte vil belastningen på innfestingen påvirkes. I tillegg vil eventuell slakk i låsmekanismene sette containeren i bevegelse ved en lavere hastighet slik Rekon DA konkluderer. Dette vil etter SHTs syn påvirke veltefaren reelt.

2.4.4 Faktorer knyttet til vogntogets stabilitet som ikke analyseres av Rekon DA eller SHT

Rekon DA har også pekt på noen faktorer som kan ha påvirket stabiliteten, men som ikke er tatt inn i beregningene. Disse er på grunn av stor usikkerhet heller ikke vurdert av SHT. Dette gjelder:

- *Skjevlasting på tilhengeren er et moment som kan ha påvirket stabiliteten, men dette har ikke vært mulig å påvise, og kan derfor ikke stadfestes.*
- *Fordeling av last mellom bil og tilhenger. Dette har heller ikke vært mulig å påvise nøyaktig, men ifølge Rekon DAs rapport vil dette influere på vogntogets stabilitet. Det kan tyde på at tilhenger har vært lastet maksimalt.*
- *Vridninger og lastforskyvninger i rammer/påbygg kan ha påvirket stabiliteten, men dette har ikke vært mulig å påvise.*
- *Lavt lufttrykk i tilhengerens venstrehjul.*

2.4.5 Vogntogkombinasjoner

I NVFs rapport 2007/1 er ulike vogntogkombinasjoner vurdert i forhold til stabilitet. Som en del av rapporten betraktes kombinasjonen lastebil og påhengsvogn. Også andre kombinasjoner, eksempelvis lastebil og slepvogn, semitrailer, og modulvogntog er en del av de matematiske stabilitetsbetraktningene i rapporten. Det er påvist ulik stabilitet og egenskaper for de ulike vogntogene.

Påhengsvognen som er vurdert i rapporten har to sentermonterte aksler, mens det aktuelle vogntoget fra Østbø AS har tre. Samtidig er det forskjeller i lengden på lastebilens overheng mellom de to. Vogntogene er på grunn av dette ikke direkte sammenlignbare, men tydelige likhetstrekk eksisterer.

SHTs undersøkelser understøttet av NVFs rapport viser at kombinasjonen lastebil og påhengsvogn er stabilitetsmessig sensitiv med henblikk på flere faktorer. Særlig spiller dynamiske krefter inn, disse påvirkes av tilhengerfestets- og akslingenes plassering. Treghtetskreftene er her sentrale, disse påvirkes også av lastens vekt og tyngdepunktshøyde. På dette punktet er det avvik mellom vogntoget som er beskrevet i NVFs rapport og ulykkesvogntoget. Det sistnevnte var lastet med ca. 10 000 kg mer, hadde høyere tyngdepunkt og var utsatt for større dynamiske treghtetskrefter.

2.4.6 Sikkerhetskrav og tidligere tilråding

2.4.6.1 *Sikkerhetskrav ved visse typer transporter.*

Ved transport av farlig gods i tankkjøretøy stilles det som nevnt under kapittel 1.12.2 krav til forholdet høyde/bredde knyttet til tyngdepunkt.

Forskrift om bruk av kjøretøy regulerer også krav til stabilisatorstag for tilhenger i vogntog ved høyder over 4 meter og totalvekt over 20 tonn. Høydekrav er også knyttet til tømmertransport med 22 meters vogntoglengde.

2.4.6.2 *Tidligere sikkerhetstilråding fra SHT*

SHT har i tidligere rapport Vei nr. 2007/1 pekt på behovet for å stille krav til stabilitet for kjøretøyer over 7500 kg knyttet til to ulykker med transport av store udelelige kolli.

2.4.7 Sikkerhet knyttet til stabilitet ved transport med krokcontainer som lastbærer

Undersøkelsen har vist at ulykkesvogntoget som besto av lastebil og påhengsvogn med høyt lastet container hadde utfordringer knyttet til stabilitet. Vogntogets tyngdepunkt er vurdert til å være relativt høyt selv om det er usikkerhet om total vekt. I dette tilfellet var det også tvil om innfestingen av containeren og stort overheng på lastebilen har virket negativt på stabiliteten.

Uavhengig av dette viser undersøkelsen at førerens muligheter for å vurdere stabilitet og kjøreegenskaper ved bruk av krokcontainer som lastbærer er krevende, særlig der containeren kan fylles helt opp med lovlige vekter. I Norge er det tillatt med høyere vekter og dimensjoner enn de vogntog som er testet i NVFs rapport. Egenskapene på denne vogntogtypen kommer relativt godt ut i NVFs rapport med hensyn på stabilitet. SHT vurderer at det er grunnlag for å se nærmere på stabiliteten med norske vekter og dimensjoner, spesielt knyttet til bruk av krokcontainer som lastbærer. SHT fremmer en sikkerhetstilråding i denne sammenheng.

2.5 **Veiforhold**

2.5.1 Veiens utforming

2.5.1.1 *Kurvatur*

Veiens linjeføring er beskrevet med flere sammenhengende svinger, og kurveradiene er små i forhold til dagens krav på en stamvei. Svingene gjør at det oppstår sidekrefter under kjøring gjennom disse, og størrelsen på disse kreftene påvirkes direkte av kjøretøyenes fart. Ved lav friksjon (vinterføre) vil faren for utforkjøring være tilstede. Med godt veigrep vil derimot veltefaren være størst, særlig kjøretøy med høy tyngdepunktshøyde er utsatt. Svingkombinasjonene med veksling mellom høyre og venstresvinger gir i tillegg egensvingninger i et vogntog, og det oppstår dynamiske krefter som øker sidekreftene.

2.5.1.2 *Tverrfall*

Tverrfallsavviket som er oppmålt i ulykkesvingen er ugunstig og beregningene har vist at dette har påvirket veltefaren for vogntoget. Innvirkningen på forskjell i veltehastighet er av Rekon DAs beregnet til ca. 1 km/t.

Dette er etter SHTs vurdering svært marginalt, men virkningen påvirker likevel sikkerhets-marginene i negativ retning.

2.5.1.3 *Samlet vurdering av utforming*

Simuleringer har vist at hvis det aktuelle vogntoget holder 80 km/t gjennom ulykkessvingen, vil det velte. Det vil si at fartsgrense og svingutforming ikke gir en sikkerhetsmargin med tanke på fullastede vogntog. Dermed blir det opp til fører av vogntoget å vurdere fart, vekt og teknisk tilstand på vogntoget i forhold til veiutforming. Både kurveradius og linjeføring med sammenhengende S-kurver, samt ugunstig tverrfall virker negativt i forhold til veltefaren på ulykkesstedet. SHT mener på bakgrunn av ulykken, at Statens vegvesen bør vurdere om veiens sikkerhetsnivå er tilstrekkelig i de aktuelle svingene.

2.5.2 Veiens driftstilstand

2.5.2.1 *Arbeidsvarsling og oppmerking*

Veien hadde nylig vært utbedret gjennom tiltak i sideterreng og reasfaltering. Dette arbeidet var nær slutført, men veioppmerkingen var ikke reetablert og det var heller ikke formerket for dette. På stedet hvor ulykken inntraff var noe av rekkverket ute av posisjon som følge av utbedringsarbeidet i sideterreng. Det var påbegynt et arbeid for å reetablere rekkverket. I forbindelse med dette arbeidet var veien skiltet som et veiarbeidsområde med skilt 110 "Vegarbeid" og skilt 106.1 "Innsnevring på begge sider". Det foregikk ikke veiarbeid på ulykkestidspunktet. SHT har mottatt en generell arbeidsvarslingsplan som beskriver varsling og sikring i forbindelse med reetablering av rekkverket. SHT er ikke forelagt loggboken for dette rekkverksareidet. Ut fra Vidkonbilder tatt kort tid etter ulykken kommer det frem at skiltene som varsler om veiarbeid var plassert omtrent i hp. 25 km 1,730 for nordgående trafikk og ca. hp 25 km 2,390 for sørgående trafikk. Det er uklart hvorvidt forhold langs veien tilsa bruk av skilt 106.1 "Innsnevring på begge sider" på ulykkestidspunktet.

Fartsgrensen på stedet da ulykken inntraff var 80 km/t. Denne fartsgrensen var hevet fra 70 km/t samme dag som ulykken inntraff. Ordreskjema fra Statens vegvesen til entreprenør som bekreftet og utløste denne handlingen er framlagt for SHT. Dokumentasjon som forteller hvilke vurderinger som er gjort i forkant av denne endringen er imidlertid ikke framlagt, og det er ikke klargjort for SHT hvilke rutiner som skal følges ved slike endringer av fartsgrensen.

Trafikantenes respekt for skilting og oppmerking er en vesentlig trafikksikkerhetsfaktor, og det er viktig at Statens vegvesen og utførende entreprenører har god kvalitet på utførelse av dette arbeidet. Trafikantene skal rette seg etter regler, skilter og de til enhver tid gjeldende faktiske forhold. For at dette kravet skal kunne oppfylles med best mulig sikkerhet må det være tilrettelagt for pålitelig og relevant informasjon til trafikantene som bidrag til sikker trafikkavvikling.

2.5.2.2 *Samlet vurdering av veiens driftstilstand*

Etter SHTs vurdering er det uheldig at fartsgrensen heves fra 70 km/t til generell fartsgrense, 80 km/t, når veien ikke fremstår som ferdig og ikke samsvarer med standarden på tilgrensende strekninger med veioppmerking. Begrunnelsen for opphevelsen av den nedsatte fartsgrensen er utydelig dokumentert av Statens vegvesen og beslutningen synes ikke å harmonere med veiens faktiske tilstand da ulykken inntraff. SHT mener at mangelen på veioppmerking gir dårligere optisk ledning både i horisontal- og vertikalkurvatur og at det således kan gjøre det vanskeligere for føreren å tilpasse

hastigheten under kjøring i kurver. SHT fremmer en sikkerhetstilråding i denne forbindelse.

2.6 Forhold knyttet til transportfirma

Det er et viktig sikkerhetsbidrag at transportbedrifter driver et systematisert og dokumentert sikkerhetsarbeid gjennom risikovurderinger og gode sikkerhetsstyrings-system samt sørger for oppfølging av dette gjennom tilstrekkelig intern opplæring. I tidligere rapporter¹² utgitt av SHT er det avdekket et fravær av slike systemer i enkelte transportbedrifter, det er også fremmet sikkerhetstilrådingene i disse rapportene.

Østbø AS har etablert et styringssystem for ivaretagelse av kvalitet, miljø og sikkerhet. SHT vurderer dette som et positivt bidrag til sikkerheten. Undersøkelsen har likevel avdekket at det mangler risikovurderinger for bruk av transportutstyr, arbeidsplan for oppdrag, samt konkrete arbeidsbeskrivelser for bruk av transportutstyr for den aktuelle transporten.

2.6.1 Risikovurdering knyttet til bruk av transportutstyr

Undersøkelsen har vist at det er usikkerhet knyttet til vekter og tyngdepunktshøyde som har betydning for kritisk velte-hastighet. Beregninger som Rekon DA har utført viser at hvis vogntoget var lastet med tillatte vekter og fulgte sitt kjørefelt er kritisk velte-hastighet omkring 75 km/t. SHT mener at dette viser risikoen knyttet til denne typen transport og at selskapet bør trekke inn vurderinger av veltefare i sitt sikkerhetsstyrings-system.

2.6.2 Manglende arbeidsplan

Østbø AS har ikke kunnet dokumentere arbeidsplan for oppdragene slik som forskrift om arbeidstid for sjåfører krever. Virksomheten begrunner dette med at oppdragene fyller arbeid i ukedagene mandag til fredag, og at endringer i løpet av uka reguleres mot oppdragene utført i perioden for den aktuelle sjåføren. Virksomheten mister dermed hva arbeidsplaner tilfører i form av måleverktøy for å kunne avdekke avvik. Sjåførene leverer timelister, alt fra ukentlig til månedlig. Eventuelle avvik som oppdages på listene, eller meldt fra kunder eller andre, vil bli tatt opp med sjåførene. SHT kan ikke se at manglende arbeidsplan hadde direkte betydning for den konkrete ulykken, men velger å omtale dette som et generelt forbedringsområde for Østbø AS.

2.6.3 Manglende arbeidsbeskrivelse

Nor Slep AS har brukermanual for bruk av krokcontainer montert på tippramme (se vedlegg II). Denne brukermanualen inneholder blant annet en sjekklister før kjøring. Dette er et verktøy som kan hjelpe den enkelte sjåfør for å oppnå sikker bruk av denne typen kjøretøy, påbygg og container. SHT mener at en slik brukermanual bør legge føringer for konkrete arbeidsbeskrivelser for sjåførene i Østbø AS med hensyn på sikker bruk av krokcontainer som lastbærer. Slike arbeidsbeskrivelser var ikke etablert som en del av Østbø AS sitt system for kvalitet, miljø og sikkerhet.

En arbeidsbeskrivelse bør være et dynamisk dokument som endres kontinuerlig ved endringer i rammebetingelser, eksempelvis veiforhold, type oppdrag, type kjøretøy eller

¹² Se rapporter: Vei 2009/01 og Vei 2009/04. www.aibn.no

endret risikovurdering. Instruksjoner knyttet til transport av ulik type last med ulikt tyngdepunkt bør også inkluderes i en slik beskrivelse.

En arbeidsbeskrivelse må understøttes av et tydelig sikkerhetsfokus fra bedriften slik at fører føler seg forpliktet til å følge konkrete prosedyrer knyttet til ulike arbeidsoppgaver. Selv om dette vil gi mindre frihet for føreren vil det også bidra til at virksomheten som helhet har større grad av ansvar for sikkerheten også på rutineoppdrag. Internopplæringen må bidra til å understreke virksomhetens helhetlige sikkerhetsfokus, samt gjøre førere kjent med at arbeidsbeskrivelsene er viktige verktøy som skal benyttes. SHT fremmer en sikkerhetstilråding til Østbø AS hvor også denne vurderingen inngår.

3. KONKLUSJON

SHT skiller mellom OPERATIVE OG TEKNISKE faktorer som er hendelser og forhold i hendelsesforløpet som enkeltvis eller i kombinasjon medvirket til ulykken, BAKENFORLIGGENDE faktorer som forklarer hvorfor de operative og tekniske faktorer var tilstede eller oppsto i hendelsesforløpet, og ANDRE UNDERSØKELSESRESULTATER som vurderes som viktige sikkerhetsmessige opplysninger eller funn (men som ikke betraktes som medvirkende til denne ulykken).

3.1 Operative og tekniske faktorer

- a) Vogntoget veltet i den siste av fire sammenhengende kurver. Dette var en høyrekurve, og vogntoget veltet over i motgående kjørefelt. Tilhengeren veltet først og dro deretter med seg lastebilen.
- b) Personbilen kolliderte først med tilhengeren, og ble deretter rammet av lastebilens krokcontainer.
- c) Vogntogets hastighet lå under fartsgrensen på 80 km/t. Redusert fartsgrense på 70 km/t var opphevet 5 timer før ulykken.
- d) Føreren av personbilen hadde ingen mulighet til å unngå ulykken.
- e) De omkomne døde trolig momentant.
- f) En simulering viste at veltehastigheten ved fulgt kurveradius, var omkring 75 km/t med maksimalt tillatte vekter på tilhenger.

3.2 Bakenforliggende faktorer

- a) Fartsgrensen var hevet fra 70 til 80 km/t kun 5 timer før ulykken og før vedlikeholdet på veien var slutført med blant annet veioppmerking.
- b) Vogntogets stabilitet var påvirket av relativt høyt tyngdepunkt i kombinasjon med krokcontainer montert på tippramme og påhengsvogn med midtmonterte aksler.
- c) Det var usikkerhet knyttet til lastens homogenitet og vekt, samt vektfordeling mellom kjøretøyene.

- d) Østbø AS hadde ikke etablert konkrete arbeidsbeskrivelser for den aktuelle transporten og for bruk av krokcontainere på vei.
- e) Sjøføren var ikke tilstrekkelig bevisst betydningen av korrekt opplasting, tyngdepunkt og bruk av det konkrete transportutstyret.
- f) Ved geometrisk utforming av en slik horisontalkurve benyttes personbil som dimensjonerende kjøretøy.

3.3 Andre undersøkelsesresultater

- a) Det er avdekket svakheter i sikkerheten knyttet til krokcontainerens innfesting.

4. SIKKERHETSTILRÅDINGER

Undersøkelsen av denne veitrafikkulykken har avdekket flere områder hvor SHT anser det som nødvendig å fremme sikkerhetstilrådinge som har til formål å forbedre trafiksikkerheten¹³.

Sikkerhetstilråding VEI nr. 2011/04T

Østbø AS har etablert et styringssystem for ivaretagelse av kvalitet, miljø og sikkerhet. SHT vurderer dette som et positivt bidrag til sikkerheten. Undersøkelsen har likevel avdekket at det mangler risikovurderinger for bruk av transportutstyr, arbeidsplan for oppdrag, samt konkrete arbeidsbeskrivelser for bruk av transportutstyr for den aktuelle transporten.

SHT tilrår at Østbø AS forbedrer sitt sikkerhetsstyringssystem knyttet til transport av krokcontainere på vei.

Sikkerhetstilråding VEI nr. 2011/05T

I en høyrekurve veltet vogntogets tilhenger over i motgående kjørefelt i en hastighet som lå under fartsgrensen. Undersøkelsen har vist at ulykkesvogntoget som besto av lastebil og påhengsvogn med relativt høyt lastet container hadde utfordringer knyttet til stabilitet. SHT vurderer at det er grunnlag for å se nærmere på stabilitetsegenskapene på denne vogntogtypen med norske vekter og dimensjoner.

SHT tilrår at Statens vegvesen vurderer å innføre reguleringer eller andre tiltak som kan redusere risikoen for velt med utsatte kombinasjoner av kjøretøy og lastbærere.

Sikkerhetstilråding VEI nr. 2011/06T

Fartsgrensen var på ulykkestidspunktet nylig hevet til 80 km/t etter å ha vært redusert til 70 km/t i en periode på grunn av utbedringsarbeid. Veien framsto som ikke ferdig og var ikke i samsvar med standarden på tilgrensende strekninger med veioppmerking. Begrunnelsen for opphevelsen av den nedsatte fartsgrensen er utydelig dokumentert av Statens vegvesen og beslutningen synes ikke å harmonere med veiens faktiske tilstand da ulykken skjedde.

¹³ Undersøkelserapport 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.

SHT tilrår at Statens vegvesen iverksetter tiltak for å forbedre kvalitet og oppfølging av midlertidige trafikkreguleringer ved arbeid på vei.

Statens Havarikommisjon for Transport

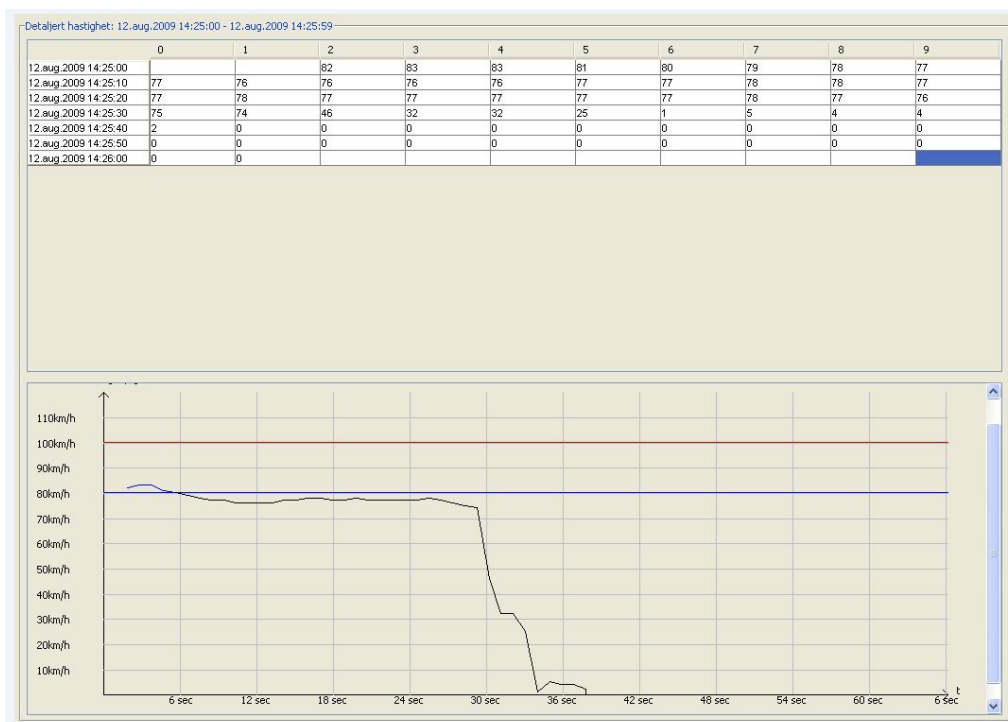
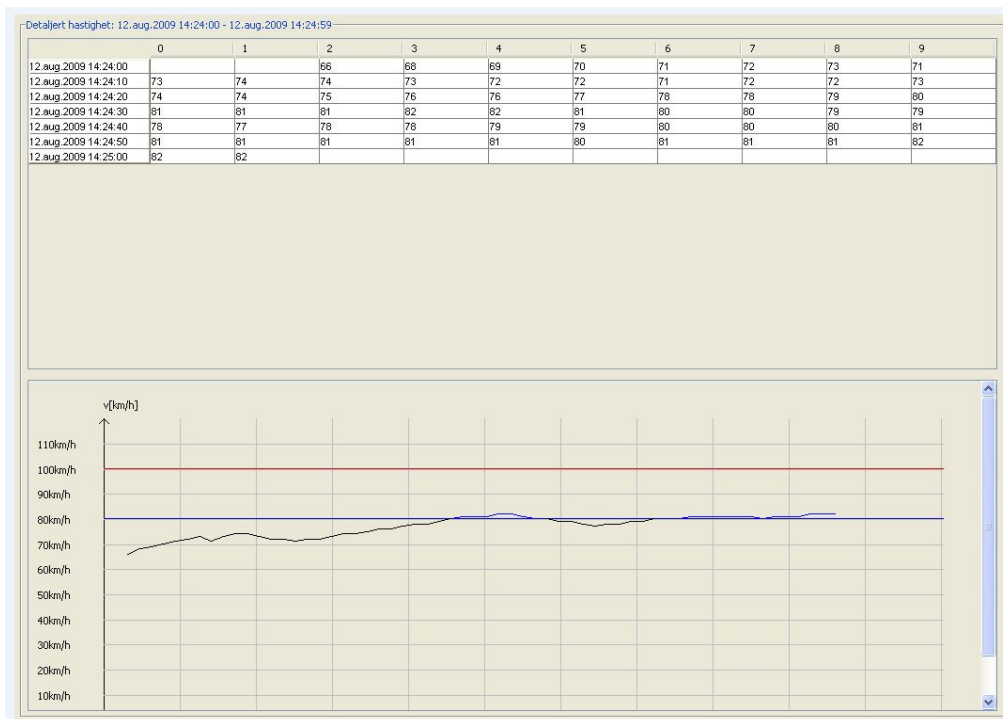
Lillestrøm, 30. desember 2011

REFERANSER

- Aurell, J., & Wadman, T. Volvo Trucks, Sweden (2007). *Vehicle combinations based on the modular concept* (NVF- report 01/2007) Nordiska Vägtekniska Förbundet.
- Backer-Grøndahl, A. (2008) *Telefoner i trafikken: En litteraturgjennomgang av forskning om mobiltelefonbruk og bilkjøring* (TØI rapport 939/2008). Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Elvik, R., Erke, A., & Vaa, T. (1997) *Trafikksikkerhetshåndbok*. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Kircher, K., Patten, C., Ahlstrøm, C. (2011) *Mobile telephones and other communication devices and their impact on traffic safety - A review of the literature* (VTI rapport 729 A). Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut.
- Statens vegvesen, Vegdirektoratet (2005). *Håndbok 018 - vegbygging*.
- Statens vegvesen, Vegdirektoratet (2003). *Håndbok 111 - standard for drift og vedlikehold*.

VEDLEGG I

Nedlastet data fra den digitale fartsskriveren som var montert i lastebilen, mottatt fra politiet. Viser detaljert oversikt over hastighetsforløpet i de siste svingene før ulykkesstedet.



VEDLEGG II



BRUKERMANUAL KROKTIPPHENGERE

BRUKSOMRÅDE

Frakt av 1 stk. krokcontainer med påkjøring forfra, grensesnittet mellom henger og krokcontainer skal være i.h.t. Svensk Standard (SS) 3021.

PROSEDYRE VED VEKSLING (OVERFØRING) AV KROKCONTAINER

1. Koble fra alle slanger og ledninger mellom bil/henger. Disse legges på venstre side over forskjerm og bakover.
2. Senk drag; fjærlåser begge sider åpnes og betjeningsventil vris til senkeposisjon.
3. Kroklås skal være i åpen posisjon. Manuell-sikring trekkes ut før betjeningsventil aktiveres. Brems foraksel går nå på.
4. Bakre styretapper skal stå i riktig posisjon.
5. Bil rygges inn til henger og overføring av krokcontainer kan nå gjennomføres.
6. Krokcontainer kjøres bakover til styretapper entrer styrehullene bak på krokcontainer. Krokcontainer senkes ned på hengerramme.
7. Kroklås aktiveres og manuell sikring skyves inn. Brems foraksel går nå av. Dersom manuell sikring ikke kan skyves inn, er krokcontaineren ikke i lås.
8. Bil kjøres fram og drag heves; fjærlåsene skyves til låst posisjon når draget er hevet.
9. Slangene kobles til bilen.

SJEKKLISTE FØR KJØRING

- # Kontroller at styretapper er i riktig posisjon bak.
- # Kontroller at styretapper har inngrep i styrehull bak på krokcontainer.
- # Kontroller at den manuelle sikringen på kroklåsen er i inngrep.
- # Kontroller at draget er låst i hevet posisjon.
- # Kontroller at alle koblinger er tilkoblet.
- # Kontroller at baklem er lukket.
- # Det anbefales å sikre krokcontaineren med kjetting i forkant.
- # Det anbefales å ta en ny kontroll dersom kjøretøyet har vært forlatt, f.eks ved pause.

Ved kjøring uten krokcontainer:

- # Bakre styretapper tas av og legges i verktøykasse.
- # Kontroller at kroklås står i låst posisjon for å frigjøre brems foraksel.

TIPPING AV LAST

- # Kontroller at eventuelle surringer mellom chassis og krokcontainer er løsnet før tipping.
- # Tipping må skje på så fast og slett underlag som mulig.
- # Hengeren må alltid være koblet til bilen ved bruk av tipp.
- # Påse at foraksel står rett fremover.
- # Påse rett lufttrykk i alle dekk.
- # Ta hensyn til sidevind og ujevnt ras av last.
- # Påse at det ikke er personer, dyr eller utstyr i fareområdet for tipping; 2 meter foran, 5 meter bak samt 1 krokcontainerlengde til siden for vogntoget.
- # Kontroller at det er fri høyde for tipping. (OBS - se opp for ledninger)
- # Lukk opp baklem før tipping.
- # All tilkobling mellom bil og henger må være inntakt.
- # Hengeren bør ikke flyttes med tippen oppe.
- # Gå aldri under oppløftet tipp uten at den er tilstrekkelig sikret.
- # Påse at tippen er helt nede før tippbryteren settes i nøytral posisjon; dette for å være sikker på at det ikke er olje igjen i tipsylinder.

03.09.2009

VEDLEGG III



Ingeniørfirmaet

REKON DA

Utredning av trafikkulykker

www.rekon-da.no

SHT
Postboks 213
2001 Lillestrøm

Høvik, 30.09.2011

Deres ref.: Vogntogvelt E6 Grong
Vår ref.: EA1052

*Høvik Stasjon
Snoveien 13
1363 Høvik*

*Postboks 386
1326 Lysaker*

*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 vogntogets bevegelser for å gi grunnlag for vurderinger av årsaker til at vogntoget veltet.
2. Foreta simulasjoner/beregninger for å kunne vurdere innvirkningen av forskjellige faktorer på vogntogets velteshastighet.
3. Rekonstruere personbilens bevegelser i forhold til vogntoget.

2. Vogntogets last**2.1. Antatte verdier**

Det legges følgende verdier til grunn i beregningene:

Antatt totalvekt av metallspen	30000 kg
Vekt av hver av containerne:	3940 kg
Tillatt totalvekt lastebil:	27000 kg
Egenvekt lastebil:	12785 kg (6940/5845 kg)
Antatt skjevfordeling boggi:	60/40
Akselavstander lastebil:	4,90/1,36/1,15 m
Antatt høyde fra bakken til anlegg container bil (målt på tilsvarende bil)	1,14 m
Tillatt totalvekt tilhenger:	24000 kg
Egenvekt tilhenger:	4510 kg (340/4170 kg)
Akselavstander tilhenger:	4,75/1,32/1,32 m
Egenvekt på lasten:	300<egenvekt<1450 kg/m ³
Dekkdimensjon tilhenger:	385/55R19,5
Høyde fra bakken til anlegg container henger	1,1 m

2.2. Tyngdepunktposisjoner

2.2.1. Tyngdepunktposisjoner kjøretøyene uten last

Tyngdepunkthøyde på lastebilen uten container og last er beregnet til 1,11 meter over bakken ut fra anslåtte vekter av enkeltelementer og plasseringer av disse som vist i illustrasjon 1. Tyngdepunktets avstand fra foraksel er beregnet til 2,49 meter med de oppgitte akseltrykk.

Element	Vekt kg kg	Tp høyde over bakken m
Motor, gir	3785	1,2
Ramme	3000	1,2
Hytte	2000	1,5
Hjul, aksler	4000	0,75

Illustrasjon 1

Tilhengerens tyngdepunkt er oppgitt å være 0,230 meter over senter midtre aksel og 0,235 meter foran midtre aksel. Tilhengerens dekkdimensjon var i følge Autosys 385/55R19,5.

Det oppgis følgende rulleradier på denne dimensjonen:

Nor-Slep (maskintegning avtilhengeren):	468 millimeter
Gigant (beregninger av veltestabilitet):	422 millimeter (statisk)
Continental (nettsider):	422 millimeter (statisk)
Knorr (bremseberegning):	422 millimeter (statisk)
Knorr (bremseberegning):	443 millimeter (dynamisk)
Scan-Crash (dekktabell):	459 millimeter

Det er valgt å bruke rulleradius på 443 millimeter i denne analysen.

Disse verdiene gir en tyngdepunkthøyde på tilhengeren tom på 0,67 meter.

Tilhengerens akseltrykk tom er oppgitt til 1390 kg pr. aksel. Dette betyr 340 kg på tilhengerfestet og tyngdepunktplassering 0,458 meter foran senter midtre aksel, det vil si 0,223 meter lengre fram enn oppgitt av fabrikanten. Det er valgt å bruke fabrikantens verdi i beregningene.

2.2.2. Tyngdepunktposisjoner containere tomme

Containerens totalhøyde:	3,06 m (inkludert 0,1 meter tak)
Høyde bunn:	0,20 m
Lastehøyde:	2,76 m

Det er opplyst at containerne veide 250 kg mer på venstre enn på høyre side grunnet sidedører på venstre side. Det antas også at containerens bunn med bjelker veier 500 kg og at taket med løftmekanisme veier 200 kg med tyngdepunkthøyde 3,01 meter over anlegget. Dette betyr en tyngdepunkthøyde på containeren på 1.465 meter over anlegget. Tyngdepunktforskyvingen mot venstre som følge av dørene tilsvarer en heving av tyngdepunktet med 0,105 m i forhold til kritisk velte hastighet ved sving mot høyre.

Det er derfor regnet med en tyngdepunkthøyde for containeren alene på 1,57 m i beregningene.

Det legges i beregningene til grunn at tyngdepunktet var midt på containeren i lengderetning.

2.3 Last og lastfordeling

Tillatt totalvekt lastebil:	27000 kg
Tillatt totalvekt tilhenger:	24000 kg
Tillatt totalvekt sum enkeltkjøretøyene:	51000 kg
Tillatt totalvekt vogntog:	50000 kg

Tillatt nyttelast lastebil (inkl. container):	14215 kg
Tillatt nyttelast tilhenger (inkl. container):	19490 kg
Totalt tillatt nyttelast enkeltkjøretøyene:	33705 kg

Antatt vekt metallspen:	30000 kg
Vekt containere	7880 kg
Total last:	37880 kg

Overlast sum enkeltkjøretøyene:	4175 kg
Overlast vogntoget:	5175 kg

Det brukes følgende mål for lastevolumet i containerne:

Lengde:	7,54 m
Bredde:	2,45 m
Høyde:	2,76 m
Volum:	51 m ³

Det legges i alle beregningene til grunn jevnt fordelt last (ingen topper som forskyver tyngdepunktene i lengde eller sideretning) med lik egenvekt i hele lasten og uten lastforskyvninger.

Vi kjenner ikke hvor høyt det var lastet i containerne på bil og henger og ikke egenvekten på lasten.

Tabellen i illustrasjon 2 viser tyngdepunkthøyder på bil og tilhenger med last med en del mulige kombinasjoner av lastfordeling og egenvekt på lasten med lastevolumet pr. container og lastens oppgitte egenvekt som begrensninger.

Eksempel nr.	Egenvekt last	Overvekt		Høyde last		Fyllingsgrad		Tyngdepunkthøyder	
	kg/m ³	bil kg	tilhenger kg	bil m	tilhenger m	bil %	tilhenger %	bil m	tilhenger m
1	305	4175	0	2,56	2,76	93	100	2,01	2,27
2	309	4175	0	2,53	2,72	92	99	2,01	2,26
3	360	4175	0	2,17	2,34	79	85	1,92	2,13
4	400	4175	0	1,96	2,1	71	76	1,87	2,06
5	900	4175	0	0,87	0,94	32	34	1,62	1,68
6	349	2000	2175	1,9	2,75	69	100	1,83	2,29
7	370	2000	2175	1,8	2,59	65	94	1,81	2,24
8	400	2000	2175	1,66	2,4	60	87	1,78	2,18
9	387	0	4175	1,44	2,76	52	100	1,71	2,32
10	415	0	4175	1,34	2,57	49	93	1,69	2,26
11	1450	4175	0	0,54	0,58	20	21	1,55	1,56

Illustrasjon 2

Tyngdepunkthøyden på tilhengeren begrenses av lastehøyden (2,76 meter i containeren) og fordelingen av lasten mellom bil og tilhenger.

Tabellen viser tyngdepunkthøyde på tilhengeren på 2,27 meter ved maks overlaster på bilen og lav egenvekt på 305 kg/m^3 på lasten med 0,2 meter lavere last på bilen enn på hengeren. Makimalt mulig tyngdepunkthøyde på tilhengeren er beregnet til 2,32 meter med maksimal overlaster på tilhengeren og egenvekt på lasten på 387 kg/m^3 . Dette fordrer lastehøyde på 1,44 meter på bilen og maksimalhøyden på 2,76 meter på tilhengeren.

3 Vogntogets hastighet

Lastebilens hastighetsutvikling forut for velten er vist i illustrasjon 3.

12.aug.09	Fart i km/t									
Kl:	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
16:24:30	81	81	81	82	82	81	80	80	79	79
16:24:40	78	77	78	78	79	79	80	80	80	81
16:24:50	81	81	81	81	81	80	81	81	81	82
16:25:00	82	82	82	83	83	81	80	79	78	77
16:25:10	77	76	76	76	76	77	77	78	78	77
16:25:20	77	78	77	77	77	77	77	78	77	76
16:25:30	75	74	46	32	32	25	1	5	4	4
16:25:40	2	0	0	0	0	0	0	0	0	

$v_{\text{midl}} = \Sigma v / n = 78,3 \text{ km/t}$

Kjørt strekn: 783 m

Illustrasjon 3

Illustrasjonen viser at lastebilen har holdt en hastighet på ca. 77 – 78 km/h inntil den reduseres til 74 km/h på ca. 4 sekunder og at den deretter reduseres til 1 km/h på ytterligere ca. 5 sekunder. Hastigheten holder seg så på 1 – 5 km/h i de neste ca. 5 sekundene. Dette siste skyldes mest sannsynlig at drivhjulene har rotert etter at bilen har veltet. Det antas at hastighetsreduksjonen fra 77 – 78 km/h til 74 km/h har skjedd i forbindelse med sporavsetningen fra tilhengeren.

4. Simulasjoner med Scan-Crash

4.1. Vegens geometri; spor på ulykkesstedet

Oppgitte og brukte mål for vegens geometri på ulykkesstedet er vist i illustrasjon 4. Vegvesenet har målt en kurveradius på sporet etter et av ytterhjulene på tilhengeren på 158 meter. Det er opplyst at dette er målt relativt tidlig i sporet. Avstanden fra asfaltkanten til ytre delen av sporet er i første del av sporet målt til 3,2 meter. Kummen som er avmerket på vegvesenets skisse, er i vår analyse plassert ved km 2198 ut fra opplysninger fra vegvesenet. Sporet på skissen er 70 meter langt og slutter 3 meter etter kummen. Dette betyr at vi legger til grunn at sporet startet ved km 2131.

Målte verdier for vegens vertikalkurvatur					
km-angivelse meter	Tverrfall ihht PDF	Innlagt tverrfall i Scan-Crash % minus ned mot v	Pkt på 3Dveg i SC (stigende nordover)	Fall (-) nordover (lagt inn i Scan-Crash)	Riktig tverrfall ihht PDF
2020	-1	1		-0,5	-2
2030	0,1	-0,1		-0,5	-0,3
2040	2,9	-2,9	1	-0,5	1,5
2050	3,7	-3,7	2	-0,5	3,2
2060	3,9	-3,9	3	-2,5	4,9
2070	5,8	-5,8	4	-2,5	6,7
2080	6,3	-6,3	5	-2,5	8
2090	7,3	-7,3	6	-2,5	8
2100	6,1	-6,1	7	-2,5	6,4
2110	7,2	-7,2	8	-2,5	3,5
2120	1,6	-1,6	9	-2,5	0,6
2130	-0,1	0,1	10	-2,5	-2,3
2140	-1,2	1,2	11	-1,5	-5,2
2150	-3,4	3,4	12	-0,8	-8
2160	-4,9	4,9	13	-0,2	-8
2170	-6,2	6,2	14	-0,2	-8
2180	-7,6	7,6	15	-0,2	-8
2190	-6,9	6,9	16	-0,1	-8
2200	-5	5	17	0	-8
2210	-4,6	4,6	18	0,5	-8
2220	-4,9	4,9	19	1	-8
2230	-5	5	20	1	-8
2240	-4,5	4,5	21	1	-8
2250	-2,2	2,2	22	1	-8
2260	-3,3	3,3	23	1	-8
2270	-3,5	3,5	24	0,5	-8

Illustrasjon 4

4.2. Bestemmelse av tilhengerens krenningsstivhet

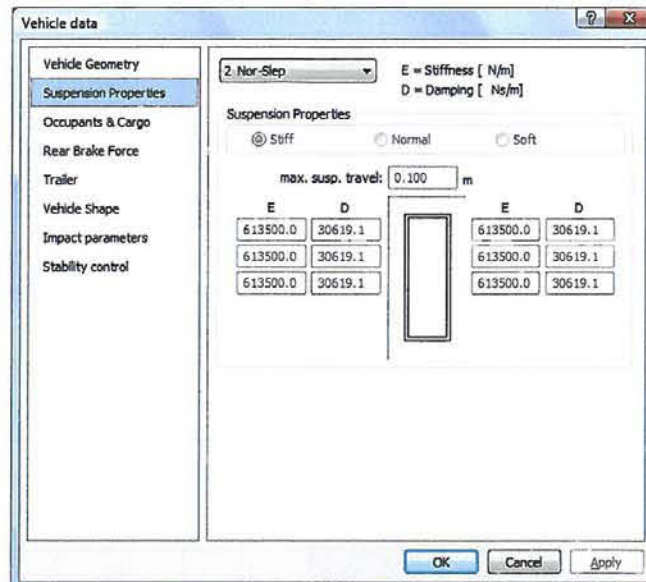
Veltestabilitetsberegning av den aktuelle tilhengeren fra Bevola viser at tilhengeren vil velte ved sideakselerasjon på 0,373 g ved en samlet tyngdepunkthøyde på 2,31 m.

Krenningsstivheten på modellen av tilhengeren som brukes i Scan-Crash bestemmes på følgende måte:

Bilen og tilhengeren tas fram fra databasen og gis riktige mål og vektorer. Tilhengerens tyngdepunkthøyde låses til 2,31 meter. Vogntoget kjøres i en sving hvor tilhengerens

tyngdepunkt beskriver en sirkel med radius 127 meter i konstant hastighet 77,7 km/h som tilsvarer 0,373 g. Tilhengerens fjæringsstivhet endres inntil tilhengeren så vidt ikke velter i svingen.

Illustrasjon 5 viser den fjæringskarakteristikken som må legges inn i svingen for å unngå velt.



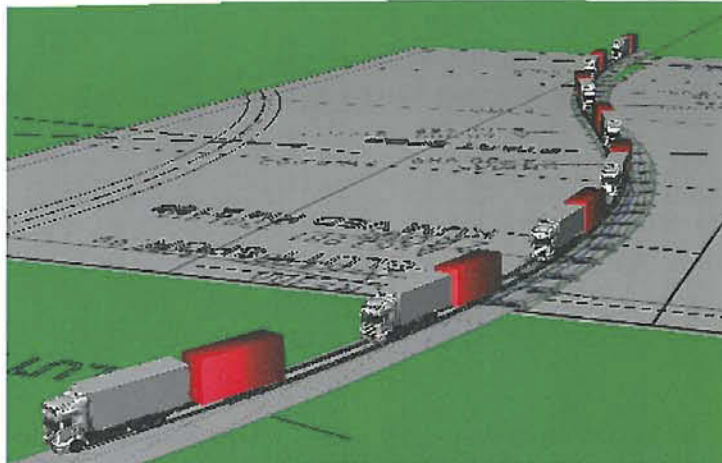
Illustrasjon 5

4.3. Rekonstruksjon av hendelsesforløpet

Vegen defineres i henhold til "Ulykkespkt_E6_Grong_A3(2)", det vil si horisontalkurven ut fra kartet over vegen og vertikalkurvaturen fra ill. 4. Spor og sluttposisjoner tegnes inn i henhold til vegvesenets skisse og oppgitte mål. Vognetoget defineres med riktige mål og vektorer med lastfordeling slik at all overlaster plasseres på lastebilen og med egenvekt på lasten slik at tilhengerens lastevolum utnyttes helt (det vil si eksempel 1 i illustrasjon 2 som innebærer total tyngdepunkthøyde på tilhengeren på 2,27 meter).

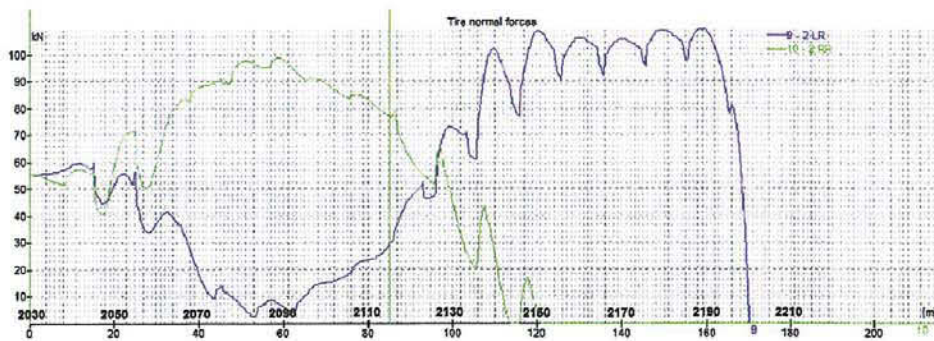
Vognetoget kjøres gjennom venstresvingen og inn i høyresvingen med hastighet på 77 km/h og med justering av hastigheten ved lett brems tilsvarende retardasjon på 0,3 – 0,5 m/s² slik at hastighetsutviklingen blir tilnærmet som registrert av fartsskriveren. Vognetoget styres slik at ytterhjulene på tilhengeren ved oppgitt start på sporet er ca. 3,2 meter fra høyre asfaltkant og slik at sporet følger en kurveradius på tilnærmet 158 meter i første del av sporet.

Simulasjonen viser at tilhengeren ikke vil velte med de gitte forutsetningene. Simulasjonen gjentas med å øke tyngdepunkthøyden på tilhengeren maksimalt, det vil si maksimal overlaster på tilhengeren og egenvekt på lasten for å utnytte lastevolumet på tilhengeren maksimalt (det vil si eksempel 9 i illustrasjon 2). Resultatet av denne simulasjonen er vist i illustrasjon 6 og i animasjonen "Tph2,32-hastighet77" på vedlagte CD.



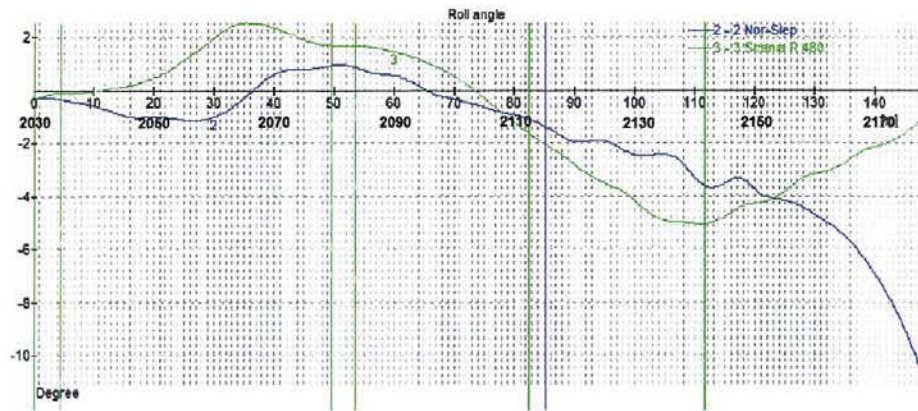
Illustrasjon 6: Viser vogntogets simulerte bevegelser med posisjonen for hvert 1,5 sekund ved tyngdepunkthøyde på tilhengeren på 2,32 m og hastighet 77 km/h

Simulasjonen viser at tilhengeren heller ikke nå velter. Vogntogets hastighet økes så inntil det velter omtrent som antatt ut fra sporene. Resultatet av denne simulasjonen er vist i illustrasjon 7 – 9 og 9b og i animasjonen ”tph2,32-hastighet 80” på vedlagte CD. Simulasjonen viser at tilhengeren velter ved en hastighet på 80 km/h.

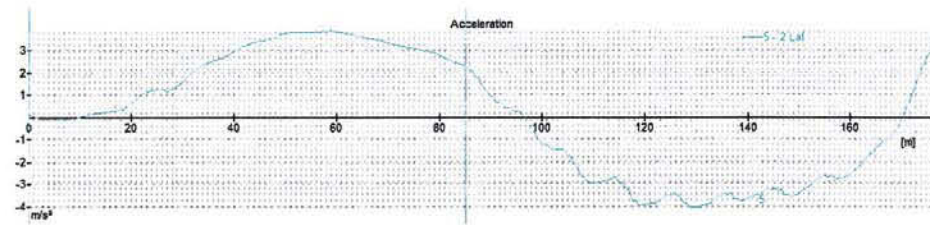


Illustrasjon 7: Viser vertikalkraftene på venstre midtre hjul (blå linje) og høyre midtre hjul (grønn linje) på tilhengeren ved tyngdepunkthøyde på tilhengeren på 2,32 m og hastighet 80 km/h. Tallene med fete typer på x-aksen angir posisjonen av tilhengerens tyngdepunkt på veggen. Lastebilens tyngdepunkt vil være ca. 10 meter lengre fram. Sporet på veggen starter ved km 2131.

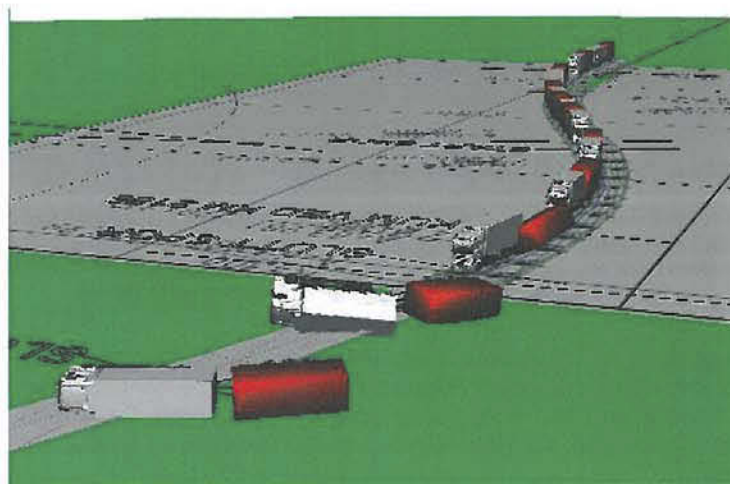
Venstresvingen forut for ulykkesvingen (som har like stor minste kurveradius og tilnærmet likt tverrfall som ulykkesvingen) er i simulasjonen kjørt med noe mindre svingutslag på lastebilens styrehjul enn ulykkesvingen. Illustrasjon 7 viser at vertikalkraftene på tilhengerens midtre venstre hjul allikevel reduseres ned mot 0 slik at tilhengeren ikke er langt fra å velte her.



Illustrasjon 8: Viser krengevinklene på bilen (grønn linje) og tilhengeren (blå linje) ved tyngdepunkthøyde på tilhengeren på 2,32 m og hastighet 80 km/h. Tallene med fete typer er angitt som i ill. 7. Sporene på veien starter ved km 2131



Illustrasjon 9: Viser tilhengerens beregnede sideakselerasjon



Illustrasjon 9b

4.4. Velte hastighet ved endrede parametre

Det er fullt mulig å simulere seg fram til kritisk velte hastighet i Scan-Crash ved endringer av aktuelle parametre. Ved enhver endring av hastigheten på vogntoget inn mot svingen, vil imidlertid svingesekvensene måtte korrigeres. Det vil da være tidkrevende og vanskelig å kontrollere om alle parametre utenom den ene som det skal "testes for" holdes nøyaktig på samme verdi. Det er derfor valgt å ta utgangspunkt i simulasjonen i pkt. 4.3 og beregne teoretisk effekten av endringer av de aktuelle parametrene.

4.4.1. Velte hastighet ved endret kurveradius

Simulasjonen med velt i pkt. 4.3 gjentas med 1 km/h lavere hastighet, det vil si ca. 79 km/h ved start av sporene. Denne viser at tilhengeren så vidt ikke velter og stabiliserer seg på en krenningsvinkel på ca. 5 grader og ytterhjulene følger kurveradien på 158 meter i første del av sporet.

Kurven har en minste kurveradius på 135 meter. Dersom tilhengeren hadde blitt tvunget til å følge denne kurveradien, ville den veltet ved en hastighet på ca. 74 km/h, det vil si en reduksjon i sideakselerasjonen på ca. 14 %. Dersom vektene hadde vært som i eksempel 1 i ill. 2 (det vil si tyngdepunkthøyde på tilhengeren på 2,27 m), ville tilhengeren veltet ved ca. 75 km/h.

4.4.2. Velte hastighet ved alternative tverrfall

Tverrfallet på veien ved km 2131 var ca. 0,2 %. I henhold til ill. 4 skulle tverrfallet her ha vært ca. 2,6 % og raskt økende til 8 %. Effekten av endringer i tverrfallet på beregnet kritisk hastighet er vist i illustrasjon 10.

Vegens tverrfall %	Tyngdepunkt-høyde tilhenger m	Antatt krenge-vinkel ved velt grader	Beregnet teoretisk velte hastighet km/h	Beregnet faktor *	Beregnet velte hastighet med faktor (km/h)
0,0	2,32	5,0	88,3	0,90	79
0,2	2,32	5,0	88,4	0,90	80
2,6	2,32	5,0	90,0	0,90	81
8,0	2,32	5,0	93,5	0,90	84

*: Faktor som teoretisk beregnet velte hastighet må multipliseres med for å få rekonstruert velte hastighet. Skyldes deformasjoner i dekk etc., Beregnet ut fra forskjellen mellom teoretisk beregnet og registrert velte hastighet i rad 2. Samme verdi brukt for de resterende beregningene

Illustrasjon 10

Illustrasjonen viser at teoretisk beregnet velte hastighet vil øke fra 80 km/h til ca. 81 km/h, det vil si økning av sideakselerasjonen med 3 % ved riktig tverrfall der hvor sporet startet.

4.4.3. Velte hastighet på containeren ved slakk/brudd i høyre containerfeste

Det er oppgitt at det var ca. 1,5 cm slakk i høyre containerfeste bak som følge av slitasje/tilpasning mellom feste og container. Avstanden mellom ytre del av anleggsflatene for containeren mot tippammen under er oppgitt til 1,16 meter.

Ved å oppta den oppgitte slakken i høyre feste og anta at tippammen (som ikke er festet foran) vrir seg uten vesentlig moment, vil containeren vri seg 0,74 grader.

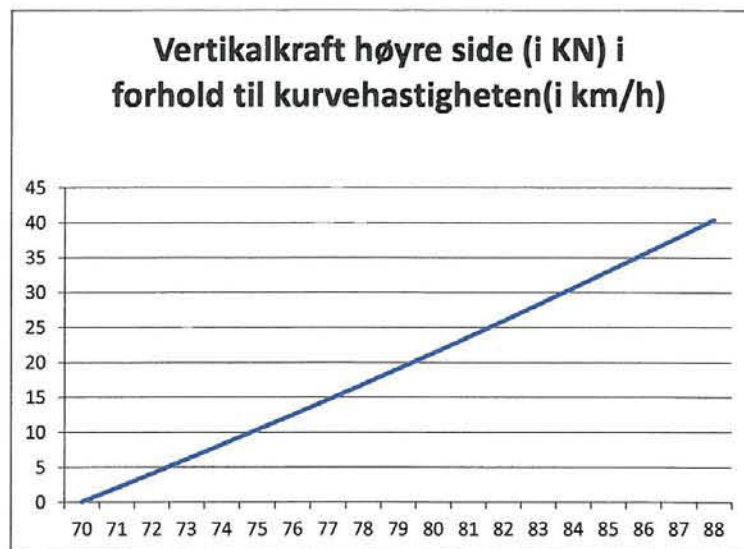
Det er videre oppgitt at høyre feste bak var knekt etter ulykken. Det har ikke vært mulig å finne ut om dette skjedde som følge av ulykken eller om festet var knekt før ulykken.

Det er oppgitt at containeren ved festet ville ha kunnet bevege seg ca. 0,13 meter vertikalt med defekt feste før braketten forlater hullet i tippammen. Festet mellom containeren og tippammen foran var i orden. Dersom tippammen vrir seg ved sidevegs belastning på

containeren og løst bakre feste, vil containeren kunne løfte seg 0,13 meter ved høyre feste. Dette tilsvarer en vinkel på 6,4 grader på containeren.

Verdiene ved veltesimulasjonen i pkt. 3.3 (egenvekt last 389 kg/m³, all overlast på tilhengeren som gir tyngdepunkthøyde på 2,32 meter over bakken på tilhengeren med last, og høyde på tyngdepunktet av containeren med last på 1,67 meter over anleggsflaten) brukes til å beregne ved hvilken hastighet containeren vil velte med løst bakre feste. Med bredde på anleggsflaten på 1,16 meter, krengevinkel på 5 grader og tverrfall på 0,2 %, viser beregningene at de høyre festene på containeren vil starte og oppta vertikalkrefter ved hastighet gjennom kurven (med kurveradius 158 meter) på 71 km/h. Med defekte fester på høyre side vil følgelig containeren med last velte ved denne hastigheten. Dette innebærer sideakselerasjon som er ca. 21 % lavere enn ved simulert veltehastighet.

Illustrasjon 11 viser beregnet vertikalkraft i høyre containerfeste på tilhengeren i forhold til kurvehastigheten.



Illustrasjon 11

Dersom verdiene fra eksempel 3 i illustrasjon 2 brukes (det vil si all overlast på bilen, tyngdepunkthøyde på tilhengeren på 2,13 meter), vil det høyre festet starte og oppta vertikalkrefter ved hastighet på 77 km/h når sporet følges, det vil si sideakselerasjon 7 % lavere enn ved simulert veltehastighet.

4.4.4. Endring i veltehastighet på containeren ved alternativ posisjon på festene

Dersom understøttelsespunktene på containeren flyttes ut slik at avstanden mellom disse blir lik effektiv sporvidde på 2,04 meter (opp fra 1,16 meter), vil beregnet hastighet ved velt på containeren alene med defekte fester på høyre side øke fra 71 til 100 km/h. Dette innebærer 56 % høyere sideakselerasjon enn ved simulert veltehastighet.

4.4.5. Endring i veltehastighet ved annen type tilhenger

Velteaksen på den aktuelle tilhengeren kan regnes å være en linje fra kontaktpunktet mellom ytre midtre hjul med vegen og tilhengerfestet. Tyngdepunktet for tilhengeren med last er

beregnet å være 0,18 meter foran midtre aksel. En tilsvarende slepvogn vil ha sin velteakse langs bakken mellom kontaktpunktene mellom ytterhjulene og bakken. Beregnet teoretisk sideakselerasjon ved velt vil øke med ca. 3 % for en slepvogn med tilsvarende mål i forhold til den aktuelle påhengsvognen. Dette vil tilsvare ca. 1,5 % høyere velte hastighet eller ca. 1 km/h ved den simulerte velte hastigheten på 80 km/h.

4.4.6. Innflytelse av vegens horisontalkurvatur på velte hastigheten

Vogntoget kjørte gjennom en venstresving før høyresvingen hvor det veltet. Begge svingene hadde en minste kurveradius på 135 meter og var bundet sammen med klotoider med verdier på 60,989 meter.

Effekten av s-svingene på velte hastigheten er testet ved simulasjoner i Scan-Crash.

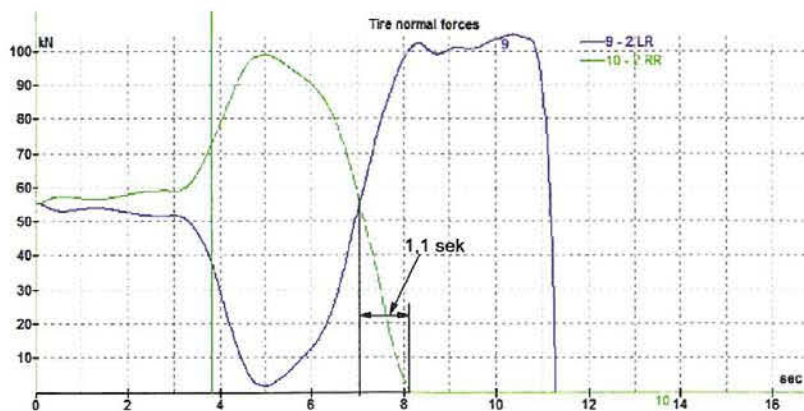
Det viser seg ikke mulig å få pålitelige resultater ved å ta utgangspunkt i simulasjonen i pkt. 3.3 og så rette ut vegen før høyresvingen og flytte vogntoget tilsvarende ved starten. Dette skyldes at med varierende hastighet inn i høyresvingen er det ikke mulig å kontrollere helt nøyaktig at lastebilen og tilhengeren følger det samme sporet gjennom svingen.

Det er derfor valgt å gjennomføre simulasjonene på følgende måte:

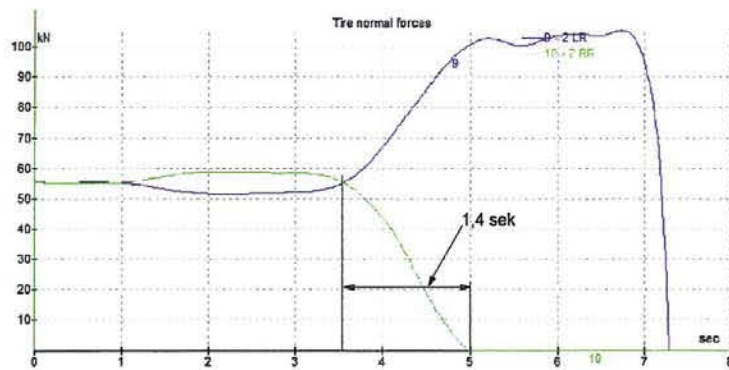
Vogntoget kjøres rett fram på plant underlag i hastighet som holdes konstant på 80 km/h (tilsvarende beregnet velte hastighet men på plant underlag). Det svinges så først til venstre så til høyre slik at det tilnærmet følger kurvaturen i høyre kjørefelt gjennom svingene på ulykkesstedet og slik at ytterhjulene i høyresvingen beskriver kurveradius på tilnærmet 158 meter. Nødvendig svingevinkel på rattet mot høyre og valgt hastighet på rattdreiningen fra venstre til høyresving registreres.

Simulasjonen gjentas nå med bare sving til høyre. Det brukes samme hastighet, samme hastighet på rattdreiningen mot høyre og samme svingevinkel på rattet mot høyre.

Simulasjonene viser at tilhengeren velter raskere ved venstre - høyre svingen enn ved svingen til høyre. Dette er vist i illustrasjon 12 og 13.



Illustrasjon 12: Viser vertikalkraftene på venstre og høyre hjul på midtre aksel på tilhengeren ved sving venstre - høyre



Illustrasjon 13: Viser vertikalkreftene på venstre og høyre hjul på midtre akse på tilhengeren ved sving mot høyre

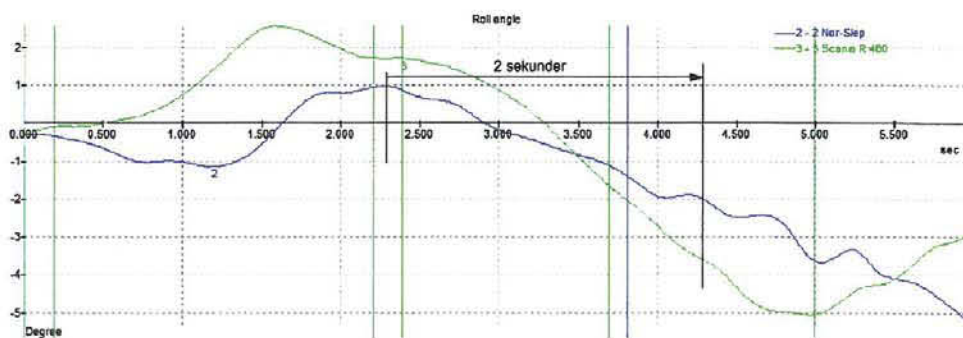
Illustrasjonene viser at vertikalkreftene på høyrehjulet reduseres fra statisk hjultrykk til null på 1,1 sekunder ved sving til høyre etter venstresving og på 1,4 sekunder ved bare sving til høyre.

Den negative effekten på utviklingen av hjulkreftene på tilhengeren ved at høyresvingen følger rett etter venstresvingen, bestemmes av forholdet mellom tidsforskjellen mellom svingutslagene til venstre og høyre og tilhengerens egenfrekvens i kringing.

Egenfrekvensen på tilhengermodellen brukt i simulasjonene i pkt. 3.3 er bestemt på følgende måte:

Vogntoget kjøres i konstant hastighet rett fram og svinges så raskt mot høyre, men ikke med så krapp sving at det velter. Verdien på tilhengerens krengevinkel vil svinge om en likevektsverdi som oppnås etter en viss tid. Tiden mellom maksimalverdiene for krengeutslagene avleses på krenge-diagrammet og frekvensen beregnes. Simulasjonene gjentas ved forskjellige konstante hastigheter. Simulasjonene viser at tiden mellom maksimalutslagene er ca. 2 sekunder og at egenfrekvensen derfor er ca. 0,5 Hz.

Illustrasjon 14 viser registrerte krengevinkler på tilhengeren (oppgitt i forhold til horisontalplanet) ved simulasjonen i pkt. 3.3 med tiden mellom maksimalverdiene ved egenfrekvensen tegnet inn med start ved maksimal krengevinkel i venstresvingen.



Illustrasjon 14

Ved å gjenta simulasjonen i pkt. 4.3 med lavere tyngdepunkthøyde på tilhengeren slik at den ikke velter, avleses tiden mellom maksimale utslag på krengevinkelen til ca. 4,5 sekunder som tilsvarer 0,22 Hz. Frekvensen på svingningene i krengevinkelen på tilhengeren som følge av venstre og høyresvingen er følgelig en god del lavere enn tilhengerens egenfrekvens. Forskjellen er imidlertid såpass liten at avstanden mellom svingene har en viss negativ effekt på tilhengerens veltestabilitet.

4.5. Innbyrdes posisjoner for vogntoget og personbilen fram mot kollisjonen

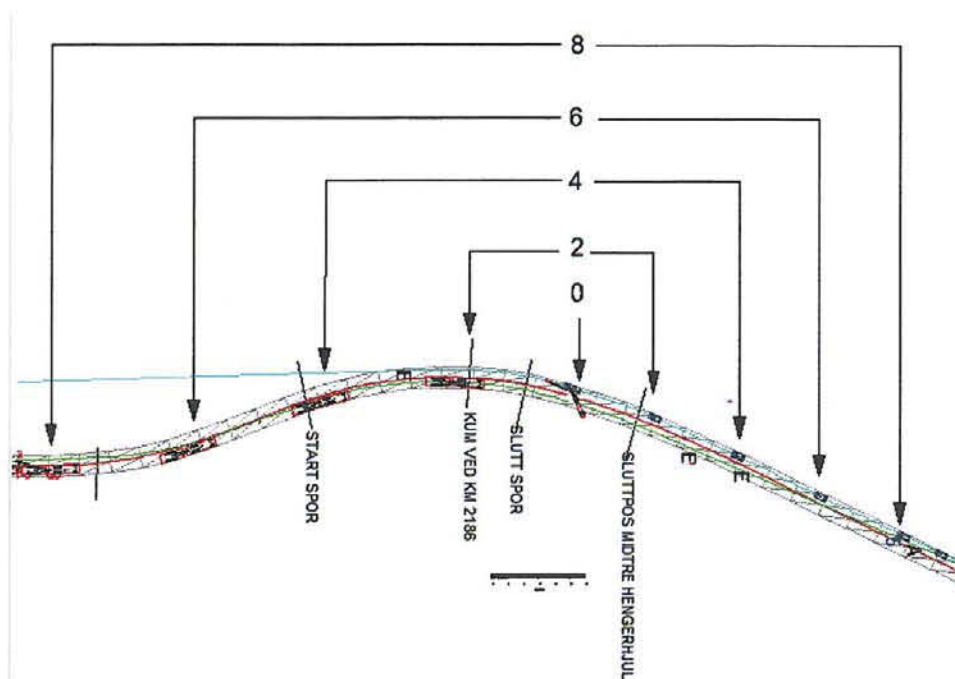
Frontveggen på tilhengerens container synes å ha skader som kan være forenlige med å være påført av personbilens front og skadene i personbilens front kan også være forenlige med å være påført av containerens frontvegg. Det legges derfor til grunn at skadene i fronten på personbilen skyldes at denne kolliderte med frontveggen på containeren på tilhengeren etter at tilhengeren veltet og at skadene på personbilens tak skyldes glidende sammenstøt med lastebilen i det denne var i ferd med å velte.

Energiopptaket i skadene i personbilens front vurderes til en EES-verdi i området ca. 60 km/h. Energiopptaket i skadene på containeren er ikke mulig å vurdere med noen form for sikkerhet, men kan representere en EES-verdi på tilhengeren (basert på dens totalvekt) i området 10 – 20 km/h. I simulasjonen i pkt. 3.3 over hvor vogntoget velter, har vogntoget en posisjon hvor det er mulig for personbilens tak å bli skadet av lastebilen kombinert med at den treffer frontveggen på tilhengerens container når det er mellom ca. 25 og ca. 30 meter fra sluttposisjonen og har en hastighet på 50 – 55 km/h.

Simulasjon av kollisjonen mellom personbilen og tilhengerens container med EES-verdier og tilhengerens hastighet midt i de antatte områdene over, gir kollisjonshastighet på personbilen på ca. 45 km/h. Energiopptaket i personbilens tak ved sammenstøtet med lastebilen er ikke mulig å vurdere. Dersom det totale energiopptaket i denne kollisjonen settes til en EES-verdi på personbilen på 40 km/h (og kollisjonshastigheten med tilhengeren til 45 km/h uten hastighetsreduksjon mellom kollisjonene), viser simulasjon av kollisjonen mellom personbilen og lastebilen en hastighet på personbilen ved denne kollisjonen på ca. 53 km/h.

Det er valgt å bruke konstant hastighet på personbilen lik simulert kollisjonshastighet på 53 km/h før kollisjonene ved framstillingen av mulige innbyrdes posisjoner på personbilen og vogntoget fram mot sammenstøtet. Resultatet av denne rekonstruksjonen er vist i illustrasjon 15 og i animasjonene ”Muligeinnbyrdesposisjonerfravogntog” og ”Muligeinnbyrdesposisjonerover” på vedlagte CD.

De rekonstruerte bevegelsene fra vogntoget veltet gjennom kollisjonene med personbilen og fram til sluttposisjonene er utført for å vise prinsipielle bevegelser og er ikke basert på nøyaktige registreringer. Dette skyldes dels at det ikke er foretatt nøyaktige registreringer og dels at modellene i programmet ikke kan gjenskape denne type bevegelser riktig.



Illustrasjon 15

Simulasjonen viser at kollisjonen skjer ca. 4 sekunder etter at tilhengeren er ved starten av sporet. Bilenes fronter er da ca. 130 meter fra hverandre. Vogntoget er i ferd med å avslutte sin venstresving ca. 6 sekunder før kollisjonen. Avstanden mellom bilenes fronter er da ca. 180 meter. Avstandene vil endres noe med endret hastighetsutvikling på personbilen inn mot kollisjonen og eventuell mindre forskyvning av antatt kollisjonssted.

5. Sammendrag

Sporene og simulasjonene viser at tilhengeren har veltet først og dratt med seg lastebilen slik at denne også veltet.

Lastens vekt er i beregningene satt til 30000 kg. Dette gir 4175 kg overlast i forhold til summen av totalvektene på bil og tilhenger. Hele overlasten er plassert på tilhengeren. Det er i tillegg valgt egenvekt på lasten på 389 kg/m^3 som gir full utnyttelse av tilhengerens lastevolum og derfor maksimalt mulig tyngdepunkthøyde på tilhengeren med last på 2,32 m over bakken.

Ved kjøring av vogntoget gjennom svingen slik at tilhengerens ytterhjul tilnærmet beskriver sporet, viser simulasjonene at tilhengeren veltet ved hastighet inn i svingen på 80 km/h. Avlest hastighet på lastebilens fartsskriver var 77 km/h.

Beregninger av containerens veltestabilitet viser at festet (festene) på høyre side av containeren vil starte og oppta vertikalkrefter ved hastighet på 71 km/h gjennom svingen når sporet følges.

Dersom tyngdepunkthøyden reduseres til 2,13 meter (eksempel 3 i ill. 2), vil tilsvarende hastighet økes til 77 km/h.

Det er i disse beregningene ikke regnet med at containerens rullesyndre bak har opptatt vertikalkrefter. Dersom disse har opptatt krefter, vil beregnet hastighet hvor festet (festene) vil starte å oppta krefter, øke.

Simulasjonene med Scan-Crash viser at vogntoget velter først ved noe høyere hastighet enn den som fartsskriveren har registrert.

Beregningene av containerens stabilitet viser at containeren vil velte ved en lavere hastighet enn registrert med defekte fester på høyre side.

Det er mange usikkerheter ved de forutsetningene som er lagt inn ved simulasjonene og beregningene. De viktigste er:

- Totalvekt av lasten
- Fordelingen av lasten mellom lastebil og tilhenger
- Egenvekt på lasten
- Eventuell skjevlastning sidevegs og/eller forskyvninger i lasten
- Vridninger og forskyvninger i tilhengeren som ikke er tatt hensyn til i modellen i Scan-Crash
- Eventuelle lave lufttrykk i tilhengerens venstrehjul
- Eventuell forskyvning utover av containerens understøttelsespunkt som følge av at rullehjulene bak har opptatt vertikalkrefter.
- Vogntogets bevegelser og sporvalg før starten på sporet etter tilhengeren
- Nøyaktig posisjon og kurveradius på sporet.

Usikkerhetene ved de valgte parametre og hvor godt modellene representerer virkeligheten er store og må tas hensyn til ved vurderingene av resultatene av simulasjonene og beregningene.

Simulasjoner av vogntogets bevegelser kombinert med mulige bevegelser på personbilen før kollisjonene viser at avstanden mellom bilene var ca. 180 meter i det vogntoget var i ferd med å avslutte sin venstresving og ca. 140 meter da tilhengeren var der sporene startet. Ut fra dette og sporene, vurderes det som lite sannsynlig at vogntogføreren har valgt et annet spor gjennom svingen enn han hadde planlagt som følge av personbilens bevegelser. Den aktuelle sikten på ulykkesstedet for vogntogføreren mot personbilen er ikke vurdert.

Vegens tverrfall økte ikke "raskt nok" i forhold til svingradien i høyresvingen. Teoretiske beregninger viser at velte hastigheten ville økt fra 80 til 81 km/h ved riktig tverrfall ved starten av sporet.

Vegen gikk over fra venstre til høyresving relativt raskt. Simulasjonene utført på plant underlag viser at dette har medført at tilhengeren velte noe raskere enn om bare høyresvingen hadde blitt kjørt med de samme svingesekvensene. Den teoretiske effekten basert bare på horisontalkurvaturen har vært liten. Effekten har imidlertid blitt forsterket ved at tverrfallet økte "for sent" inn i høyresvingen. Effekten ville også blitt kraftigere dersom føreren hadde valgt spor slik at det hadde vært mindre tid mellom svingutslagene til venstre og høyre eller det hadde blitt kjørt med en tilhenger med lavere egenfrekvens i krengeing.

Vogntogets spor viser at tilhengerens ytterhjul har fulgt en større kurveradius enn svingens minste radius. Dersom svingens minste radius hadde blitt fulgt, ville velte hastigheten vært redusert fra 80 km/h til 74 km/h.

Bredden mellom ytre del av anleggsflatene på containeren mot tilhengeren var 1,16 meter. Dersom avstanden mellom anleggene hadde vært lik effektiv sporvidde på 2,04 meter, ville de ytre festene ha tatt opp krefter oppover først ved hastighet på 100 km/h gjennom svingen (opp fra 71 km/h).

Beregninger av kritisk velte hastighet på den aktuelle påhengsvognen og på en tilsvarende slepvogn viser at en slepvogn vil kunne oppnå ca. 3 % høyere sideakselerasjon enn påhengsvognen grunnet endring i velteaksens posisjon med alle andre parametre like. Dette tilsvarer økning av velte hastigheten fra 80 til 81 km/h.

6. Konklusjoner

Det er store usikkerheter ved mange av de parametre som er valgt ved beregningene og simulasjonene av vogntogets bevegelser. I tillegg er det usikkerheter ved hvor godt de modeller som er brukt, representerer det virkelige tilfellet. Det har derfor ikke vært mulig å konkludere sikkert med årsaken/ årsakene til ulykken.

Følgende mulige årsaker til at tilhengeren veltet er behandlet i analysen:

- **Vogntogets hastighet**
Analysen viser simulert velte hastighet på 80 km/h, det vil si ca. 3 km/h høyere enn registrert med høyest mulig tyngdepunkt på tilhengeren (2,32 m). Ved å ta hensyn til usikkerhetene, viser dette at vogntogets hastighet har vært medvirkende årsak til velten.
- **Tilhengerens tyngdepunkthøyde**
Tilhengerens tyngdepunkt var relativt høyt (maksimalt 2,32 meter over bakken). Dette, sammen med hastigheten (se over), har vært medvirkende årsak til at tilhengeren veltet.
- **Mulig defekt høyre bakre feste på containeren**
Analysen viser at containeren alene vil velte ved hastighet på 71 km/h ved maksimal tyngdepunkthøyde på tilhengeren og 77 km/h ved lavere tyngdepunkt på tilhengeren (2,13 m) dersom høyre feste var defekt. Dersom festet var defekt, har dette utvilsomt vært medvirkende årsak til velten.
- **Vegens tverrfall**
Tverrfallet inn i høyresvingen økte ikke raskt nok og det maksimale tverrfallet var noe for lite. Dette har redusert tilhengerens kritiske kurvehastighet med ca. 1 km/h beregnet ved starten på sporet
- **Venstresving fulgt av høyresving**
Overgangen fra venstresving til høyresving har redusert tilhengerens beregnede kritiske hastighet litt uten at det har vært mulig å beregne dette nøyaktig. Kombinasjonen med feil tverrfall inn i høyresvingen har forsterket effekten av dette og kan ha vært medvirkende årsak til velten.

Følgende mulige faktorer er ikke vurdert i analysen:

- Skjevlastning
- Lastforskyvning
- Lavere lufttrykk i et eller flere av tilhengerens venstrehjul
- Effekten av forskjellige sporvalg fram til sporet etter tilhengerens hjul

Vurderinger av følgende konstruktive endringer viste:

- Dersom vogntoget hadde fulgt vegens minste kurveradius gjennom svingen, ville tilhengerens velte hastighet blitt redusert fra 80 til 74 km/h.
- Dersom avstanden mellom containerens festepunkter i sideretning økes fra 1,16 m til 2,04 m, vil den hastighet hvor de ytre festene starter å oppta vertikalkrefter øke fra 71 til 100 km/h.
- Dersom tilhengerens konstruksjon endres fra påhengsvogn til slepvogn med ellers like spesifikasjoner, vil den teoretiske velte hastigheten øke fra 80 til 81 km/h.

For ingeniørfirmaet **REKON** DA

Erik Aanerud

Vedlegg: CD med animasjoner